

风险评估

杭州市居民膳食中铝暴露风险评估

蒋皓, 黄利明, 王玲莉, 刘辉, 朱冰

(杭州市疾病预防控制中心, 浙江 杭州 310021)

摘要:目的 评估杭州市居民膳食中铝的暴露水平及其潜在健康风险。方法 利用2015—2021年杭州市食品中食品添加剂铝含量的数据和2015年杭州市居民食物消费量调查数据,采用简单分布评估法计算杭州市居民膳食中铝的暴露水平,进行健康风险评估。结果 杭州市居民膳食中铝每周平均暴露量及每周高食物量消费人群暴露量(P95)分别为0.416、1.986 mg/kg·BW,均低于联合国粮农组织/世界卫生组织食品添加剂联合专家委员会(JECFA)制定的每周可耐受摄入量(PTWI, 2 mg/kg·BW)。包子、面条、中式糕点、油条、馒头是杭州市居民膳食中铝暴露的主要来源,累计贡献率达到85.9%。如果严格执行食品安全国家标准关于含铝食品添加剂的限量规定,杭州市居民膳食中铝每周平均暴露量和P95暴露量将分别下降88.2%和84.0%。结论 目前杭州市居民膳食中铝每周平均暴露量对人群健康造成的风险较低,处于可接受水平。但高食物消费人群每周暴露量(P95暴露量)接近PTWI,其中18岁以下未成年人P95暴露量已超过PTWI,应引起重视,并采取措施以降低铝暴露过量可能带来的健康风险。

关键词:含铝食品添加剂;膳食暴露;风险评估

中图分类号:R155

文献标识码:A

文章编号:1004-8456(2023)02-0224-06

DOI:10.13590/j.cjfh.2023.02.012

Risk assessment of dietary exposure of aluminium in residents of Hangzhou

JIANG Hao, HUANG Liming, WANG Lingli, LIU Hui, ZHU Bing

(Hangzhou Center for Disease Control and Prevention, Zhejiang Hangzhou 310021, China)

Abstract: Objective To evaluate potential health risk and the dietary exposure of aluminium in residents of Hangzhou. **Methods** The dietary exposure of aluminium in residents of Hangzhou was calculated by simple distribution assessment method based on the data of aluminium-containing additives from 2015 to 2021 in Hangzhou and the data of food consumption survey in 2015. **Results** The average weekly and the 95 percentile (P95) exposure were 0.416 and 1.986 mg/kg·BW, which were lower than the tolerable weekly intake (PTWI, 2 mg/kg·BW) by Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). Steamed stuffed buns, noodles, Chinese pastry, fried bread stick and steamed buns were the main sources of exposure, accounting for 85.9% of the total exposure. If the national food safety standard on ammonium-containing additives was strictly implemented, the exposure will reduce by 88.2% and 84.0%, respectively. **Conclusion** The risk of dietary aluminium in residents of Hangzhou was low and acceptable. However, the exposure of high-consumption groups (P95) was close to PTWI, and the P95 exposure of people under 18 had exceeded PTWI which deserves attention. Measures should be taken to reduce the health risks caused by excessive aluminium exposure.

Key words: Aluminium-containing additives; dietary exposure; risk assessment

铝是人体非必需微量元素,食品中使用的含铝添加剂是膳食铝暴露的主要来源^[1]。联合国粮农组织/世界卫生组织食品添加剂联合专家委员会(Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, JECFA)于1987年将铝的暂定每周耐受

摄入量(Provisional tolerated weekly intake, PTWI)定为7 mg/kg·BW^[2]。2006年,基于新的毒理学资料, JECFA将铝的PTWI从每周7 mg/kg·BW降至1 mg/kg·BW^[1]。2011年, JECFA依据一项大鼠慢性神经发育毒性研究^[3]的未观察到不良作用水平(No observed adverse effect level, NOAEL)为30 mg/kg·BW,采用100倍不确定系数,将铝的PTWI修订为每周2 mg/kg·BW^[4]。该PTWI适用于食品中所有含铝化合物,包括含铝食品添加剂。

2014年5月,原国家卫生计生委等5部门发布

收稿日期:2022-02-09

作者简介:蒋皓 男 医师 研究方向为食品安全风险监测与评估 E-mail:18946105786@163.com

通信作者:朱冰 男 主任医师 研究方向为食品安全风险监测与评估 E-mail:96zhubing@163.com

关于调整含铝食品添加剂使用规定的公告称^[5]“自2014年7月1日起,禁止将酸性磷酸铝钠、硅铝酸钠和辛烯基琥珀酸铝淀粉用于食品添加剂生产、经营和使用,膨化食品生产中不得使用含铝食品添加剂,小麦粉及其制品[除油炸面制品、面糊(如用于鱼和禽肉的拖面糊)、裹粉、煎炸粉外]生产中不得使用硫酸铝钾和硫酸铝铵”。然而,杭州市各类食品中仍有铝的残留量超标的情况,严重影响着居民的身体健康,因此亟需对居民膳食中铝暴露量进行风险评估。本研究旨在评估上述公告发布后杭州市居民膳食中铝暴露的健康风险,为含铝食品添加剂的使用和管理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 数据来源

本次评估所用食品中铝的含量数据来自2015—2021年杭州市食品安全风险监测中17类食品共计4 059份样品的检测数据,所检测的样品(包括生产加工环节、流通环节和餐饮环节)均为本地市场销售食品,代表了杭州市居民实际消费的食品品种。本次评估中的消费量数据来源于2015年杭州市居民食物消费量调查。此调查通过连续3天24小时回顾调查法,获得1 990个个体的食物消费量数据。

1.2 方法

本次评估中的样品分析按照GB/T 5009.182—2003《食品安全国家标准 面制食品中铝的测定》和GB/T 5009.182—2017《食品安全国家标准 食品中铝的测定》^[6-7]方法统一进行。但实际检测中,各实验室间的检出限(Limit of detection, LOD)存在一定差异,实际LOD范围为0.5~25 mg/kg。按照WHO全球环境监测系统/食品污染监测与评估规划(Global Environment Monitoring System-Food Contamination Monitoring and Assessment Programme, GEMS/FOOD)第2次会议中对未检出数据的处理原则^[8]和欧洲食品安全局(European Food Safety Authority, EFSA)发布的“化学物质的膳食暴露评估中左删失数据的管理”^[9],同时基于暴露评估保守原则,本次评估对未检出的数据(663份,占15.59%)均采用其LOD值替代。

本次评估中食物消费量数据采用2015年杭州市居民食物消费量调查中被调查对象的实际食物消费量,结合主要食品中铝的含量均值,采用简单分布模型,计算每个个体每周每公斤体重铝的暴露量,计算公式为:

$$Exp = \sum_{i=1}^n \frac{(F_i \times C_i) \times 7}{1000 \times W}$$

式中: Exp 为个体每周每公斤体质量铝的暴露量,单位为mg/kgBW; F_i 为个体第*i*种食物消费量,单位为g/d; C_i 为第*i*种食物中铝的含量,单位为mg/kg; W 为个体的体质量,单位为kg。在计算个体每种食物中铝的暴露量时,该食物中铝的含量均采用含量数据的均值,因此暴露量的第95百分位数值(P_{95} 暴露量)反映了高食物量消费人群的暴露量。食物贡献率为人群平均每周每公斤体质量铝的暴露量中,每种食物的贡献量所占的百分比。

1.3 统计学分析

本次评估中检测数据和食物消费量数据的整理与分析均使用Excel 2013完成,年龄以中位数和范围描述,体质量以平均值±标准差描述,食品中铝含量、食物消费量和各性别-年龄组膳食铝暴露量以平均值、分位数描述,直条图使用Python3绘制。

2 结果

2.1 一般人口统计学特征

本次评估共包括1 990名个体,其中男性994名,女性996名。见表1。

表1 一般人口统计学特征

Table 1 General demographic characteristics

特征	年龄/岁	体质量/kg	城市数量 n(%)	农村数量 n(%)
男($n=994$)	46(3~96)	60.7±15.3	264(26.6)	730(73.4)
女($n=996$)	45(3~93)	52.5±11.1	288(28.9)	708(71.1)
全人群($n=1\ 990$)	45(3~96)	56.6±14.0	552(27.7)	1 438(72.3)

2.2 各类食品中铝的含量分析

本次评估共收集使用17类4 059条含铝食品的含量数据。各类食品的总检出率为84.4%(3 426/4 059),含量均值为97.4 mg/kg,最大检出值为21 600.0 mg/kg。其中海蜇的检出率和平均含量均为最高,分别为100.0%(456/456)和551.5 mg/kg。各类食品的总超标率为41.2%(1 674/4 059),超标率的范围为0.0%~90.7%。见表2。

2.3 含铝食品的食物消费量数据分析

各类含铝食品中面条平均消费量最高,为53.5 g/d;其次是包子和面粉,分别为27.6和17.6 g/d。见表3。

2.4 全人群及不同性别-年龄组人群膳食中铝暴露量

暴露评估结果显示,杭州市居民全人群膳食中铝的每周平均暴露量为0.416 mg/kgBW,占PTWI的20.80%; P_{95} 暴露量为1.986 mg/kgBW,占PTWI的99.30%。全人群最高暴露量为8.181 mg/kgBW,占PTWI的409.05%。各性别-年龄组每周平均暴露量范围为0.178~0.850 mg/kgBW,占PTWI的

表2 各类食品中铝的含量
Table 2 The amount of aluminium in different foods

食品类别	样品数/份	铝含量/(mg/kg)						检出数/份	检出率/%	超标数/份	超标率/%
		均值	P50	P90	P95	P97.5	最大值				
海蜇	456	551.5	467.0	1 020.0	1 240.0	1 470.0	2 980.0	456	100.0	200	43.9
蛋糕	228	158.2	3.4	23.3	37.0	326.0	21 600.0	172	75.4	9	3.9
油条	412	118.0	10.9	485.0	693.0	962.0	1 660.0	378	91.7	77	18.7
包子*	91	67.2	8.4	263.0	372.0	520.0	1 010.0	85	93.4	85	93.4
粉丝粉条	777	41.0	9.1	129.0	180.0	257.0	493.0	663	85.3	32	4.1
豆类制品	15	33.8	5.9	160.0	160.0	230.0	230.0	11	73.3	2	13.3
麻球麻团	15	35.9	4.0	140.0	140.0	281.0	281.0	14	93.3	2	13.3
中式糕点	38	29.2	5.6	31.0	62.0	295.0	470.0	26	68.4	2	5.3
油饼	111	21.0	6.0	43.2	71.6	138.0	462.0	95	85.6	4	3.6
花卷*	43	19.6	6.0	15.0	46.0	94.0	43.0	37	86.0	37	86.0
烧饼*	8	17.9	4.7	51.0	53.6	53.6	53.6	6	75.0	6	75.0
馒头*	673	11.2	5.1	14.0	18.6	29.3	700.0	558	82.9	558	82.9
饼干	50	9.2	6.2	19.0	34.9	37.7	47.0	46	92.0	0	0.0
面粉*	355	7.1	5.0	13.8	20.0	25.0	52.0	251	70.7	251	70.7
面包	265	6.9	5.0	13.0	19.0	26.0	66.0	219	82.6	0	0.0
面条*	194	6.8	5.7	12.9	16.0	19.2	31.0	176	90.7	176	90.7
膨化食品*	328	5.8	3.0	13.0	17.9	24.0	84.0	233	71.0	233	71.0
合计	4 059	97.4	7.0	348.0	572.0	797.0	21 600.0	3 426	84.4	1 674	41.2

注:*为在GB 2760—2014《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》中未批准该类食品中可以使用含铝添加剂,如有检出即算违规添加,视为超标

表3 各类食品的消费量(n=1 990)

Table 3 Dietary intake of different foods (n=1 990)

食品类别	食物消费量/(g/d)					
	平均值	P50	P90	P95	P97.5	最大值
海蜇	—	—	—	—	—	—
面条	53.5	0.0	185.0	250.0	330.0	930.0
包子	27.6	0.0	120.0	180.0	240.0	570.0
面粉	17.6	0.0	80.0	100.0	160.0	600.0
馒头	13.7	0.0	53.3	100.0	150.0	410.0
中式糕点	6.3	0.0	0.0	0.0	50.0	800.0
面包	3.7	0.0	0.0	16.7	66.7	240.0
豆类制品	3.2	0.0	0.0	20.0	50.0	283.3
粉丝粉条	2.2	0.0	0.0	0.0	26.7	300.0
油饼	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	250.0
油条	1.6	0.0	0.0	0.0	20.0	168.7
花卷	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
烧饼	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	150.0
麻球麻团	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	180.0
饼干	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	101.7
蛋糕	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	86.7
膨化食品	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	60.0

8.90%~42.50%;每周P95暴露量范围为0.604~3.293 mg/kg·BW,占PTWI的30.20%~164.65%。

总体上,铝的每周平均膳食暴露量呈现随年龄减小而增高的趋势,全人群中超PTWI人数的比例为4.82%。其中7~12岁年龄组暴露量最高,每周平均暴露量为0.850 mg/kg·BW,占PTWI的42.50%;每周P95暴露量为3.293 mg/kg·BW,占PTWI的164.65%;同时,该年龄组超PTWI人数的比例为所有年龄组中最高,为15.69%。见表4。

2.5 严格执行含铝食品添加剂限量标准对杭州市居民膳食中铝暴露量的影响

如果按照GB 2760—2014《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》^[10]严格执行食品中含铝食品添加剂允许使用限量标准,假设铝残留量超标的食物样品其含量全部由该类食品最大允许使用量替代,那么各年龄组膳食中铝每周平均暴露量和P95暴露量下降范围分别为74.2%~94.7%和57.9%~

表4 各性别-年龄组人群膳食铝暴露量

Table 4 Dietary exposure of aluminium in different sex-age groups

性别-年龄组/岁	人数	每周暴露量/(mg/kg·BW)						超PTWI人数	超PTWI人数比例/%
		平均值	P50	P90	P95	P97.5	最大值		
3~6	67	0.561	0.230	1.832	2.355	2.971	4.938	6	8.96
7~12	102	0.850	0.209	2.494	3.293	5.370	8.181	16	15.69
13~17(男)	37	0.448	0.103	1.430	2.064	2.126	3.351	3	8.11
13~17(女)	49	0.425	0.052	1.590	2.537	2.609	3.324	5	10.20
18~65(男)	734	0.403	0.111	1.283	1.782	2.314	5.385	30	4.09
18~65(女)	775	0.393	0.096	1.349	1.816	2.433	4.649	33	4.26
66~80(男)	92	0.296	0.107	0.817	1.196	1.900	2.195	2	2.17
66~80(女)	89	0.314	0.155	0.946	1.349	1.491	2.271	1	1.12
>80(男)	26	0.178	0.140	0.375	0.604	0.604	0.729	0	0.00
>80(女)	19	0.267	0.134	0.597	1.075	1.501	1.501	0	0.00
全人群	1 990	0.416	0.112	1.349	1.986	2.537	8.181	96	4.82

100.0%。见表 5。

表 5 严格执行含铝添加剂限量标准后对杭州市居民膳食中铝暴露量的影响

Table 5 The influence of strict implementation of national food safety standard limit of aluminium-containing additives on dietary exposure in Hangzhou residents

性别-年龄组/岁	每周平均暴露量 (mg/kg·BW)			每周 P95 暴露量 (mg/kg·BW)		
	执行前	执行后	下降幅度/%	执行前	执行后	下降幅度/%
3~6	0.561	0.069	87.7	2.355	0.000	100.0
7~12	0.850	0.045	94.7	3.293	0.407	87.6
13~17(男)	0.448	0.112	75.0	2.064	0.000	100.0
13~17(女)	0.425	0.029	93.2	2.537	0.000	100.0
18~65(男)	0.403	0.040	90.1	1.782	0.266	85.1
18~65(女)	0.393	0.047	88.0	1.816	0.282	84.5
66~80(男)	0.296	0.074	75.0	1.196	0.419	65.0
66~80(女)	0.314	0.081	74.2	1.349	0.503	62.7
>80(男)	0.178	0.046	74.2	0.604	0.254	57.9
>80(女)	0.267	0.066	75.3	1.075	0.252	76.6
全人群	0.416	0.049	88.2	1.986	0.318	84.0

2.6 杭州市居民膳食铝暴露各类食品的贡献量和贡献率

本次评估中,包子的食物贡献率最高,为 57.79%,其次为面条、中式糕点、油条和馒头,见图 1。

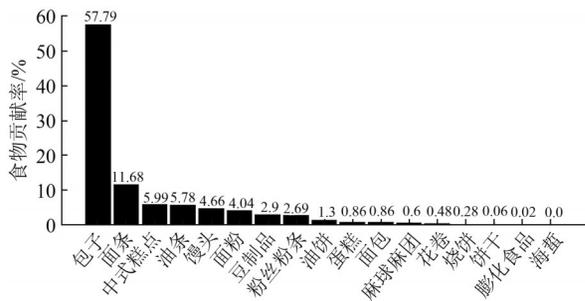


图 1 杭州市居民膳食中铝暴露的食物贡献率

Figure 1 Food contribution rate of dietary aluminium exposure in residents of Hangzhou

严格执行食品中含铝添加剂允许使用限量标准后,包子的食物贡献量下降最大,其次为面条、中式糕点、馒头和面粉。见表 6。

3 讨论

本次暴露评估结果显示,杭州市居民全人群膳食中铝的每周平均暴露量及 P95 暴露量分别为 0.416 和 1.986 mg/kg·BW,均未超过 PTWI,表明目前铝的膳食暴露量对杭州市居民造成的总体风险处于可接受水平。然而,18 岁(不含)以下各年龄组 P95 暴露量均超过了 PTWI,其中 7~12 岁组的膳食中铝的每周 P95 暴露量和超 PTWI 人数比例均为所有年龄组中最高,分别为 3.293 mg/kg·BW 和 15.69%,其次是 13~17 岁(女)组、3~6 岁组和 13~

表 6 杭州市居民膳食中铝每周暴露的食物贡献量 (mg/kg·BW)

Table 6 Food contribution amount of dietary aluminium exposure in residents of Hangzhou (mg/kg·BW)

食品类别	执行前	执行后	下降量
包子	0.240	0.000	0.240
面条	0.049	0.000	0.049
中式糕点	0.025	0.000	0.025
馒头	0.019	0.000	0.019
面粉	0.017	0.000	0.017
油饼	0.005	0.000	0.005
油条	0.024	0.020	0.004
面包	0.004	0.000	0.004
花卷	0.002	0.000	0.002
蛋糕	0.004	0.002	0.001
烧饼	0.001	0.000	0.001
膨化食品	0.000	0.000	0.000
豆制品	0.012	0.012	0.000
粉丝粉条	0.011	0.011	0.000
麻球麻团	0.003	0.003	0.000
饼干	0.000	0.000	0.000
海蜇	0.000	0.000	0.000
合计	0.416	0.049	0.367

17(男)组,健康风险较高,值得引起重视。18 岁(含)以上各性别-年龄组,P95 暴露量均未超过 PTWI,总体风险较 18 岁以下各年龄组低,但仍有少数居民膳食中铝暴露量超过 PTWI,健康风险亦不容忽视。

本次评估中,杭州市居民每周平均铝暴露量总体上呈现随年龄增加而降低的趋势,与中国居民膳食中铝暴露风险评估的研究基本一致,但每周平均暴露量(0.416 mg/kg·BW vs 0.692 mg/kg·BW)和 P95 暴露量(1.986 mg/kg·BW vs 4.868 mg/kg·BW)以及超 PTWI 人数比例(4.82% vs 32.5%)均远低于全国水平。与我国南方居民比较,杭州市居民膳食中铝每周平均暴露量(0.416 mg/kg·BW vs 0.699 mg/kg·BW)、P97.5 暴露量(2.537 mg/kg·BW vs 3.792 mg/kg·BW)和超 PTWI 人数比例(4.82% vs 8.0%)亦较低^[11]。2014 年,原国家卫生计生委等 5 部门发布了关于调整含铝食品添加剂使用规定的公告,对食品中含铝添加剂的使用进行了更严格的规定,而本次评估铝的含量数据来自该公告发布后的监测数据,这可能是杭州市居民膳食中铝暴露水平较低的重要原因之一。

从食物贡献率看,国内各省份居民膳食中铝暴露的主要食物来源不同。在本研究所监测的 17 种食品类别中,杭州市居民膳食中铝暴露的主要来源是包子和面条等食物,而青海省^[12]居民主要是谷物及其制品,陕西省^[13]居民主要是油炸食品。这可能与各省份的饮食习惯密切相关。

本次评估存在一定的不确定性。首先,未考虑饮用水对人群铝暴露的贡献。研究数据表明,地表

水中铝的含量高于地下水,铝含量高于 50 $\mu\text{g/L}$ 的未净化地表水和地下水的比例分别为 55% 和 4%^[14]。天然水中铝的浓度与 pH 值有关,一般中性水中铝含量范围为 1~50 $\mu\text{g/L}$,但酸化水中铝的含量可达 500~1 000 $\mu\text{g/L}$ ^[15],此外,地表水处理过程中使用的化学净水剂铝盐,也是饮用水中铝的来源,因此可能会造成低估。杭州市主城及周边四区县的饮用水铝含量值范围为 20~150 $\mu\text{g/L}$ ^[16],低于城市供水行业 2000 年技术进步发展规划中规定的一、二类城市水司饮用水中铝浓度不得超过 0.2 mg/L 的标准。而且 JECFA 认为,饮用水对于人群铝暴露的贡献率很低^[15]。

其次,未考虑含量监测数据以外的食物类别中天然存在的铝对人群膳食中铝暴露的贡献,可能会造成低估。然而,虽然铝天然存在于食品中,但大多数食品中的铝含量低于 5 mg/kg^[1,17],JECFA 认为含铝食品添加剂才是人群(长期食用含铝药物的人群除外)铝暴露的主要途径。此外,随着外卖行业的流行和发展,居民的食物消费模式也发生了一定的变化,在消费量数据上给本次评估带来一定不确定性。

再次,铝可从食品接触材料中迁移入食品,其迁移量与预包装食品加热的温度与时间、食物成分与 pH 值、食物基质中的有机酸、盐和其他离子的含量等因素有关^[17]。有研究表明经常使用铝制炊具的女性比不使用者每天多摄入 2 mg 的铝^[18],本次评估未考虑铝制食品接触材料对人群铝暴露的贡献,也可能在一定程度上低估膳食中铝的实际暴露量。

最后,人体从空气中每天可吸入 0.05 mg 的铝,从事含铝作业生产的工人因吸入超细含铝粉尘,可能会暴露更多的铝^[17]。本次评估未考虑空气中铝对居民膳食中铝暴露的贡献,可能会造成低估。

综上所述,本研究表明杭州市居民膳食中铝暴露健康风险总体上较低,处于可接受水平。但高食物消费量人群(尤其是 18 岁以下年龄各年龄组)的暴露量超过了 PTWI,值得引起重视。加强对含铝食品添加剂超范围使用的食品及允许使用范围内含量超标的食品的管理,可以较大地降低高食物消费量人群膳食中铝暴露量超 PTWI 的比例,健康收益较高。此外,包子作为最主要的膳食中铝暴露来源,其铝的来源还有待进一步研究。

参考文献

[1] FAO/WHO. Evaluation of certain food additives and contaminants. Thirty-seventh report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives [J]. World Health Organization Technical

Report Series, 1991, 806: 1-52.

- [2] FAO/WHO. Evaluation of certain food additives and contaminants. Forty-first report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives [J]. World Health Organization Technical Report Series, 1993, 837: 1-53.
- [3] POIRIER J, SEMPLE H, DAVIES J, et al. Double-blind, vehicle-controlled randomized twelve-month neurodevelopmental toxicity study of common aluminum salts in the rat [J]. Neuroscience, 2011, 193: 338-362.
- [4] JECFA. Summary report of the seventy-fourth meeting of JECFA [C]. Rome: JECFA Seventy-Fourth Meeting, 2011.
- [5] 国家卫生计生委,工业和信息化部,国家质量监督检验检疫总局,等. 国家卫生计生委等 5 部门关于调整含铝食品添加剂使用规定的公告 [EB/OL]. (2014-05-14) [2022-02-06]. <https://www.ahzh.gov.cn/zwgk/public/6615882/9016834.html>. National Health and Family Planning Commission, Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic of China, General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, et al. Announcement of the National Health and Family Planning Commission and other five departments on the regulation of the use of aluminum-containing food additives [EB/OL]. (2014-05-14) [2022-02-06]. <https://www.ahzh.gov.cn/zwgk/public/6615882/9016834.html>.
- [6] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会. 面粉食品中铝的测定: GB/T 5009.182—2003 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2004. Ministry of Health of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. Determination of aluminium in flour products: GB/T 5009.182—2003 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2004.
- [7] 国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中铝的测定: GB 5009.182—2017 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2017. National Health and Family Planning Commission, National Food and Drug Administration. National food safety standard—Determination of aluminium in food: GB 5009.182—2017 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [8] GEMS/Food-EUROS. Reliable evaluation of low-level contamination of food [C]. Germany: Second Workshop GEM/Food-EUROS, 1995.
- [9] AUTHORITY E F S. Management of left-censored data in dietary exposure assessment of chemical substances [J]. EFSA Journal, 2010, 8(3): 1557.
- [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 食品添加剂使用标准: GB 2760—2014 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2015. National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. National food safety standard—Standards for uses of food additives: GB 2760—2014 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2015.
- [11] 马宁. 中国居民膳食铝暴露风险评估 [C]. 广州: 首届管理毒理与风险评估培训班, 2015. MA N. Risk assessment of dietary aluminum exposure among Chinese residents [C]. Guangzhou: The First Training Course on

- Management Toxicology and Risk Assessment, 2015.
- [12] 张倩, 郭学斌. 青海省成年居民膳食铝暴露风险评估[J]. 中国食品卫生杂志, 2021, 33(5): 605-609.
ZHANG Q, GUO X B. Assessment on dietary exposure of aluminum among adult residents in Qinghai province[J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2021, 33(5): 605-609.
- [13] 聂晓玲, 郭荣, 刘宇, 等. 陕西省居民膳食中铝暴露风险评估[J]. 中国食品卫生杂志, 2017, 29(4): 499-504.
NIE X L, GUO R, LIU Y, et al. Dietary assessment on dietary exposure of aluminium residents in Shaanxi province[J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2017, 29(4): 499-504.
- [14] MILLER R G, KOPFLER F C, KELTY K C, et al. The occurrence of aluminum in drinking water[J]. Journal-American Water Works Association, 1984, 76(1): 84-91.
- [15] MERIAN E, ANKE M, IHNAT M, et al. Elements and their compounds in the environment: occurrence, analysis and biological relevance[M]. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2004.
- [16] 崔福义, 胡明成, 张燕, 等. 我国部分城市饮用水中铝含量调查[J]. 中国给水排水, 2002, 18(1): 5-8.
CUI F Y, HU M C, ZHANG Y, et al. Investigation on aluminum concentration in drinking water in part of China's cities [J]. China Water & Wastewater, 2002, 18(1): 5-8.
- [17] AGUILAR F, AUTRUP H, BARLOW S, et al. Scientific opinion of the panel on food additives, flavourings, processing aids and materials in contact with food (AFC) on a request related to a 16th list of substances for food contact materials[J]. EFSA Journal, 2007, 5(10): 555-563.
- [18] JORHEM L, HAEGGLUND G. Aluminium in foodstuffs and diets in Sweden[J]. Zeitschrift Fur Lebensmittel-Untersuchung Und -Forschung, 1992, 194(1): 38-42.

《中国食品卫生杂志》顾问及第五届编委会名单

顾问: 陈君石、黄璐琦、江桂斌、李林、沈建忠、吴清平、Jianghong Meng(美国)、Patrick Wall(爱尔兰)、Samuel Godefroy(加拿大)、Gerald Moy(美国)、Paul Brent(澳大利亚)、Marta Hugas(比利时)、Yukikko Yamada(日本)、Tom Heilandt(德国)、Andreas Hensel(德国)、Christopher Elliott(英国)、Christine Nelleman(丹麦)

主任委员: 卢江

副主任委员: 王竹天、李宁、孙长颢、王涛、谢剑炜、应浩、丁钢强、张峰、张永慧

主编: 吴永宁

编委(按姓氏笔画排序)

丁钢强(中国疾病预防控制中心营养与健康所)	应浩(中国科学院上海营养与健康所)
于洲(国家食品安全风险评估中心)	张丁(河南省疾病预防控制中心)
于维森(青岛市疾病预防控制中心)	张峰(中国检验检疫科学研究院)
马宁(国家食品安全风险评估中心)	张卫兵(南通市疾病预防控制中心)
马会来(中国疾病预防控制中心)	张立实(四川大学华西公共卫生学院)
马群飞(福建省疾病预防控制中心)	张永慧(广东省疾病预防控制中心)
王君(国家食品安全风险评估中心)	张旭东(国家卫生健康委员会医院管理研究所)
王茵(浙江省医学科学院)	张剑峰(黑龙江省疾病预防控制中心)
王涛(浙江清华长三角研究院)	张朝晖(中国海关科学技术研究中心)
王硕(南开大学医学院)	张惠媛(中国海关科学技术研究中心)
王慧(上海交通大学公共卫生学院)	张遵真(四川大学华西公共卫生学院)
王永芳(国家卫生健康委员会卫生健康监督中心)	陈波(湖南师范大学化学化工学院)
王竹天(国家食品安全风险评估中心)	陈颖(中国检验检疫科学研究院)
王松雪(国家粮食和物资储备局科学研究院)	陈卫东(广东省市场监督管理局)
王晓英(中国动物疫病预防控制中心)	邵兵(北京市疾病预防控制中心)
计融(国家食品安全风险评估中心)	武爱波(中国科学院上海营养与健康所)

(下转第253页)