

风险评估

广西居民重金属镉膳食摄入水平及其健康风险评估

蒋玉艳¹,马宁²,蒙浩洋¹,石萌萌¹,赵鹏¹

(1. 广西壮族自治区疾病预防控制中心,广西南宁 530028;

2. 国家食品安全风险评估中心,北京 100022)

摘要:目的 分析食品中镉的污染水平,对广西居民主要膳食中镉的健康风险进行评估。方法 对2013—2018年39类食品中的镉含量进行统计分析,结合居民食物消费数据,参考镉的暂定每月可耐受摄入量(PTMI),采用简单分布评估法对广西居民主要膳食中镉的暴露进行评估。结果 39类食品中镉的平均含量为0.086 mg/kg,检出率和超标率分别为67.37% (17 025/25 271)和5.68% (1 435/25 271)。藻类食品中镉的平均含量最高,为0.769 mg/kg。大米是居民膳食中镉的主要来源,贡献率为52.57%。居民膳食中镉的月平均摄入量为30.62 μg/kg BW,为PTMI的122.48%。结论 广西居民膳食中镉的暴露水平较高,应引起重视。大米是南方地区的主粮且其对居民膳食中镉贡献率最高,应加强对大米镉污染从农田到餐桌全环节的研究,从源头控制污染。

关键词:风险评估;镉;食品污染物;膳食暴露

中图分类号:R155 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2021)02-0191-05

DOI:10.13590/j.cjfh.2021.02.013

Risk assessment on the dietary exposure of cadmium in Guangxi residentsJIANG Yuyan¹, MA Ning², MENG Haoyang¹, SHI Mengmeng¹, ZHAO Peng¹

(1. Guangxi Center for Disease Control and Prevention, Guangxi Nanning 530028, China;

2. China National Center for Food Safety Risk Assessment, Beijing 100022, China)

Abstract: Objective To analyze the cadmium level in main food, and assess the risk of dietary exposure of residents in Guangxi. **Methods** The cadmium content in 39 kinds of food was analyzed statistically from 2013 to 2018. The cadmium exposure was estimated by combining the concentration of cadmium in foods with food consumption data. According to provisional tolerable monthly intake (PTMI), the health risk was assessed by simple distribution model. **Results** The average content of cadmium in 39 kinds of food was 0.086 mg/kg. The total detection rate and violation rate were 67.37% (17 025/25 271) and 5.68% (1 435/25 271), respectively. The average content of cadmium in algae food was 0.769 mg/kg, which was the highest among the 39 food groups being tested. The main source of cadmium exposure was rice, which contributed 52.57% to the total dietary cadmium exposure. The monthly average cadmium exposure of residents in Guangxi was 30.62 μg/kg BW, accounted for 122.48% of PTMI. **Conclusion** The average dietary cadmium exposure was higher than PTMI and should be paid more attention to. Rice is the main grain in southern China and has high contribution to dietary cadmium exposure of residents. It is necessary to strengthen the research on cadmium pollution of rice from farm to plate and control the source of pollution.

Key words: Risk assessment; cadmium; food contaminant; dietary exposure

镉是一种重金属污染物,广泛存在于环境中,低剂量长期摄入可对肾脏、骨骼等器官产生慢性损害,并可引起肺癌等多个脏器的肿瘤。据报道,长

期饮用水中镉含量超过0.2 mg/L时,就可引起“痛痛病”^[1]。1993年国际癌症研究机构(International Agency for Research on Cancer, IARC)根据镉对人和动物的致癌性资料,将其归为确定的人类致癌物(I类)^[2]。除职业人群和吸烟者外,膳食是人群镉暴露的主要来源^[3],2010年食品添加剂联合专家委员会(Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, JECFA)将镉的暂定每月可耐受摄入量(provisional tolerable monthly intake, PTMI)定为25 μg/kg BW。本研究通过历年来广西对镉污染的监

收稿日期:2020-11-13

基金项目:广西医疗卫生适宜技术开发与推广应用项目(S2017068);广西壮族自治区卫生健康委员会科研课题(Z2019191)

作者简介:蒋玉艳 女 主任医师 研究方向为食品安全风险监测与评估 E-mail:jiangy1017@163.com

通信作者:赵鹏 男 主任医师 研究方向为食品毒理 E-mail:839152815@qq.com

测,结合居民食物消费数据,对广西居民主要膳食中镉的摄入水平及健康风险进行评估,为更好地指导居民膳食提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 食品中镉含量数据

各类食品中镉含量数据来源于2013—2018年广西各地食品污染物风险监测的结果,主要包括谷物及其制品、蔬菜及其制品、水果及其制品、水产动物及其制品、肉与肉制品、食用菌、坚果及籽类、蛋与蛋制品、乳及其制品等39类食品,共计25 271份样品的镉含量,反应了广西各地区居民消费的主要食品类别的镉含量,结果具有较好的代表性。

1.1.2 居民食物消费量数据

食物消费量数据均来自2012年广西居民营养与健康状况调查,食物消费量数据采用3 d 24 h膳食回顾法收集,共调查6岁及以上人群2 357人。根据人群能量摄入、膳食消费模式及镉的危害特征,将人群分为以下10个性别-年龄组:6~17岁(男、女)、18~34岁(男、女)、35~44岁(男、女)、45~59岁(男、女)、≥60岁(男、女)。

1.2 方法

1.2.1 食品中镉含量检测方法

食品中镉含量检测按照GB 5009.15—2014《食品安全国家标准 食品中镉的测定》^[4]中的石墨炉原子吸收光谱法统一进行,方法的检出限(LOD)为0.001 mg/kg,但实际检测中,各实验室间及不同食物类型的LOD存在一定的差异,各类数据的实际LOD范围为0.000 02~0.02,符合评估需求。按GB 2762—2017《食品安全国家标准 食品中污染物限量》^[5]进行食品中镉超标情况的判定。

1.2.2 暴露评估方法

采用简单分布模型,计算每个个体每月每公斤体质量镉的摄入量,计算公式为:

$$Exp = \sum_{i=1}^n \frac{(F_i \times C_i)}{W} \times 30$$

其中:Exp为某个体每月每公斤体质量镉的摄入量,μg/kg BW;F_i为某个体第i种食物的消费量,g/d;C_i为第i种食物中镉含量均数,mg/kg;W为某个体的体质量,kg;30为平均每月天数。

在得到个体通过各类食物镉摄入量的基础上,可获得2 357名被调查者镉暴露量的频数分布,并可计算全人群及不同性别-年龄组人群镉摄入量的平均值和高食物量消费人群(P95)的摄入量(包含95%的值)。由于在计算个体通过某一种食物的镉

摄入量时,所有个体之间除了食物消费量不同外,镉含量数据均采用该种食物中镉含量均值,因此,本评估中镉摄入量的P95反映了高食物量消费人群的镉摄入量。

1.2.3 数据处理与统计学分析

根据世界卫生组织(WHO)全球环境监测系统/食品污染监测与评估规划(GEMS/FOOD)第二次会议上提出的“食品中低水平污染物可信评价”原则^[6],由于本研究总的检出率为67.37%,因此本研究对未检出的数据均赋予1/2 LOD值进行统计计算。用SPSS 22.0软件进行数据的统计分析。

2 结果

2.1 各类食品中镉含量检测结果

在检测的25 271份食品样品中,各类食品中镉平均值为0.086 mg/kg,中位数为0.012 mg/kg,最高达20.000 mg/kg,总检出率为67.37%(17 025/25 271),总超标率为5.68%(1 435/25 271)。其中藻类(干)食品中镉含量最高,平均值和中位数分别为0.769、0.190 mg/kg,超标率为49.35%(38/77);蟹、软体动物、香菇、茶叶、肾脏等食品中镉含量也较高。粮谷类食品中稻谷镉含量最高,平均值为0.181 mg/kg,超标率为28.03%(74/264);其次是大米,平均值为0.121 mg/kg,超标率为13.56%(902/6 654)。详见表1。

2.2 不同性别-年龄组人群膳食镉摄入量及分布

采用广西各类食品中镉平均含量和相应食物的个体消费量数据,进行不同性别-年龄组人群膳食镉摄入量估计。结果表明,全人群的膳食镉平均摄入量为30.62 μg/kg BW,为PTMI的122.48%,以6~17岁年龄组人群的镉摄入量最高,超PTMI个体比例最大。各年龄组中男性和女性膳食中镉暴露量基本相当,均超过PTMI。全人群中高食物量消费人群(P95)的镉摄入量为59.57 μg/kg BW,是PTMI的2.38倍,各性别-年龄组人群P95的镉摄入量范围为48.51~98.58 μg/kg BW,是PTMI的1.94~3.94倍。因此,全人群及各性别-年龄组人群镉摄入量均明显超过PTMI,具体结果见表2。

2.3 各类食物膳食中镉暴露量及食物贡献率

根据全人群不同食物的平均消费量和相应食物镉的平均含量,计算获得各类食物对全人群膳食中镉的暴露量(表3)及贡献率。结果表明,大米的贡献率远高于其他食物,占总膳食暴露量的52.57%,是居民膳食中镉的主要来源;其次为叶菜类蔬菜、软体动物、茄瓜类蔬菜,分别占总膳食暴露量的12.41%、10.32%、8.76%,其余食品的贡献率均低于5%。

表 1 各类食品的镉含量
Table 1 Cadmium content in foods

食物类别	总样品份数	检出份数	检出率/%	超标份数	超标率/%	镉含量/(mg/kg)					
						均数	P50	P90	P95	P97.5	最大值
大米	6 654	6 474	97.29	902	13.56	0.121	0.068	0.268	0.400	0.575	3.573
稻谷	264	248	93.94	74	28.03	0.181	0.109	0.419	0.611	0.987	2.240
小麦粉	429	306	71.33	5	1.17	0.017	0.014	0.036	0.056	0.083	0.250
杂粮	826	435	52.66	13	1.57	0.013	0.005	0.029	0.047	0.078	0.670
薯芋类	560	383	68.39	24	4.29	0.024	0.010	0.069	0.097	0.130	0.380
花生坚果	292	161	55.14	3	1.03	0.066	0.009	0.243	0.364	0.469	0.870
焙烤食品	122	62	50.82	—	—	0.013	0.005	0.032	0.048	0.071	0.274
米粉	97	66	68.04	—	—	0.033	0.019	0.091	0.141	0.167	0.198
面条	273	209	76.56	—	—	0.013	0.010	0.025	0.031	0.037	0.149
干豆类	262	182	69.47	33	12.60	0.091	0.018	0.267	0.476	0.746	2.240
畜肉	141	78	55.32	0	0.00	0.011	0.004	0.030	0.048	0.056	0.090
禽肉	126	69	54.76	3	2.38	0.014	0.003	0.027	0.043	0.156	0.450
肝脏	114	90	78.95	1	0.88	0.079	0.038	0.300	0.311	0.400	0.952
肾脏	113	101	89.38	4	3.54	0.332	0.086	0.400	0.715	3.865	11.600
淡水虾	134	70	52.24	0	0.00	0.026	0.005	0.067	0.179	0.234	0.419
淡水蟹	105	74	70.48	12	11.43	0.186	0.011	0.596	1.170	1.718	3.330
海水虾	438	293	66.89	14	3.20	0.076	0.007	0.089	0.241	0.691	3.530
海水蟹	459	409	89.11	56	12.20	0.616	0.046	0.587	2.200	9.750	18.500
软体动物	706	604	85.55	37	5.24	0.367	0.073	1.241	2.093	2.696	6.670
淡水鱼	1 261	532	42.19	10	0.79	0.013	0.003	0.031	0.052	0.090	2.800
海水鱼	748	420	56.15	12	1.60	0.037	0.004	0.031	0.054	0.080	13.700
叶菜类蔬菜	2 461	1743	70.82	29	1.18	0.028	0.012	0.061	0.096	0.140	1.950
豆类蔬菜	340	175	51.47	8	2.35	0.014	0.004	0.040	0.070	0.110	0.230
根茎类蔬菜	113	74	65.49	2	1.77	0.017	0.010	0.038	0.050	0.103	0.220
茄瓜类蔬菜	634	389	61.36	44	6.94	0.049	0.005	0.040	0.072	0.120	20.000
鳞茎类蔬菜	252	170	67.46	25	9.92	0.027	0.008	0.051	0.088	0.150	1.340
水生类蔬菜	173	103	59.54	12	6.94	0.019	0.007	0.041	0.069	0.153	0.293
食用菌	153	123	80.39	23	15.03	0.159	0.040	0.427	0.585	0.864	7.100
香菇及菌制品	50	44	88.00	12	24.00	0.352	0.185	1.029	1.534	1.658	1.680
藻类(干)	77	76	98.70	38	49.35	0.769	0.190	2.864	3.096	3.275	4.700
鲜蛋	68	36	52.94	2	2.94	0.011	0.005	0.020	0.040	0.131	0.246
再制蛋	53	26	49.06	—	—	0.005	0.001	0.012	0.021	0.067	0.091
水果	3 893	1 383	35.53	37	0.95	0.006	0.003	0.013	0.020	0.030	0.666
乳粉	166	67	40.36	—	—	0.011	0.004	0.032	0.053	0.081	0.140
液态乳	149	60	40.27	—	—	0.005	0.000	0.014	0.027	0.040	0.070
婴幼儿谷类辅食	774	382	49.35	—	—	0.015	0.005	0.040	0.071	0.100	0.490
婴幼儿配方乳粉	910	294	32.31	—	—	0.006	0.003	0.011	0.022	0.034	0.240
茶叶	818	587	71.76	—	—	0.336	0.026	0.241	0.778	4.979	14.500
酒类	63	27	42.86	—	—	0.003	0.001	0.016	0.016	0.017	0.017
合计	25 271	17 025	67.37	1 435	5.68	0.086	0.012	0.157	0.274	0.470	20.000

注:—表示无相应国家限量标准;坚果类食品参照花生的限量标准,藻类参考食用菌的限量标准

表 2 不同性别-年龄组人群膳食镉摄入量及分布

Table 2 Dietary cadmium intake and distribution in different sex-age groups

人群分组	人数	膳食镉摄入量/($\mu\text{g}/\text{kg BW}$)					超 PTMI 个体数	超 PTMI 个体比例/%
		均数	P50	P90	P95	最大值		
6~17岁男	158	44.22	37.34	74.01	98.58	195.81	127	80.38
6~17岁女	126	39.71	33.81	67.18	80.18	193.54	98	77.78
18~34岁男	196	29.74	26.99	45.31	48.51	128.25	112	57.14
18~34岁女	229	28.66	24.85	42.35	53.31	239.40	113	49.34
35~44岁男	188	30.38	27.53	45.28	53.10	141.69	118	62.77
35~44岁女	212	29.63	26.49	43.94	50.90	321.21	121	57.08
45~59岁男	280	28.36	26.48	41.93	49.66	77.57	148	52.86
45~59岁女	332	28.62	25.64	43.50	50.49	120.91	172	51.81
≥ 60 岁男	282	28.27	25.17	43.22	53.94	347.28	146	51.77
≥ 60 岁女	354	29.36	26.10	44.10	56.25	217.68	191	53.95
合计	2 357	30.62	26.94	46.90	59.57	347.28	1 346	57.11

表3 不同食物膳食镉暴露量情况

Table 3 Cadmium exposure in different foods

食物类别	日均食物消费量/g	镉摄入量/($\mu\text{g}/\text{kg BW}$)	贡献率/%
大米	224.72	14.83	52.57
叶菜类蔬菜	229.40	3.50	12.41
软体动物	14.54	2.91	10.32
茄瓜类蔬菜	92.50	2.47	8.76
藻类(干)	1.48	0.62	2.20
畜肉	94.41	0.57	2.02
禽肉	53.22	0.41	1.45
干豆类	8.17	0.41	1.45
淡水鱼	53.77	0.38	1.35
米粉	21.59	0.39	1.38
水果	88.85	0.29	1.03
虾	4.38	0.18	0.64
豆类蔬菜	23.21	0.18	0.64
鳞茎类蔬菜	12.02	0.18	0.64
薯芋类	12.13	0.16	0.57
花生坚果	3.21	0.12	0.43
海水鱼	5.56	0.11	0.39
根茎类蔬菜	11.02	0.10	0.35
面条	13.71	0.10	0.35
鲜蛋	15.07	0.09	0.32
小麦粉	8.59	0.08	0.28
酒类	29.65	0.05	0.18
液态乳	15.56	0.04	0.14
杂粮	4.21	0.03	0.11
面包	2.21	0.02	0.07
再制蛋	0.25	0.00	0.00
合计	1 043.43	28.21	100.00

2.4 大米镉限量标准变化对广西居民镉摄入量的影响

本次评估的大米样品中有 13.56% 镉含量高于我国现行规定的限量标准 (0.2 mg/kg), 其中有 62.70% 的大米样品镉含量低于 0.1 mg/kg, 8.81% 的镉含量在 0.2~0.4 mg/kg, 5.00% 的镉污染水平超过国际食品法典委员会 (Codex Alimentarius Commission, CAC) 规定的限量标准 (0.4 mg/kg)。假设加强了对本次评估所用大米样品的监管力度, 将市场上所有镉含量超过 0.2 mg/kg 标准的大米从食物链中清除, 并假设被清除的镉超标大米所留下的市场空白由合格大米所取代, 那么大米镉含量、人群镉暴露量占 PTMI 百分比和超过 PTMI 个体比例将分别为 0.07 mg/kg、95.00% 和 31.23%, 与当前实际情况比较分别下降 41.67%、22.44% 和 45.32%。若将我国大米中镉限量标准上调到 0.4 mg/kg, 则剔除镉超标样品后大米镉含量均值为 0.09 mg/kg, 较当前镉含量 (0.12 mg/kg) 下降 25%; 摄入量为 26.47 $\mu\text{g}/\text{kg BW}$, 仍超过 PTMI (25 $\mu\text{g}/\text{kg BW}$); 人群镉暴露量占 PTMI 百分比和超过 PTMI 个体比例分别下降 13.55% 和 26.16%。如果将标准下调到 0.1 mg/kg, 虽然剔除镉超标样品后大米镉含量、人群镉暴露量占 PTMI 百分比和超过 PTMI 个体比例与 0.2 mg/kg 限量值相比有明显降低, 但大米镉超标率也明显增加 (由 13.56% 上升至 36.46%), 因此控制成本也将大幅度上升。见表 4。

表4 执行不同大米镉限量标准对广西居民镉暴露的影响

Table 4 Effect of implementing different rice cadmium limit standards on cadmium exposure of Guangxi residents

限量水平/(mg/kg)	超标样品/%	镉含量		镉摄入量			超过 PTMI 个体	
		平均值 (mg/kg)	相对于本底值的下降率/%	摄入量/($\mu\text{g}/\text{kg BW}$)	占 PTMI 百分比/%	占 PTMI 百分比的下降幅度/%	比例/%	下降幅度/%
0.1	36.46	0.04	66.67	19.95	79.80	34.85	17.52	69.32
0.2	13.56	0.07	41.67	23.75	95.00	22.44	31.23	45.32
0.3	8.36	0.08	33.33	25.11	100.44	17.99	37.21	34.85
0.4	4.97	0.09	25.00	26.47	105.88	13.55	42.17	26.16
本底值*	—	0.12	—	30.62	122.48	—	57.11	—

注: * 以本次评估所采用的实际污染水平数据为基础计算获得的大米镉含量、全人群镉摄入量 (及占 PTMI 的百分比) 和镉摄入量超过 PTMI 的个体占全人群比例作为本底值, 在不同限量水平下剔除超过该限量标准的数据, 剩余数据计算得到的相应结果与本底值比较, 分析镉污染水平、人群镉摄入量占 PTMI 百分比及超过 PTMI 个体比例的下降情况

综上所述, 执行 CAC 0.4 mg/kg 的限量标准对广西居民膳食中镉暴露水平的改善作用并不明显, 而严格执行 0.2 mg/kg 的限量标准, 人群镉摄入量占 PTMI 的百分比下降 20% 以上, 同时与 0.1 mg/kg 的限量标准相比又降低了监管成本。因此, 现阶段相比其他限量标准, 在广西严格执行 0.2 mg/kg 的限量标准是比较合适的。

3 讨论

广西为有色金属之乡, 农田土壤镉含量超标率一直居高不下^[7], 居民可通过环境中多种途径接触镉。研究证明, 无论是镉污染区还是非镉污染区, 居民镉摄入量仍以膳食暴露为主 (占 99% 以上), 大气和饮用水中镉暴露所占比例较小, 可忽略不计^[8]。因此评价居民镉的健康风险主要以膳食中

镉暴露量为准。

根据目前镉暴露量的计算方法,影响居民膳食中镉暴露量的重要因素是食物中镉含量和食物消费量。本次研究中蟹、软体动物、菌藻类、肾脏等食物中镉含量较高,这与广东省2012年研究结果基本一致^[9]。可能与镉在此类食物的生物富集和蓄积作用有关。但因居民对此类食物的消费量不高,其对居民膳食中镉的贡献率较低。大米作为广西居民重要的主食,其对膳食中镉暴露的贡献率远高于其他食物,占总膳食镉暴露量的52.57%,比北方地区如河南(15.09%)^[10]和吉林(9.92%)^[11]高,低于江西(81.68%)^[12],与相邻省份广东^[9]基本一致。2010年进行的第五次中国总膳食研究表明,全国平均膳食中镉暴露的主要食物来源为谷类,超过总摄入量的65%^[13]。说明本次研究结论与第五次总膳食研究基本一致,但大米对广西居民膳食中镉暴露的贡献率更高,控制谷类食品尤其是大米中的镉含量尤为关键。本研究显示,广西大米镉平均含量高于广东(0.077 5 mg/kg)^[9]、上海(0.071 mg/kg)^[14]和江西(0.095 mg/kg)^[15],与第五次总膳食研究中广西谷类食品镉的平均含量(0.101 mg/kg)^[13]比较略高,比全国谷类食品镉的平均含量(0.063 mg/kg)^[13]高。大米镉的超标率为13.56%,与覃志英等^[16]的报告中2002—2003年广西大米镉超标率为13.8%的结论基本一致,说明广西大米镉污染持续存在。

广西居民通过各种膳食镉平均摄入量为30.62 μg/kg BW,为PTMI的122.48%,全人群及各性别-年龄组人群镉摄入量均明显超过PTMI,接近60%的个体镉暴露量超过PTMI,大米和叶菜类蔬菜是影响居民膳食镉暴露水平的主要食物。说明镉暴露对广西居民健康风险较高,与国内相关省份^[9-12,14-15]研究结论不一致,可能存在镉的局部污染,应引起关注。若严格按现行标准控制大米中镉含量,那么人群镉暴露量占PTMI百分比和超过PTMI个体比例将分别下降22.44%和45.32%。因此,应加强对大米中镉从农田到餐桌的全环节监测和监管,严格控制超标样品流入市场,开展精准评估,及时掌握镉污染来源及对人群健康影响。

本次研究存在一些不确定性因素,评估所用的食品并未包括所有可能含镉的食品种类在内,因此从某种程度上可能低估了消费者膳食中镉的暴露

量。未考虑食物中镉经过加工及进入人体后的生物利用率情况。所用食物消费量数据来自2012年广西居民营养与健康状况调查,随着人们生活水平不断提高,饮食结构和饮食习惯发生一定变化,目前的食物消费模式和消费量与2012年相比存在的差别具有不确定性。由于本研究未对镉污染食品进行地区分析,镉污染区的暴露可能会影响居民总体暴露的结果,下一步将开展更精确的暴露评估,以明确局部镉污染的影响。

参考文献

- [1] 孙福金. 重金属“镉”对动植物、人体的危害及应对措施[J]. 现代农业, 2012(5): 162-163.
- [2] IARC. Beryllium, cadmium, mercury and exposures in the glass manufacturing industry [M/OL]. Lyon, France: IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans, 1993 [2020-01-01]. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol58/volume58.pdf>.
- [3] 丁鸿, 杨杏芬. 环境镉危害早期健康效应风险评估的研究进展[J]. 国外医学:卫生学分册, 2007, 34(5): 279-282.
- [4] 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 食品中镉的测定: GB 5009.15—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [5] 中华人民共和国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 食品中污染物限量: GB 2762—2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [6] 王绪卿, 吴永宁, 陈君石. 食品污染监测低水平数据处理问题[J]. 中国预防医学杂志, 2002, 36(4): 278-279.
- [7] 黎勇, 钟格梅, 黄江平, 等. 2011—2013年广西农田土壤镉含量调查[J]. 环境卫生学杂志, 2014, 4(6): 544-547.
- [8] 黄林, 钟格梅, 蒋慧, 等. 广西环境镉污染地区人群健康影响评估[J]. 应用预防医学, 2017, 23(3): 181-186.
- [9] 王桂安, 梁春穗, 黄琼, 等. 广东省居民主要膳食镉暴露风险的初步评估[J]. 中国食品卫生杂志, 2012, 24(4): 353-357.
- [10] 李杉, 杨丽, 袁蒲, 等. 河南省居民膳食中铅、镉暴露水平评估[J]. 中国健康教育, 2016, 32(9): 791-794.
- [11] 刘思洁, 白光大, 王慧, 等. 吉林省居民主要膳食镉暴露风险评估[J]. 现代预防医学, 2018, 45(17): 45-47, 51.
- [12] 曾立爱, 刘成伟, 周鸿, 等. 2016年江西省成人主要膳食中镉暴露水平评估[J]. 卫生研究, 2020, 49(5): 143-146.
- [13] 吴永宁, 赵云峰, 李敬光. 第五次中国总膳食研究[M]. 北京: 科学出版社, 2018.
- [14] 刘弘, 吴春峰, 陆屹, 等. 上海市居民膳食中铅镉暴露水平评估[J]. 中国食品卫生杂志, 2011, 23(3): 218-223.
- [15] 王艳敏, 周鸿, 游兴勇, 等. 江西省居民主要膳食镉暴露风险的初步评估[J]. 现代预防医学, 2018, 45(21): 3887-3890.
- [16] 覃志英, 唐振柱, 吴祖军, 等. 广西主要农产品铅、镉污染状况分析[J]. 中国公共卫生, 2006, 22(10): 1261.