

风险评估

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

隋海霞¹, 高贵芹², 季玮玉², 王彝白纳¹, 宿晨¹, 刘兆平¹

(1. 国家食品安全风险评估中心, 北京 100022; 2. 常州进出口工业及消费品安全检测中心, 江苏 常州 213022)

摘要:目的 了解我国饮料酒包装材料使用情况, 研究构建饮料酒不同类型接触材料的面积/体积比参数。方法 采集 1 196 份市场销售的不同包装、不同类型的饮料酒, 采用直接测量法或 3D 面积测量仪计算不同类型饮料酒的接触面积, 结合不同类型饮料酒的规格, 计算接触面积/体积比。结果 97.4% (1 165/1 196) 的饮料酒主体接触材料为单一材质, 主要为玻璃和陶瓷, 2.6% (31/1 196) 的饮料酒接触材料为复合塑料和含涂层的铝罐等复合材质。不同类型饮料酒的接触面积/体积比的范围为 2.84~19.67 dm²/kg。96.7% (1 156/1 196) 的饮料酒的接触面积/体积比 ≥ 6 dm²/kg, 81.9% (979/1 196) 介于 ≥ 7.0~9.0 dm²/kg 之间。结论 我国大部分市售饮料酒的接触面积/体积比大于欧盟评估时采用的 6 dm²/kg, 利用本次调查研究获得的参数将会降低食品接触材料风险评估中的不确定性。

关键词: 食品接触材料; 饮料酒; 接触面积/体积比; 概率评估

中图分类号: R155 文献标识码: A 文章编号: 1004-8456(2019)04-0385-04

DOI: 10.13590/j.cjfh.2019.04.017

Establishment of the contact surface area/volume ratio of food contact material in contact with liquor and its primary application in risk assessment

SUI Haixia¹, SHANG Guiqin², JI Weiyu², WANG Yibaina¹, SU Chen¹, LIU Zhaoping¹

(1. China National Center for Food Safety Risk Assessment, Beijing 100022, China; 2. Changzhou Safety Testing Center for Entry-Exit Industrial and Consumable Products, Jiangsu Changzhou 213022, China)

Abstract: Objective To establish the contact surface area/volume ratio of different types of food contact material (FCM) in contact with liquors. **Methods** A total of 1 196 kinds of liquor consumed by Chinese population was collected in this study. Food contact area was calculated by direct measurement or 3D area measuring instrument. The contact surface area/volume ratio (S/V) was obtained by combining contact area with food packaging volume. **Results** 97.4% (1 165/1 196) of FCM in contact with liquor was made of single material, mainly glass and ceramics. The remaining 2.6% (31/1 196) was made of composite materials, mainly plastic and coated aluminum cans. The S/V of FCM in contact with liquor ranged from 2.84 to 19.67 dm²/kg. Further analysis found that 96.7% (1 156/1 196) of the S/V was greater than 6 dm²/kg, 81.9% (979/1 196) was ≥ 7.0-9.0 dm²/kg. **Conclusion** The majority of S/V in contact with liquor was higher than 6 dm²/kg, a parameter used by European Food Safety Authority (EFSA). Food contact S/V constructed by investigation can decrease uncertainty in food contact material risk assessment.

Key words: Food contact material; liquor; contact surface area/volume ratio; probabilistic assessment

食品接触材料中含有包括添加剂等有意添加物和降解物、杂质、反应产物等非有意添加物在内的大量化学物质^[1-3], 这些物质可以迁移到食品中, 通过食用、接触等暴露途径, 最终可能对消费者造

成不良健康效应^[4-5], 因此, 食品接触材料的安全性评估对于保护消费者健康至关重要, 其关键步骤是计算食品接触材料中迁移物质的人体暴露水平(即暴露评估)。

暴露评估的关键是建立迁移量与某一特定类型食品的关联, 即构建接触面积/体积比(S/V)参数。 S/V 是与食品接触的材料表面积与其接触的食品重量(体积)的比例, 是食品接触材料合规判定和迁移评估的关键参数, 是影响迁移量换算结果的关键因素。不同的 S/V 会影响换算所得的最终结果。

收稿日期: 2019-06-11

基金项目: 广东省重点领域研发计划(2019B020210002)

作者简介: 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

通信作者: 刘兆平 男 研究员 研究方向为食品安全风险评估

E-mail: liuzhaoping@cfsa.net.cn

现在国际上针对食品接触材料的暴露评估,基本假设都是基于一定的 S/V ,我国与欧盟的基本假设相同^[6],但越来越多的研究^[7-8]证明, $6 \text{ dm}^2/\text{kg}$ 的 S/V 不能涵盖小包装食品,会低估暴露水平。

此外,不同接触材料基于接触面积的消费量与迁移量相乘,利用蒙特卡洛模拟,可以构建食品接触材料的概率评估模型^[9]。该方法将消费者不同类型食品的实际消费量与 S/V 相关联,无需采用固定的 S/V ,且充分考虑了不同食品接触材料和不同类型食品对包装材料中目标物质摄入量的贡献率。不同接触材料的 S/V 是计算不同接触材料基于接触面积的消费量,从而进行概率评估的必备条件。

构建不同食品类别、不同食品接触材料的 S/V 数据库,校正现行的默认 S/V ,在此基础上,构建不同食品接触材料基于接触面积的消费量,建立食品接触材料的概率暴露评估模型,是我国“十三五”期间食品安全风险评估的重点工作。饮料酒是酒精度在 $0.5\% \text{ vol}$ 以上的酒精饮料,也包括酒精度在 $0.5\% \text{ vol}$ 以下的无醇啤酒^[10]。我国是饮料酒消费大国,本研究优先介绍饮料酒的 S/V 构建方法及结果,为后续的数据库构建提供方法学和数据支持,同时,也为我国食品接触材料食品安全国家标准的制修订提供数据支持。

1 材料与方法

1.1 数据来源

通过企业征集和市场购买共收集 1 196 份样品。市场购买涵盖天猫、京东、酒仙网等电商平台,采用网络购买的方式,结合地域和品牌等方式进行采购,确保收集到的样品能够代表我国居民日常消费的主要饮料酒类型。结合我国 GB/T 17204—2008《饮料酒分类》^[10],以及国家食品安全风险评估中心 2013 年 9 省市饮料酒的消费状况调查数据对饮酒者饮酒类型的分析,将我国居民消费的主要饮料酒分为白酒、果酒、黄酒、啤酒、葡萄酒及其他酒等 6 类。鉴于本研究的主要目的是构建饮料酒不同接触材料的 S/V 数据库,因此,酒精含量、包装类型、包装材质、接触材料、包装规格均相同的同一类饮料酒算作一份样品。

1.2 方法

1.2.1 表面积测定方法

直接测量法:对于形状规则的包装,采用经计量校准的游标卡尺、钢直尺等测量工具,测量获得包装的长、宽、高或直径等参数后,利用表面积计算公式计算得到最终的表面积。

3D 扫描仪测量法:对于饮料酒包装中玻璃、陶

瓷等具有一定厚度且形状独特的包装,采用 3D 表面积测定仪进行测量。通过 3D 扫描、模型多边形化、曲面化、建立数据模型等步骤,快速、准确获得不同包装的表面积。

1.2.2 材质确认

采用目视法和红外光谱法结合的分级确认方法。对于塑料、玻璃、陶瓷和不锈钢等材质特性鲜明、易于判定的,采用目视法进行材质判定。对于单一树脂聚合物材质,采用红外光谱佐证确认。另外,对于金属涂层罐,鉴于饮料酒类产品使用的金属涂层罐只有铝涂层罐一种,而涂层则多数为多种聚合物混合的复杂体系,采用目视法进行材质判定,界定为铝(涂层)。对于复合材料,因材质结构较为复杂,且混料较多,本研究只分析复合层的主要材质。

1.2.3 迁移量结果换算

迁移量计算公式为: $M = M_1 \times S/V$ 。其中, M 为进行风险评估或合规判定所用的某物质的特定迁移量, mg/kg ; M_1 为食品接触材料单位食品接触面积某化学物质迁移的量, mg/dm^2 ; S/V 为迁移试验所用的接触面积与体积之比, dm^2/kg 。

2 结果

2.1 包装形式和接触材料类型

本研究共收集 1 196 份饮料酒,对其主体接触材料分析发现,97.4%(1 165/1 196)的饮料酒接触材料为单一材质,主要为玻璃和陶瓷,2.6%(31/1 196)为复合材质,主要是塑料和含涂层的铝罐,具体结果见表 1。

表 1 包装形式和接触材料类型($n=1\ 196$)

包装形式	接触材料	样品份数	占比/%
单一材质	玻璃	624	52.2
	陶瓷	521	43.6
	聚乙烯(PE)	11	0.9
	聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)	9	0.8
小计		1 165	97.4
复合材质	塑料	3	0.3
	铝(涂层)	28	2.3
	小计	31	2.6
合计		1 196	100.0

2.2 不同类型饮料酒的接触材料

由表 2 可见,本研究收集的 1 196 份饮料酒中,白酒最多,占饮料酒总样品份数的 69.8%(835/1 196),其次为黄酒和葡萄酒,分别占 13.2%(158/1 196)和 10.5%(125/1 196)。通过对饮料酒的接触材料分析发现,玻璃材质涉及的饮料酒种类最广,占总样品份数的 52.2%(624/1 196);塑料材质

仅占 1.9% (23/1 196), 主要涉及白酒、黄酒和其他酒。对不同种类饮料酒的分析发现, 白酒和黄酒的主要接触材料均为玻璃和陶瓷, 果酒和啤酒的主要接触材料为玻璃和带涂层的铝罐。

表 2 不同类型饮料酒的接触材料 ($n=1\ 196$)

类别	接触材料	样品份数	占比/%
白酒	塑料	9	0.8
	玻璃	367	30.7
	陶瓷	459	38.4
	小计	835	69.8
果酒	玻璃	12	1.0
	铝(涂层)	2	0.2
黄酒	小计	14	1.2
	塑料	13	1.1
	玻璃	83	6.9
	陶瓷	62	5.2
啤酒	小计	158	13.2
	玻璃	32	2.7
	铝(涂层)	26	2.2
葡萄酒	小计	58	4.8
	玻璃	125	10.5
	塑料	1	0.1
其他酒	玻璃	5	0.4
	小计	6	0.5
合计		1 196	100.0

2.3 不同类型饮料酒、不同接触材料的 S/V

不同类型饮料酒、不同接触材料的 S/V 情况见表 3, 均值 S/V 最小的为塑料盛放的白酒 ($4.79\text{ dm}^2/\text{kg}$), 均值 S/V 最大的为塑料盛放的其他酒 ($11.03\text{ dm}^2/\text{kg}$)。除接触材料为塑料材质的白酒均值 S/V 低于 $6\text{ dm}^2/\text{kg}$ 外, 其他各种类型饮料酒的均值 S/V 均高于 $6\text{ dm}^2/\text{kg}$ 。

表 3 不同类型饮料酒、不同接触材料的 S/V

类别	接触材料	样品份数	S/V/(dm^2/kg)		
			最小值	均值	最大值
白酒	塑料	9	3.66	4.79	5.63
	玻璃	367	4.87	8.63	17.20
	陶瓷	459	3.93	8.03	19.67
	小计	835	4.12	8.14	19.67
果酒	玻璃	12	5.58	10.00	15.03
	铝(涂层)	2	8.62	9.13	9.64
黄酒	小计	14	3.24	6.18	14.69
	玻璃	83	6.11	8.76	16.41
	陶瓷	62	2.84	7.22	11.06
啤酒	玻璃	32	7.38	8.80	10.06
	铝(涂层)	26	7.06	8.19	9.48
葡萄酒	玻璃	125	4.52	7.24	11.39
	塑料	1	7.13	8.25	9.40
其他酒	玻璃	5	11.03	11.03	11.03
	塑料	1	11.03	11.03	11.03
合计		1 196	2.84	8.14	19.67

2.4 不同接触材料饮料酒的 S/V

通过分析不同接触材料饮料酒的 S/V 数据发

现, 所有材质的 S/V 最小值、均值和最大值分别为 2.84 、 8.14 和 $19.67\text{ dm}^2/\text{kg}$ 。其中, 带涂层的铝罐的 S/V 均值最大 ($8.56\text{ dm}^2/\text{kg}$), 其次为玻璃和陶瓷, 分别为 8.40 和 $7.93\text{ dm}^2/\text{kg}$ 。S/V 最小的为盛放黄酒的陶瓷, 仅为 $2.84\text{ dm}^2/\text{kg}$, 具体结果见表 4。

表 4 不同接触材料、不同类型饮料酒的 S/V

接触材料	饮料酒类别	S/V/(dm^2/kg)		
		最小值	均值	最大值
白酒	白酒	4.87	8.63	17.20
	果酒	5.58	10.00	15.03
	黄酒	6.11	8.76	16.41
	啤酒	7.38	8.80	10.06
玻璃	葡萄酒	4.52	7.24	11.39
	其他酒	7.13	8.25	9.40
	小计	4.52	8.40	17.20
	果酒	8.62	9.13	9.64
铝(涂层)	啤酒	7.06	8.19	9.48
	小计	7.06	8.56	9.64
塑料	白酒	3.66	4.79	5.63
	黄酒	3.24	6.18	14.69
	其他酒	11.03	11.03	11.03
陶瓷	小计	3.24	5.84	14.69
	白酒	3.93	8.03	19.67
	黄酒	2.84	7.22	11.06
合计	小计	2.84	7.93	19.67
		2.84	8.14	19.67

2.5 饮料酒接触材料 S/V 分布分析

饮料酒的接触材料 S/V 分布见表 5, 96.7% ($1\ 156/1\ 196$) 的饮料酒的接触材料的 S/V $\geq 6\text{ dm}^2/\text{kg}$, 其中, 81.9% ($979/1\ 196$) 介于 $\geq 7\sim 9\text{ dm}^2/\text{kg}$ 之间, 5.7% ($68/1\ 196$) 介于 $\geq 9\sim 10\text{ dm}^2/\text{kg}$ 之间。

表 5 饮料酒 S/V 分布分析 ($n=1\ 196$)

S/V/(dm^2/kg)	样品份数	占比/%	累积样品份数	累积占比/%
$\geq 2\sim 3$	1	0.1	1	0.1
$\geq 3\sim 4$	7	0.6	8	0.7
$\geq 4\sim 5$	14	1.2	22	1.8
$\geq 5\sim 6$	18	1.5	40	3.3
$\geq 6\sim 7$	48	4.0	88	7.4
$\geq 7\sim 8$	528	44.1	616	51.5
$\geq 8\sim 9$	451	37.7	1 067	89.2
$\geq 9\sim 10$	68	5.7	1 135	94.9
$\geq 10\sim 11$	21	1.8	1 156	96.7
$\geq 11\sim 12$	10	0.8	1 166	97.5
$\geq 12\sim 13$	4	0.3	1 170	97.8
$\geq 13\sim 14$	13	1.1	1 183	98.9
$\geq 14\sim 15$	1	0.1	1 184	99.0
$\geq 15\sim 16$	2	0.2	1 186	99.2
$\geq 16\sim 17$	8	0.7	1 194	99.8
$\geq 17\sim 18$	1	0.1	1 195	99.9
$\geq 18\sim 19$	0	0.0	1 195	99.9
$\geq 19\sim 20$	1	0.1	1 196	100.0

2.6 S/V在食品接触材料风险评估中的初步应用

本研究仅讨论S/V在迁移量结果换算中的应用。假设目标物质从S/V未知的铝(涂层)罐的迁移量为 $3 \mu\text{g}/\text{in}^2$,根据迁移量计算公式,将美国 $S/V=1 \text{ in}^2/10 \text{ g}$ 、欧盟 $S/V=6 \text{ dm}^2/\text{kg}$ 以及本研究获得的S/V均值 $8.56 \text{ dm}^2/\text{kg}$ 分别带入后,获得的美国、欧盟及本研究的迁移量分别为300、279和398 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。

从以上结果可以看出,S/V在迁移试验结果换算中具有重要意义。根据目前美国和欧盟的基本假设换算,欧盟的计算结果最小,而采用本研究获得的S/V计算的结果最大。若该物质的特定迁移限量为 $0.28 \text{ mg}/\text{kg}$,则采用美国和本研究换算的结果,均不合格;若进一步结合消费量进行风险评估,此物质可能会造成潜在风险;因此,采用本研究的S/V可以使迁移试验结果更加接近实际,更能真实反映食品安全风险,进一步保障消费者健康。

3 讨论

本研究采用企业征集和市场购买的方式,收集了我国居民日常消费的1196份饮料酒,采用直接测量法和3D扫描仪法,结合饮料酒的包装规格,构建了我国不同接触材料、不同类型饮料酒的S/V数据库。采用本研究建立的S/V进行迁移试验结果的换算,可以降低食品接触材料暴露评估的不确定性,提升对消费者的健康保护水平。

目前国际上尚没有协调一致的S/V,欧盟和美国分别基于不同的S/V进行暴露评估,而越来越多的研究^[7-8]认为,欧盟传统暴露评估基于 $6 \text{ dm}^2/\text{kg}$ 食品的基本假设,不能涵盖小包装的食品。最近的研究^[11]表明,食品接触材料S/V在很多情况下高于 $6 \text{ dm}^2/\text{kg}$ 。一项在葡萄牙开展的针对普通人群膳食调查的研究^[12]中发现,所有接触材料S/V的均值为 $11.7 \text{ dm}^2/\text{kg}$,而盛放液体的纸箱S/V为 $7.2 \text{ dm}^2/\text{kg}$ 。英国一项针对儿童消费的食品的接触材料S/V调查^[13]发现,0~12个月婴儿消费的食品的接触材料S/V平均值低于 $6 \text{ dm}^2/\text{kg}$, $\geq 1\sim 4$ 岁婴儿消费的食品的S/V平均值为 $8 \text{ dm}^2/\text{kg}$, $\geq 4\sim 6$ 岁儿童消费的食品的S/V平均值为 $10 \text{ dm}^2/\text{kg}$; <1 岁、 $\geq 1\sim 4$ 岁和 $\geq 4\sim 6$ 岁三个年龄段消费的食品的接触材料S/V的范围分别为 $0.8\sim 11.6$ 、 $4.2\sim 18.5$ 和 $2.7\sim 20.8 \text{ dm}^2/\text{kg}$ 。本研究的结果与国际研究结果一致。饮料酒不同接触材料S/V的范围为 $2.84\sim 19.67 \text{ dm}^2/\text{kg}$,平均值为 $8.14 \text{ dm}^2/\text{kg}$ 。96.7%的饮料酒接触材料 $S/V\geq 6 \text{ dm}^2/\text{kg}$,81.9%介于 $\geq 7\sim 9 \text{ dm}^2/\text{kg}$ 之间。

需要指出的是,本研究并未采集市场上销售的

所有饮料酒,且饮料酒的包装也在持续更新,因此,研究结果具有一定的不确定性,需要在后续的工作中持续补充最新的包装数据,建立动态数据库。此外,本研究仅建立了不同接触材料饮料酒的S/V,尚需要补充其他各类食品的不同接触材料的S/V,才能获得中国居民不同接触材料、不同类型食品的消费量,获得不同接触材料的所有食品的接触面积消费量,从而构建适合我国食品接触材料安全性评估的概率评估模型。

参考文献

- [1] MUNCKE J, MYERS J P, SCHERINGER M, et al. Food packaging and migration of food contact materials: will epidemiologists rise to the neotoxic challenge? [J]. J Epidemiol Community Health, 2014, 68(7):592-594.
- [2] PIEKE E N, GRANBY K, TESTE B, et al. Prioritization before risk assessment: the viability of uncertain data on food contact materials [J]. Regul Toxicol Pharmacol, 2018, 97(6):134-143.
- [3] MUNCKE J, BACKHAUS T, GEUEKE B, et al. Scientific challenges in the risk assessment of food contact materials [J]. Environ Health Perspect, 2017, 125(9):1-9.
- [4] GELBKE H P, BANTON M, BLOCK C, et al. Risk assessment for migration of styrene oligomers into food from polystyrene food containers [J]. Food Chem Toxicol, 2018, 124(11):151-167.
- [5] BENGSTSTRÖM L, ROSENMAI A K, TRIER X, et al. Non-targeted screening for contaminants in paper and board food-contact materials using effect-directed analysis and accurate mass spectrometry [J]. Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess, 2016, 33(6):1080-1093.
- [6] 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.
- [7] EFSA CEF Panel. 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.
- [8] EFSA CEF Panel. Note for Guidance for the preparation of an application for the safety assessment of a substance to be used in plastic food contact materials [J]. EFSA Journal, 2008, 6(7):41.
- [9] RALF E. EU Exposure matrix project-results [R]. Frankfurt: PIRA International, 2011.
- [10] 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. 饮料酒分类: GB/T 17204—2008[S].北京:中国标准出版社,2008.
- [11] Norwegian Scientific Committee for Food Safety. Evaluation of the EU exposure model for migration from food contact materials (FCM) [R]. VKM, Oslo, 2009.
- [12] POÇAS M F, OLIVEIRA J C, PINTO H J, et al. Characterization of patterns of food packaging usage in Portuguese homes [J]. Food Addit Contam, 2009, 26(9):1314-1324.
- [13] FOSTER E, MATHERS J C, ADAMSON A J. Packaged food intake by British children aged 0 to 6 years [J]. Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess, 2010, 27(3):380-388.