

## 风险评估

## 基于接触面积的饮料酒消费量概率评估参数构建研究

李杉<sup>1,2</sup>,王彝白纳<sup>1</sup>,杨道远<sup>1</sup>,李建文<sup>1</sup>,潘峰<sup>1</sup>,隋海霞<sup>1</sup>

(1. 国家食品安全风险评估中心,北京 100022;2. 河南省疾病预防控制中心,河南 郑州 450016)

**摘要:**目的 研究建立不同类型、不同接触材料饮料酒的基于接触面积的消费量数据库,为食品接触材料概率评估提供消费量参数和方法学支持。方法 将饮料酒食品接触面积/体积比(S/V)数据和饮料酒消费量数据作为两个独立的分布总体,采用蒙特卡洛(Monte Carlo)模拟方法分别在这两个总体中进行随机抽样并匹配对应类别相乘,得到不同接触材料饮料酒基于接触面积的消费量分布。以上过程模拟1000次得到各统计量的抽样分布,从而量化模型的不确定性。结果 按饮料酒-材料组合分类,基于接触面积的消费量均值最高的为啤酒-玻璃,均值为5.500 dm<sup>2</sup>/d,95%CI为5.302~5.705 dm<sup>2</sup>/d。按食品接触材料分类,基于接触面积的消费量均值最高的为(铝)涂层,均值为5.213 dm<sup>2</sup>/d,95%CI为4.929~5.532 dm<sup>2</sup>/d。结论 饮料酒基于接触面积的消费量可以成为我国饮料酒食品接触材料概率评估的基础参数,可用于进行精确的膳食暴露评估。

**关键词:**食品接触材料;饮料酒;概率评估;接触面积;消费量

中图分类号:R155 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2022)05-0957-05

DOI:10.13590/j.cjfh.2022.05.015

### Establishment of probability assessment parameters of consumption of alcoholic beverage based on the contact area

LI Shan<sup>1,2</sup>, WANG Yibaina<sup>1</sup>, YANG Daoyuan<sup>1</sup>, LI Jianwen<sup>1</sup>, PAN Feng<sup>1</sup>, SUI Haixia<sup>1</sup>

(1. China National Center for Food Safety Risk Assessment, Beijing 100022, China;

2. Henan Center for Disease Prevention and Control, He'nan Zhengzhou 450016, China)

**Abstract: Objective** To support the probabilistic assessment of food contact materials with consumption parameters and methodology, the establishment of consumption data based on food contact area with different types of alcoholic beverages and different food contact materials was studied. **Methods** Based on probability distribution, food contact surface area/volume ratio (S/V) data and alcoholic beverages consumption data were regarded as two independent distribution populations. Monte Carlo simulation was used to calculate the distribution of the food contact area based on consumption data. One thousand rounds of random sampling were conducted in the two populations to quantify the uncertainty. **Results** Categorized by alcoholic beverages-food contact material, beer-glass had the highest average food contact area based on consumption, with an average of 5.500 dm<sup>2</sup>/d and a 95%CI of 5.302-5.705 dm<sup>2</sup>/d. Categorized by food contact material, alcoholic beverages with aluminum coating had the highest average food contact area based on consumption, with an average of 5.213 dm<sup>2</sup>/d and a 95%CI of 4.929-5.532 dm<sup>2</sup>/d. **Conclusion** The food contact area based on consumption data of alcoholic beverages can be the basic parameter for the probabilistic assessment of food contact materials of alcoholic beverages in China, which can be used for the accurate dietary exposure assessment.

**Key words:** Food contact material; alcoholic beverages; probabilistic assessment; contact area; food consumption

食品接触材料及制品在食品生产、加工、包装、运输等环节中发挥着保护食品不受外界污染或影响而变质的作用,从而延长货架期,减少食物浪费。

但同时,在食品的生产、加工、储存、运输和消费等过程中,食品接触材料中微量的化学物质会不可避免地释放并迁移至所接触的食品中<sup>[1-2]</sup>。控制食品接触材料中化学物质的迁移量,确保材料满足安全要求,是对食品接触材料进行安全控制的根本<sup>[3]</sup>。为了保护消费者健康和减少疾病负担,对食品接触材料中的化学物质进行食品安全评估,给出安全管控的相关建议十分必要。

食品中化学物暴露评估模型主要有点评估、简

收稿日期:2022-08-08

基金项目:国家自然科学基金(32061160474)

作者简介:李杉 女 主管医师 研究方向为食品安全风险监测

E-mail:lishan8679@163.com

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

单分布评估和概率评估模型,其中概率评估可以提供更多目标人群的膳食暴露估计变异性的信息<sup>[4]</sup>,食品接触材料的评估也遵循同样的原则<sup>[5]</sup>。目前我国正在构建基于接触面积的食品接触材料概率评估模型<sup>[6]</sup>,本研究拟通过利用饮料酒食品接触面积与接触食品质量(体积)比(Surface area/volume ratio, S/V)数据和饮料酒居民消费量数据,建立不同类型、不同接触材料饮料酒基于接触面积的消费量参数,为我国开展食品接触材料膳食暴露概率评估工作提供方法学和数据支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 数据来源

#### 1.1.1 消费量数据

饮料酒的消费量数据来源于中国居民9省市饮料酒消费量调查数据,由国家食品安全风险评估中心于2013年组织实施,涉及北京、黑龙江、上海、江西、山东、湖北、广东、贵州和甘肃等9个省(市),共计18个区(县)调查点<sup>[7]</sup>,共获取2751名饮酒者的消费数据,涉及饮料酒名称、消费量、包装材料、接触材料以及调查对象的性别、体质量等基本信息。

根据GB/T 17204—2021《饮料酒术语和分类》,本研究中的饮料酒定义为酒精度在0.5%vol以上的酒精饮料,包括各种发酵酒、蒸馏酒及配制酒,以及酒精度低于0.5%vol的无醇啤酒,并将我国居民日常消费的饮料酒类型划分为白酒、果酒、黄酒、啤酒、葡萄酒及其他酒<sup>[8]</sup>。

#### 1.1.2 饮料酒食品接触材料S/V数据

食品接触材料的食品接触面积/体积比是食品接触材料的表面积与接触的食品质量(体积)的比值,即 $S/V^{[7,9]}$ 。饮料酒的S/V数据源自本课题组前期建立的饮料酒S/V数据库<sup>[10]</sup>,目前数据库中涉及的饮料酒接触材料有玻璃、陶瓷、塑料、(铝)涂层等。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 基于接触面积的消费量的计算

对饮料酒不同接触材料S/V数据和不同接触材料的饮料酒消费量数据分别进行分布拟合,采用Box-Cox变换,进行正态性检验,P值均<0.05,即变换后的数据不符合正态分布,因此本研究将S/V数据和饮料酒消费量数据作为两个独立的分布总体,采用Monte Carlo模拟方法分别在这两个总体中进行随机抽样,并匹配对应类别相乘[公式(1)和公式(2)],随机抽样次数与不同接触材料饮料酒消费量数据总数相同,得到不同接触材料饮料酒基于接触面积的消费量分布,并计算相关统计量(均值、P95等)。

以上过程模拟1000次得到各统计量的抽样分布,计算均值的95%CI(2.5%~97.5%),量化模型的不确定性。

基于接触面积的饮料酒的每日消费量( $\text{dm}^2/\text{人}/\text{d}$ )=不同材料的 $S/V(\text{dm}^2/\text{kg})\times$ 不同接触材料的饮料酒的每日消费量( $\text{kg}/\text{d}$ )

公式(1)

基于接触面积的饮料酒的单位体质量的每日消费量( $\text{dm}^2/\text{kg}\cdot\text{BW}\cdot\text{d}$ )=不同材料的 $S/V(\text{dm}^2/\text{kg})\times$ 不同接触材料的饮料酒的单位体质量的每日消费量( $\text{kg}/\text{kg}\cdot\text{BW}\cdot\text{d}$ )

公式(2)

#### 1.2.2 暴露评估

在获得基于接触面积的消费量基础上,结合迁移试验获得的迁移量,即可进行食品接触材料的暴露评估[公式(3)和公式(4)]。与其他化学物的评估方法相同,根据迁移量和消费量的数据类型,可以进行点评估,也可以进行简单分布评估或概率评估。

每日膳食摄入量( $\text{mg}/\text{人}/\text{d}$ )=迁移量( $\text{mg}/\text{dm}^2$ ) $\times$ 基于接触面积的每日食物消费量( $\text{dm}^2/\text{人}/\text{d}$ )

公式(3)

单位体质量的每日膳食摄入量( $\text{mg}/\text{kg}\cdot\text{BW}\cdot\text{d}$ )=迁移量( $\text{mg}/\text{dm}^2$ ) $\times$ 基于接触面积的单位体质量的每日食物消费量( $\text{dm}^2/\text{kg}\cdot\text{BW}\cdot\text{d}$ )

公式(4)

### 1.3 统计学分析

利用R4.1.2的alr4和stringr数据包对S/V数据和消费量数据进行清理整合,利用R4.1.2对基于接触面积的消费量进行概率分布计算。

## 2 结果

### 2.1 不同饮料酒-材料组合的基于接触面积的每日消费量

本研究以饮料酒消费量数据库为基本库,从饮料酒S/V数据库中选择相应的S/V进行Monte Carlo模拟。基于接触面积的消费量数据库,共纳入4种食品接触材料,分别为玻璃、塑料、(铝)涂层、陶瓷;11种饮料酒-材料组合,分别为白酒-玻璃、白酒-塑料、白酒-陶瓷、果酒-玻璃、黄酒-玻璃、黄酒-塑料、黄酒-陶瓷、啤酒-玻璃、啤酒-(铝)涂层、葡萄酒-玻璃、其他酒-玻璃。

不同饮料酒-材料组合基于接触面积的消费量见表1和表2。由表1可见,基于接触面积的人均消费量最高的为接触材料为玻璃的啤酒,均值为 $5.500 \text{ dm}^2/\text{d}$ ;其次为接触材料为(铝)涂层的啤酒,均值为 $5.179 \text{ dm}^2/\text{d}$ ;再次为接触材料为塑料的黄酒和接触材料为玻璃的黄酒,均值分别为 $2.447$ 和 $2.385 \text{ dm}^2/\text{d}$ 。从P95消费量分析,消费量最高的前

四位与上述相同,依次为接触材料为玻璃的啤酒、接触材料为(铝)涂层的啤酒、接触材料为塑料的黄酒和接触材料为玻璃的黄酒,  $P_{95}$  消费量分别为 5.678、5.457、3.186 和 2.689  $\text{dm}^2/\text{d}$ 。

表1 不同饮料酒-材料组合的基于接触面积的饮料酒每日消费量

Table 1 Food contact area based on consumption of alcoholic beverages for different alcoholic beverages-food contact material

分类	基于接触面积的饮料酒每日消费量( $\text{dm}^2/\text{d}$ )			
	均值(95%CI)	P50	P95	范围
白酒-玻璃	1.226(1.133~1.338)	1.224	1.314	1.099~1.474
白酒-塑料	0.721(0.665~0.782)	0.720	0.771	0.617~0.819
白酒-陶瓷	0.983(0.844~1.135)	0.980	1.109	0.752~1.229
果酒-玻璃	1.466(1.009~1.960)	1.455	1.887	0.676~2.140
黄酒-玻璃	2.385(2.017~2.768)	2.375	2.689	1.877~3.010
黄酒-塑料	2.447(1.743~3.400)	2.405	3.186	1.473~4.143
黄酒-陶瓷	0.875(0.602~1.158)	0.870	1.119	0.455~1.431
啤酒-玻璃	5.500(5.302~5.705)	5.498	5.678	5.214~5.842
啤酒-(铝)涂层	5.179(4.869~5.504)	5.170	5.457	4.672~5.780
葡萄酒-玻璃	0.928(0.824~1.040)	0.926	1.022	0.762~1.100
其他酒-玻璃	1.237(0.854~1.740)	1.214	1.608	0.713~1.966

表2为在表1的基础上引入人体质量计算获得的基于接触面积的单体体质量的每日消费量。不同饮料酒-材料组合的基于接触面积的单位体质量的饮料酒每日消费量的变化规律与表1相同。每日消费量最高的为接触材料为玻璃的啤酒,均值为 0.084  $\text{dm}^2/\text{kg}\cdot\text{BW}\cdot\text{d}$ ;其次为接触材料为(铝)涂层的啤酒,均值为 0.076  $\text{dm}^2/\text{kg}\cdot\text{BW}\cdot\text{d}$ ,再次为接触材料为塑料的黄酒和接触材料为玻璃的黄酒,均值分别为 0.037  $\text{dm}^2/\text{kg}\cdot\text{BW}\cdot\text{d}$  和 0.035  $\text{dm}^2/\text{kg}\cdot\text{BW}\cdot\text{d}$ 。从  $P_{95}$  消费量分析,消费量最高的前四位与上述相同。

表2 不同饮料酒-材料组合的基于接触面积的单位体质量的饮料酒每日消费量

Table 2 Food contact area based on consumption of alcoholic beverages based on body weight for different alcoholic beverages-food contact material

分类	基于接触面积的单位体质量的饮料酒每日消费量( $\text{dm}^2/\text{kg}\cdot\text{BW}\cdot\text{d}$ )			
	均值(95%CI)	P50	P95	范围
白酒-玻璃	0.018(0.017~0.020)	0.018	0.020	0.016~0.022
白酒-塑料	0.011(0.010~0.012)	0.011	0.012	0.009~0.013
白酒-陶瓷	0.015(0.013~0.018)	0.015	0.017	0.012~0.019
果酒-玻璃	0.022(0.016~0.029)	0.022	0.028	0.010~0.031
黄酒-玻璃	0.035(0.030~0.040)	0.035	0.039	0.027~0.043
黄酒-塑料	0.037(0.025~0.053)	0.036	0.050	0.021~0.067
黄酒-陶瓷	0.013(0.010~0.017)	0.013	0.017	0.007~0.021
啤酒-玻璃	0.084(0.081~0.087)	0.084	0.087	0.080~0.090
啤酒-(铝)涂层	0.076(0.072~0.081)	0.076	0.080	0.070~0.085
葡萄酒-玻璃	0.014(0.012~0.016)	0.014	0.015	0.011~0.017
其他酒-玻璃	0.018(0.013~0.026)	0.018	0.024	0.012~0.029

## 2.2 不同接触材料的饮料酒基于接触面积的每日消费量

不同接触材料的饮料酒的接触面积消费量见

表3和表4。按接触材料分类,人均基于接触面积的消费量最高的是接触材料为(铝)涂层的饮料酒,平均消费量和  $P_{95}$  消费量分别为 5.213 和 5.493  $\text{dm}^2/\text{d}$ ;其次是玻璃,平均消费量和  $P_{95}$  消费量分别为 3.904 和 4.077  $\text{dm}^2/\text{d}$ 。

表3 不同接触材料的饮料酒基于接触面积的每日消费量

Table3 Food contact area based-consumption of alcoholic beverages for different food contact material

分类	基于接触面积的饮料酒每日消费量( $\text{dm}^2/\text{d}$ )			
	均值(95%CI)	P50	P95	范围
玻璃	3.904(3.720~4.128)	3.899	4.077	3.583~4.287
塑料	1.128(1.004~1.272)	1.124	1.250	0.931~1.393
(铝)涂层	5.213(4.929~5.532)	5.204	5.493	4.816~5.745
陶瓷	1.120(0.951~1.303)	1.117	1.275	0.843~1.451

表4为在表3的基础上引入人体质量计算获得的基于接触面积的单体体质量的每日消费量。不同接触材料的基于接触面积的单位体质量的饮料酒每日消费量的变化规律与表3相同。每日消费量最高的为接触材料为(铝)涂层的啤酒,均值为 0.077  $\text{dm}^2/\text{kg}\cdot\text{BW}\cdot\text{d}$ ;其次为接触材料为玻璃的啤酒,均值为 0.060  $\text{dm}^2/\text{kg}\cdot\text{BW}\cdot\text{d}$ ,从  $P_{95}$  消费量分析,消费量最高的前两位与上述相同。

表4 不同接触材料的饮料酒基于接触面积的单位体质量的每日消费量

Table4 Food contact area based-consumption of alcoholic beverages based on body weight for different food contact material

分类	基于接触面积的单位体质量的每日消费量( $\text{dm}^2/\text{kg}\cdot\text{BW}\cdot\text{d}$ )			
	均值(95%CI)	P50	P95	范围
玻璃	0.060(0.057~0.063)	0.060	0.062	0.055~0.065
塑料	0.017(0.016~0.020)	0.017	0.020	0.014~0.022
(铝)涂层	0.077(0.073~0.081)	0.077	0.081	0.071~0.084
陶瓷	0.018(0.015~0.021)	0.018	0.021	0.013~0.024

## 2.3 消费量参数的初步应用

双酚 A (Bisphenol, BPA) 是一种烷基酚类内分泌干扰物质<sup>[11]</sup>, 食品加工行业中可用于制造环氧树脂涂料等, 被广泛用于食品金属罐内涂层<sup>[12]</sup>。本部分利用已计算出的基于接触面积的消费量, 结合文献报道的金属涂层罐中 BPA 的迁移量, 对食品接触材料为(铝)涂层的啤酒中 BPA 的膳食暴露进行概率评估。

对接触面积消费量进行拟合分布, Anderson-Darling 检验结果显示基于单位体质量的啤酒-(铝)涂层接触面积的每日消费量为对数正态分布 ( $P=0.499$ )。根据文献报道, 金属罐装啤酒中 BPA 的迁移量为 0.001~0.004  $\text{mg}/\text{dm}^2$ <sup>[13]</sup>, 利用最大值 0.004  $\text{mg}/\text{dm}^2$  作为 BPA 迁移量, Monte Carlo 随机抽样 10 000 次, 模拟抽样 100 次结果显示, 食品接

触材料为(铝)涂层的啤酒中 BPA 暴露量平均值为  $0.305 \mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{BW}\cdot\text{d}$  (95%CI 为  $0.301\sim 0.307$ ), 中位数为  $0.305 \mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{BW}\cdot\text{d}$ , P95 值为  $0.322 \mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{BW}\cdot\text{d}$ , 低于欧洲食品安全局制定的  $4 \mu\text{g}/\text{kg}\cdot\text{BW}$  的暂定每日可耐受摄入量(TDI)<sup>[14]</sup>, 暴露量均值占 TDI 的 7.63%。

### 3 讨论

本研究利用前期建立的饮料酒 S/V 数据库和我国居民饮料酒消费量数据库, 采用 Monte Carlo 模拟, 首次建立了不同类型食品接触材料的饮料酒的基于接触面积的消费量数据库, 为不同类型食品接触材料的饮料酒暴露评估提供消费量参数。利用本研究建立的消费量参数, 可为食品接触材料新品种上市前的安全性评估和上市后的监测评估提供数据支持。

本研究中接触材料为(铝)涂层的啤酒基于接触面积的消费量均值为  $5.179 \text{ dm}^2/\text{d}$ 。OLDRING 等<sup>[13]</sup>的研究结果显示, 罐装啤酒的 S/V 为  $0.91 \text{ cm}^2/\text{g}$ , 饮酒人群啤酒的消费量为  $497 \text{ g}/\text{d}$ , 罐装啤酒的基于接触面积消费量约为  $4.523 \text{ dm}^2/\text{d}$ , 与本研究结果较为接近。OLDRING 等<sup>[13]</sup>利用 BPA 迁移量  $0.004 \text{ mg}/\text{dm}^2$ , 采用确定性评估计算的消费人群金属罐装啤酒 BPA 的平均暴露量为每人  $0.0181 \text{ mg}/\text{d}$ , 本研究中采用概率评估方法推算的接触材料为(铝)涂层的啤酒的 BPA 的平均暴露量为每人  $20.720 \mu\text{g}/\text{d}$  (95%CI 为  $20.709\sim 20.733$ ), 两项结果较为接近。

食品接触材料中非有意添加物的风险评估, 通常采用靶向和非靶向筛查的化学分析, 结合体外生物测试的方法进行评估<sup>[15]</sup>。在确定的关注水平下, 基于接触面积消费量, 可以推算可接受的迁移水平, 从而对非靶向筛查获得的森林峰进行筛选评估。本研究得出的饮料酒基于接触面积的消费量, 可用于开展饮料酒食品接触材料中非有意添加物的风险评估。

本研究在饮料酒基于接触面积消费量的计算过程中, 由于饮料酒的消费状况、食品接触材料行业发展所带来的饮料酒包装材料的变化等, 导致饮料酒消费量数据以及饮料酒 S/V 数据方面存在一定的不确定性。此外, 本研究中仅能按食品接触材料的大类进行划分, 如聚合物相关材料均划分为塑料, 未能对聚烯烃、聚氯乙烯等塑料亚类进行准确地识别, 因此应考虑到此因素带来的不确定性。若用本研究中塑料的接触面积消费量评估某一塑料亚类的膳食暴露风险时, 可能会造成评估结果的高估。

本研究以饮料酒为模式食品, 利用居民饮料酒

消费量数据和饮料酒 S/V 数据建立了饮料酒基于接触面积的消费量数据库, 但只适用于饮料酒食品接触材料膳食暴露评估, 若开展其他类别食品的相关评估, 应重新纳入相应食品类别的消费量数据和 S/V 数据重新进行计算。

### 参考文献

- [1] 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, 2017.  
National Health and Family Planning Commission. National food safety standard—shipin jiechu cailiao ji zhipin tongyong anquan yaoqiu: GB 4806.1—2016 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [2] MUNCKE J, ANDERSSON A M, BACKHAUS T, et al. Impacts of food contact chemicals on human health: A consensus statement [J]. Environmental Health: A Global Access Science Source, 2020, 19(1): 25.
- [3] MUNCKE J, BACKHAUS T, GEUEKE B, et al. Scientific challenges in the risk assessment of food contact materials [J]. Environmental Health Perspectives, 2017, 125(9): 095001.
- [4] 吴晓丽, 赵毕, 齐小娟, 等. 食品中化学污染物风险评估方法研究进展[J]. 预防医学, 2020, 32(7): 682-685.  
WU X L, ZHAO B, QI X J, et al. Review on the risk assessment methods for chemical pollutants in food [J]. Preventive Medicine, 2020, 32(7): 682-685.
- [5] 联合国粮农组织, 世界卫生组织. 食品中化学物风险评估原则和方法[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2012.  
Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Health Organization. Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2012.
- [6] 隋海霞, 商贵芹, 宋雁. 食品接触材料安全性评估和中国评估参数构建[M]. 北京: 中国标准出版社, 2021.  
SUI H X, SHANG G Q, SONG Y. Shipin jiechu cailiao anquanxing pinggu he zhongguo pinggu canshu goujian [M]. Beijing: Standards Press of China, 2021.
- [7] 隋海霞, 王彝白纳, 李建文, 等. 我国饮料酒食品接触材料暴露评估参数构建研究[J]. 中国食品卫生杂志, 2019, 31(1): 71-74.  
SUI H X, WANG Y, LI J W, et al. Study on establishment of exposure assessment parameters of food contact materials for liquor in China [J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2019, 31(1): 71-74.
- [8] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 饮料酒术语和分类: GB/T 17204—2021[S]. 北京: 中国标准出版社, 2021.  
State Administration for Market Regulation, Standardization Administration of the People's Republic of China. Terminology and classification of alcoholic beverages: GB/T 17204—2021 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2021.
- [9] 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.  
SUI H X, LIU Z P. Establishment of safety assessment system

- for food contact materials in China[J]. *Chinese Journal of Food Hygiene*, 2018, 30(6): 551-557.
- [10] 隋海霞, 商贵芹, 季玮玉, 等. 我国饮料酒接触面积/体积比数据库构建及其在风险评估中初步应用[J]. *中国食品卫生杂志*, 2019, 31(4): 385-388.
- SUI H X, SHANG G Q, JI W Y, et al. Establishment of the contact surface area/volume ratio of food contact material in contact with liquor and its primary application in risk assessment [J]. *Chinese Journal of Food Hygiene*, 2019, 31(4): 385-388.
- [11] ELADAK S, MOISON D, GUERQUIN M J, et al. Effects of environmental bisphenol A exposures on germ cell development and Leydig cell function in the human fetal testis[J]. *PLoS One*, 2018, 13(1): e0191934.
- [12] ZHANG N, SCARSELLA J B, HARTMAN T G. Identification and quantitation studies of migrants from BPA alternative food-contact metal can coatings[J]. *Polymers*, 2020, 12(12): 2846.
- [13] OLDRING P K T, CASTLE L, O' MAHONY C, et al. Estimates of dietary exposure to bisphenol A (BPA) from light metal packaging using food consumption and packaging usage data: A refined deterministic approach and a fully probabilistic (FACET) approach [J]. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 2014, 31(3): 466-489.
- [14] ĆWIEK-LUDWICKA K. Bisphenol A (BPA) in food contact materials-new scientific opinion from EFSA regarding public health risk[J]. *Roczniki Panstwowego Zakladu Higieny*, 2015, 66(4): 299-307.
- [15] KATO L S, CONTE-JUNIOR C A. Safety of plastic food packaging: the challenges about non-intentionally added substances (NIAS) discovery, identification and risk assessment[J]. *Polymers*, 2021, 13(13): 2077.