

调查研究

我国市售饮料与包装接触面积/体积比调查

隋海霞¹,刘兆平¹,商贵芹²,王彝白纳¹,季玮玉²,何来英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 了解我国饮料包装材料使用情况,研究构建饮料不同类型接触材料的接触面积/体积比(S/V)参数。方法 采集市场销售的不同包装、不同类型的饮料,采用直接测量法或3D面积测量仪计算不同类型饮料的接触面积,结合不同类型饮料的规格,计算 S/V 。结果 共采集214种不同类型、不同食品接触材料的饮料。72.0%(154/214)的饮料主体接触材料为单一材质,28.0%(60/214)的饮料接触材料为纸(涂层)和马口铁(涂层)等复合材质。不同类型饮料的接触材料 S/V 的平均值为 $11.29\text{ dm}^2/\text{kg}$,范围为 $4.26\sim 64.32\text{ dm}^2/\text{kg}$ 。85.0%(182/214)的饮料接触材料的 $S/V\geq 6\text{ dm}^2/\text{kg}$,73.4%(157/214)介于 $\geq 6\sim 12\text{ dm}^2/\text{kg}$ 之间。结论 我国市售大部分饮料的平均 S/V 大于欧盟评估时采用的 $6\text{ dm}^2/\text{kg}$,利用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;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)06-0555-04

DOI:10.13590/j.cjfh.2019.06.010

Investigation on food contact surface area/volume ratios of food contact material in beverage in China

SUI Haixia¹, LIU Zhaoping¹, SHANG Guiqin², WANG Yibaina¹, JI Weiyu², HE Laiying¹(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 database of the ratio of food contact surface area/volume ratios (S/V) of different types of food contact material in beverage. **Methods** Different kinds of beverage consumed by Chinese population was collected, food contact surface area was calculated by direct measurement or 3D area measuring instrument. The ratio of S/V was obtained by combining contact area with food packaging volume. **Results** A total of 214 kinds of beverage were collected in this study. 72.0% (154/214) of food contact material (FCM) in contact with beverage was made of single material, the remaining 28.0% (60/214) was made of composite materials, mainly coated paper and coated tinplate. The mean S/V of FCM in contact with beverage was $11.29\text{ dm}^2/\text{kg}$, ranging from 4.26 to $64.32\text{ dm}^2/\text{kg}$. Further analysis found that 85.0% (182/214) of the S/V was greater than $6\text{ dm}^2/\text{kg}$, 73.4% (157/214) was between $\geq 6\sim 12\text{ dm}^2/\text{kg}$. **Conclusion** The majority of S/V in contact with beverage was higher than $6\text{ dm}^2/\text{kg}$, a parameter used by European Food Safety Authority. Food contact S/V constructed by this investigation could decrease uncertainty in food contact material risk assessment.

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

食品接触材料中所有可能迁移到食品中的物质均需要进行风险评估,包括添加剂、残留的单体

等有意添加物和降解物、污染物、杂质、反应产物等非有意添加物^[1-3]。计算食品接触材料中迁移物质人体暴露水平是食品接触材料风险评估的重要步骤。目前我国正在构建食品接触材料安全性评估体系^[4],其中包括构建不同食品类型、不同食品接触材料的接触面积/体积比(S/V)数据库,对现行的默认 S/V 进行校正;在此基础上构建不同食品接触材料的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方法等。这些研究内容是食品接

收稿日期:2019-10-11

基金项目:广东省重点领域研发计划(2019B020210002);国家重点研发计划(2018YFC1603104)

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:何来英 女 研究员 研究方向为食品安全风险评估
E-mail:helaiying@cfsa.net.cn

触材料安全性评估体系的组成部分,也是我国“十三五”期间食品安全风险评估的重点工作。

本研究采用隋海霞等^[5]前期建立的饮料酒S/V数据库构建方法,在采样调查我国市售饮料S/V的基础上,进一步构建我国饮料S/V数据库,为后续的数据库构建积累数据。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

采用企业征集和市场购买两种方式,共获得不同食品类型、不同食品接触材料的饮料214种。市场购买涵盖天猫、京东等电商平台,采用网络购买的方式,按照地域或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类型。结合我国GB/T 10789—2015《饮料通则》^[6]和国家食品安全风险评估中心2013年9省市饮料的消费状况调查数据,将我国居民消费的主要饮料分为蛋白饮料、碳酸饮料、果蔬汁饮料、茶饮料、固体饮料、植物饮料、咖啡饮料、特殊用途饮料、风味饮料等9种。鉴于本研究的主要目的是构建饮料不同接触材料的S/V数据库,因此,脂肪含量、包装类型、包装材质、接触材料、包装规格相同的同一类饮料,作为一份样品。

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(HXVTOP200BS-L,上海汇像)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、金属和纸等材质特性鲜明、易于判定的,采用目视法进行材质判定。对于单一聚合物材质,采用红外光谱佐证(Spectrum 100傅立叶变化红外光谱仪,美国PerkinElmer)确认。另外,对于金属涂层罐,在饮料领域使用的只有铝涂层和马口铁涂层两种,马口铁和铝在其外观和物理性能上有明显的差异,因此其基材直接目视判定,而涂层

则多数为多种聚合物混合的复杂体系,因此涂层未再做区分,该类包装材质界定为铝(涂层)、马口铁(涂层)。

2 结果

2.1 材质分类和接触材料类型

本研究共收集214种饮料,对其主体接触材料分析发现,72.0%(154/214)的饮料接触材料为单一材质,主要为聚对苯二甲酸乙二醇酯和高密度聚乙烯,28.0%(60/214)为复合材质,主要是纸(涂层)和马口铁(涂层),具体结果见表1。

表1 材质分类和接触材料类型

Table 1 Packaging form and food contact material type analysis

材质分类	接触材料	样品份数	占比/%
单一材质	玻璃	9	4.2
	高密度聚乙烯	14	6.5
	聚乙烯	12	5.6
	聚对苯二甲酸乙二醇酯	114	53.3
	聚丙烯	4	1.9
	聚苯乙烯	1	0.5
复合材质	铝(涂层)	14	6.5
	马口铁(涂层)	22	10.3
	纸(涂层)	24	11.2
合计		214	100.0

2.2 不同类型饮料的接触材料

由表2可知,214种饮料中,蛋白饮料最多(43种),其次为碳酸饮料和果蔬汁饮料(42和32种)。从食品接触材料分析,接触材料为塑料的饮料最多,占饮料总样品份数的67.8%(145/214),其次为纸(涂层)和马口铁(涂层),分别占饮料总样品份数的11.2%(24/214)和10.3%(22/214)。

2.3 不同类型饮料的不同接触材料的S/V

由表3可知,平均值中S/V位居前四位的均为盛放固体饮料的接触材料,分别为聚乙烯、纸(涂层)、聚丙烯和玻璃,S/V分别为43.56、38.92、36.40和35.34 dm²/kg;最小值中S/V最小的为盛放碳酸饮料的聚对苯二甲酸乙二醇酯(4.26 dm²/kg);最大值中S/V最大的为盛放固体饮料的聚乙烯,高达64.32 dm²/kg。

2.4 饮料的不同接触材料S/V汇总

通过分析饮料的不同接触材料的S/V数据发现,所有材质的S/V平均值均超过6 dm²/kg,不同材质的S/V平均值范围为7.66~25.56 dm²/kg。其中,聚乙烯的S/V均值最大(25.56 dm²/kg),其次为玻璃和聚丙烯(21.82和14.58 dm²/kg),聚对苯二甲酸乙二醇酯的S/V均值最小(7.66 dm²/kg)。对所有塑料材质进行分析,S/V的均值为11.10 dm²/kg。具体结果见表4。

表2 不同饮料类型的不同接触材料的饮料样品份数汇总

Table 2 Samples of different kinds of FCM in contact with beverage

饮料类型	接触材料	样品份数	占比/%
	玻璃	1	0.5
	马口铁(涂层)	3	1.4
	高密度聚乙烯	13	6.1
蛋白饮料	聚对苯二甲酸乙二醇酯	15	7.0
	聚苯乙烯	1	0.5
	马口铁(涂层)	6	2.8
	纸(涂层)	8	3.7
风味饮料	聚对苯二甲酸乙二醇酯	8	3.7
	马口铁(涂层)	1	0.5
	纸(涂层)	1	0.5
	聚乙烯	12	5.6
	聚丙烯	1	0.5
固体饮料	玻璃	4	1.9
	马口铁(涂层)	2	0.9
	纸(涂层)	1	0.5
	聚对苯二甲酸乙二醇酯	20	9.3
	聚丙烯	3	1.4
	玻璃	1	0.5
果蔬汁饮料	铝(涂层)	1	0.5
	马口铁(涂层)	1	0.5
	纸(涂层)	6	2.8
	高密度聚乙烯	1	0.5
咖啡饮料	聚对苯二甲酸乙二醇酯	7	3.3
	马口铁(涂层)	5	2.3
	纸(涂层)	1	0.5
碳酸饮料	聚对苯二甲酸乙二醇酯	31	14.5
	玻璃	1	0.5
	铝(涂层)	10	4.7
特殊用途饮料	聚对苯二甲酸乙二醇酯	8	3.7
	马口铁(涂层)	3	1.4
	聚对苯二甲酸乙二醇酯	5	2.3
	玻璃	2	0.9
植物饮料	铝(涂层)	3	1.4
	马口铁(涂层)	1	0.5
	纸(涂层)	7	3.3
合计		214	100.0

2.5 饮料接触材料的 S/V 分布分析

由表5可见,85.0%(182/214)的饮料接触材料 $S/V \geq 6 \text{ dm}^2/\text{kg}$,其中,15.9%(34/214)介于 $\geq 6 \sim 8 \text{ dm}^2/\text{kg}$ 之间,37.4%(80/214)介于 $\geq 8 \sim 10 \text{ dm}^2/\text{kg}$ 之间,20.1%(43/214)介于 $\geq 10 \sim 12 \text{ dm}^2/\text{kg}$ 之间。

3 讨论

目前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 。当食品接触材料单位食品接触面积迁移某化学物质的量一定时,化学物质迁移量的大小则直接取决于该材料实际使用的 S/V 。美国的评估方法主要假设 S/V 是 $1 \text{ in}^2/10 \text{ g}$,约合 $6.45 \text{ dm}^2/\text{kg}$;欧盟传统评估方法所用的基本

表3 不同类型饮料的不同接触材料的 S/V

Table 3 Contact surface area/volume ratio of different FCM in contact with different types of beverage

饮料类型	接触材料	样品份数	$S/V/(\text{dm}^2/\text{kg})$		
			最小值	平均值	最大值
茶饮料	聚对苯二甲酸乙二醇酯	20	4.79	7.62	10.44
	玻璃	1	13.98	13.98	13.98
	马口铁(涂层)	3	8.53	9.64	10.88
	高密度聚乙烯	13	6.30	10.05	13.39
蛋白饮料	聚对苯二甲酸乙二醇酯	15	5.42	8.25	10.88
	聚苯乙烯	1	13.34	13.34	13.34
	马口铁(涂层)	6	8.53	10.22	11.33
	纸(涂层)	8	7.00	10.31	10.96
风味饮料	聚对苯二甲酸乙二醇酯	8	5.16	7.41	10.27
	马口铁(涂层)	1	9.52	9.52	9.52
	纸(涂层)	1	10.68	10.68	10.68
	聚乙烯	12	8.43	43.56	64.32
固体饮料	聚丙烯	1	36.40	36.40	36.40
	玻璃	4	23.70	35.34	43.59
	马口铁(涂层)	2	9.78	12.71	15.64
	纸(涂层)	1	38.92	38.92	38.92
果蔬汁饮料	聚对苯二甲酸乙二醇酯	20	4.84	7.77	11.37
	聚丙烯	3	5.46	7.31	9.91
	玻璃	1	10.93	10.93	10.93
	铝(涂层)	1	9.50	9.50	9.50
咖啡饮料	马口铁(涂层)	1	8.36	8.36	8.36
	纸(涂层)	6	5.39	7.61	11.69
	高密度聚乙烯	1	11.21	11.21	11.21
	聚对苯二甲酸乙二醇酯	7	8.08	10.19	15.39
碳酸饮料	马口铁(涂层)	5	10.44	11.35	12.02
	纸(涂层)	1	9.80	9.80	9.80
	聚对苯二甲酸乙二醇酯	31	4.26	6.86	11.05
	玻璃	1	11.29	11.29	11.29
特殊用途饮料	铝(涂层)	10	8.62	8.62	8.62
	聚对苯二甲酸乙二醇酯	8	6.12	7.41	8.62
	马口铁(涂层)	3	10.70	10.76	10.88
	聚对苯二甲酸乙二醇酯	5	5.72	7.80	10.19
植物饮料	玻璃	2	9.26	9.40	9.55
	铝(涂层)	3	9.52	9.62	9.83
	马口铁(涂层)	1	11.24	11.24	11.24
	纸(涂层)	7	6.61	9.16	11.03
合计		214	4.26	11.29	64.32

表4 饮料的不同接触材料 S/V 汇总

Table 4 Summary of contact surface area/volume ratio of different FCM in contact with beverage

接触材料	$S/V/(\text{dm}^2/\text{kg})$			
	最小值	平均值	最大值	
塑料	聚乙烯	6.30	25.56	64.32
	聚对苯二甲酸乙二醇酯	4.26	7.66	15.39
	聚丙烯	5.46	14.58	36.40
	聚苯乙烯	13.34	13.34	13.34
玻璃	小计	4.26	11.10	64.32
		9.26	21.82	43.59
金属(涂层)	铝(涂层)	8.62	8.89	9.83
	马口铁(涂层)	8.36	10.63	15.64
纸(涂层)	小计	8.36	9.95	15.64
		5.39	10.48	38.92
合计		4.26	11.29	64.32

表5 饮料接触材料 S/V 分布分析 (n=214)

Table 5 Distribution analysis on contact surface area/volume ratio of FCM in contact with beverage

S/V/(dm ² /kg)	频数	百分比/%	累积频数	累积百分比/%
≥4~6	32	15.0	32	15.0
≥6~8	34	15.9	66	30.8
≥8~10	80	37.4	146	68.2
≥10~12	43	20.1	189	88.3
≥12~14	7	3.3	196	91.6
≥14~16	2	0.9	198	92.5
≥16~18	0	0.0	198	92.5
≥18~20	1	0.5	199	93.0
≥20~30	1	0.5	200	93.5
≥30~40	4	1.9	204	95.3
≥40~50	4	1.9	208	97.2
≥50~60	5	2.3	213	99.5
≥60~70	1	0.5	214	100.0

假设是 S/V 为 6 dm²/kg。根据我国 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》^[7] 的规定,食品接触材料接触的食品或食品模拟物的 S/V 应尽可能反映实际的使用情形,并应用可预见情形下的最小包装或最大 S/V。当食品接触材料与食品接触的 S/V 未知或无法通过估算获取时,可采用 6 dm²/kg 的 S/V 对食品模拟物中待测物质含量进行数值换算,获得最终的迁移量,我国与欧盟的基本假设相同。但越来越多的研究已经证明,6 dm²/kg 的 S/V 不能涵盖小包装食品,会低估暴露水平^[8-9]。

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 214 种饮料,采用直接测量法和 3D 扫描仪法,结合饮料的包装规格,首次构建了我国不同接触材料的不同类型饮料的 S/V 数据库。饮料不同接触材料的 S/V 的范围为 4.26~64.32 dm²/kg,85.0% 的饮料接触材料 S/V ≥ 6 dm²/kg,15.9% 介于 ≥6~8 dm²/kg 之间,37.4% 介于 ≥8~10 dm²/kg 之间,20.1% 介于 ≥10~12 dm²/kg 之间。一项在葡萄牙开展的针对普通人群膳食调查的研究中发现,盛放液体的纸箱 S/V 为 7.2 dm²/kg^[10],本研究中,盛放液体饮料的纸(涂层)的 S/V 范围为 5.39~11.69 dm²/kg,均值范围为 7.61~10.68 dm²/kg。英国一项针对儿童消费的食品的 S/V 调查发现,0~12 个月婴儿消费的食品的接触材料 S/V 平均值低于 6 dm²/kg,≥1~4 岁和 ≥4~6 岁儿童消费的食品的 S/V 平均值分别为 8 和 10 dm²/kg^[11]。本研究中,不同材质的 S/V 平均值为 11.29 dm²/kg,平均值范围为 7.66~25.56 dm²/kg;因此,本研究与国际研究结果一致。

鉴于饮料的包装在持续更新,本研究并未涵盖市场上销售的所有饮料,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,本研究是在前期建立的饮料酒 S/V 数据库构建方法的基础上,建立的不同接触材料饮料的 S/V,旨在为构建中国居民不同接触材料的不同类型食品的 S/V 积累数据。在此基础上,结合不同接触材料、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] 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.
- [5] 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.
- [6] 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. 饮料通则: GB/T 10789—2015[S].北京:中国标准出版社,2015.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.