

风险评估

河南省居民膳食中铜摄入量及其风险评估

付鹏钰,叶冰,韩涵,李杉,杨丽,周昇昇,张书芳
(河南省疾病预防控制中心,河南郑州 450016)

摘要:目的 了解河南省居民膳食中铜含量水平,评估河南省居民通过膳食摄入铜的情况及其潜在的健康风险。方法 利用2014—2021年河南省各类食品中铜含量数据和2012年河南省居民食物消费状况监测数据,采用简单分布模型(半概率评估)法计算河南省居民膳食中铜的摄入量,并进行健康风险评估。结果 全人群膳食中铜的平均摄入量为1.75 mg/d,高食物消费人群(P97.5)摄入量为3.51 mg/d。全人群共有0.21%的人群通过膳食摄入铜的量小于估计平均需要量(EAR),1.16%的人群通过膳食摄入铜的量介于EAR和推荐营养素摄入量(RNI)之间,98.10%的人群通过膳食摄入铜的量介于RNI和可耐受最高摄入量(UL)之间,仅有0.53%的人群膳食中铜的摄入量超过UL。对膳食中铜的摄入贡献率较高的食物包括谷类(24.51%~40.50%)、蔬菜(15.88%~30.98%)、水果(4.14%~7.72%)、饮用水(4.70%~6.91%)。结论 河南省居民膳食中铜的平均摄入量整体处于适宜水平,对人群健康造成的风险较小,处于可接受水平。2~3岁组铜摄入量小于EAR和超过UL的比例相对较高,存在一定的健康风险,应重点关注。

关键词:膳食;铜;摄入;风险评估;河南省

中图分类号:R155

文献标识码:A

文章编号:1004-8456(2023)06-0878-06

DOI:10.13590/j.cjfh.2023.06.013

Risk assessment of food copper content in He'nan population

FU Pengyu, YE Bing, HAN Han, LI Shan, YANG Li, ZHOU Shengsheng, ZHANG Shufang
(He'nan Center for Disease Control and Prevention, He'nan Zhengzhou 450016, China)

Abstract: Objective To investigate the content of copper in food in He'nan Province, and to evaluate the dietary intake of copper from food and its potential health risks in He'nan population. **Methods** Based on the data of copper in foods in He'nan Province in 2014—2021 and the data of Chinese food consumption surveillance in 2012, the dietary intake of copper in He'nan population was evaluated by simple distribution model method. **Results** The mean and high level (P97.5) daily intake of copper from food by the total survey population were 1.75 mg/d, and 3.51 mg/d, respectively. Of the total survey population, the percentage of people with a dietary intake of copper < estimated average requirement (EAR), EAR - recommended nutrient intake (RNI), RNI - tolerable upper intake level (UL), ≥ UL were 0.21%, 1.16%, 98.10%, and 0.53%, respectively. Cereal (24.51%-40.50%), vegetables (15.88%-30.98%), fruits (4.14%-7.72%), and drinking water (4.70%-6.91%) were the main sources of the dietary intake of copper. **Conclusion** The copper intake from food in He'nan population was generally acceptable, and its health risk was small. The proportions of children in 2-3 years old group with an intake of copper less than EAR and exceeding UL were comparatively high, which need to be concerned.

Key words: Food; copper; intake; risk assessment; He'nan Province

铜对人体健康具有双重作用,铜是机体必需的矿物质元素,机体缺铜可引起缺铜性贫血、心血管和中枢神经受损、结缔组织机能和骨骼健康受到影

响、Menkes病等,但过量铜可引起急、慢性中毒,严重者可出现黄疸、溶血性贫血、血尿、尿毒症甚至死亡^[1-4]。人体通过接触和空气吸入铜的量很少,主要通过食物和饮水获取铜^[5-6],贝类、动物肝肾、坚果类、谷类胚芽、豆类等食物中铜含量较高^[7]。借鉴国外资料并结合我国实际情况,我国确定成人铜的可耐受最高摄入量(Tolerable upper intake level, UL)为8 mg/d,儿童和青少年UL参照与成年人的平均体质量比值得出(2.0~7.0 mg/d)^[6]。近年来,关于铜

收稿日期:2022-09-09

基金项目:河南省医学科技攻关计划项目(2018020523)

作者简介:付鹏钰 男 副主任医师 研究方向为营养与食品安全 E-mail:13674960595@126.com

通信作者:张书芳 男 主任医师 研究方向为营养与食品安全 E-mail:13592610127@163.com

与人体健康、铜相关疾病方面的研究较少^[6],且目前国内仍然缺少铜需要量的相关研究数据,同时鉴于含铜化合物作为饲料可能在养殖业中滥用,进而影响食品安全、甚至危害食用者的健康,而且可造成环境污染问题^[8],以及近年来营养素补充剂在敏感人群中的应用日益广泛,可能存在部分人群过量摄入铜,对机体健康造成危害。本研究结合河南省各类食物中铜含量数据和食物消费量数据,对居民食物中铜摄入量及其潜在的健康风险进行评估,为铜需要量的相关研究提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 数据收集

各类食品中铜含量数据来自2014—2021年河南省食品安全风险监测,涵盖河南省各地市的监测样本。样本包括茶叶、蛋类及其制品、豆类、谷物及其制品、坚果及籽类、酒类、肉及肉制品、乳及乳制品、食用菌及其制品、蔬菜及其制品、水产动物及其制品、水果及其制品、包装饮用水13大类,共计2 651条数据,所有数据均经过审核。食物消费量数据来自2012年河南省居民营养与健康状况监测,通过多阶段分层整群随机抽样,开展2岁以上人群(2~3、4~6、7~10、11~13、14~17、≥18岁)连续3 d 24 h膳食消费调查,共调查3 792人。

1.2 方法

1.2.1 检测方法

采用《2014国家食品污染和有害因素风险监测工作手册》^[9]中《食品中铜测定的原子吸收光谱法标准操作程序》(方法检出限:0.1 mg/kg)或《食品中铅、镉、砷、镍、铬、铜、汞测定的电感耦合等离子体质谱分析方法标准操作程序》(方法检出限:0.013 mg/kg)开展检测。严格按照监测方案、质量控制手册、检测工作手册等要求,加强数据的质量控制,对采样、送检、检测等各个环节的技术人员进行了统一培训,规范了各项操作行为,检测机构具备国家检验检测机构资质认定(CMA)资格。

1.2.2 未检出数据处理

2 651条检测数据中,438条低于检出限(Limit of detection, LOD),未检出样品占16.52%。根据WHO全球环境监测系统/食品污染监测与评估规划(GEMS/FOOD)第2次会议对污染物数据的处理原则^[10],用1/2LOD值替代低于LOD的铜检测值。

1.2.3 评估方法

采用简单分布模型(半概率评估)法,计算个体的每日铜摄入量。铜摄入量公式为:

$$DI = \sum_{i=1}^n \frac{F_i \times C_i}{100} + \frac{R_w \times C_w}{100}$$

DI为某个体每日铜的摄入量(mg/d), F_i 为某个体第*i*种食物的消费量(g/d), C_i 为第*i*种食物的铜含量(mg/100 g), R_w 为该个体所处年龄组的饮用水推荐量(mL), C_w 为饮用水中铜的浓度(mg/100 mL)。

参考《中国居民膳食营养素参考摄入量(2013版)》^[6],设定各年龄段人群每日饮水量:4~6岁为800 mL,7~10岁为1 000 mL,11~13岁为1 300 mL(男)、1 000 mL(女);14~17岁为1 400 mL(男)、1 200 mL(女);≥18岁为1 700 mL(男)、1 500 mL(女)。

食物中的铜含量,优先使用食品安全风险监测数据,未能覆盖的食物种类则采用《中国食物成分表》^[11-12]的铜含量数据。

在计算全人群铜摄入量的基础上,分别计算各年龄组的平均摄入量和百分位点值,用摄入量的第97.5百分位数值($P_{97.5}$)代表高食物消费人群的铜摄入量。

1.2.4 推荐营养素摄入量

目前我国和世界各国的铜膳食每日推荐营养素摄入量(Recommended nutrient intake, RNI)是根据估计平均需要量(Estimated average requirement, EAR)推算得出,是综合各个铜平衡的人体实验(采用血清铜、血浆铜蓝蛋白、红细胞超氧化物歧化酶等成组指标)得出,各国和国际组织的正常成年人的推荐值在0.8~1.0 mg/d之间。我国居民各年龄组膳食铜参考摄入量如表1所示^[6]。

表1 中国居民膳食铜参考摄入量(mg/d)

Table 1 Dietary reference intakes of copper in Chinese population (mg/d)

人群	EAR	RNI	UL
0~0.4岁	—	0.3(AI)	—
0.5~0.9岁	—	0.3(AI)	—
1~3岁	0.25	0.3	2.0
4~6岁	0.30	0.4	3.0
7~10岁	0.40	0.5	4.0
11~13岁	0.55	0.7	6.0
14~17岁	0.60	0.8	7.0
≥18岁	0.60	0.8	8.0
孕妇	0.70	0.9	8.0
乳母	1.10	1.4	8.0

注:EAR:估计平均需要量;RNI:推荐营养素摄入量;AI:适宜摄入量

1.3 统计学分析

用Excel 2019软件进行数据整理,用SPSS 19.0软件进行统计分析,各类食品中铜含量、食物消费量和各年龄组膳食铜摄入量以均值、分位数描述。

2 结果

2.1 各种食物中的铜含量

食品安全风险监测数据显示,各种食物中铜的平均含量为 0.448 mg/100 g,范围为低于检出限

(ND)~24.1 mg/100 g。平均含量较高的食品分别为肉及肉制品(1.04 mg/100 g)、茶叶(1.01 mg/100 g)、坚果及籽类(0.991 mg/100 g)。平均含量最低的为包装饮用水(0.008 00 mg/100 g)。详见表 2。

表2 不同食品中的铜含量(mg/100 g)

Table 2 Mean concentration of copper in different foods (mg/100 g)

食物种类	样品份数	均值	P50	P95	P97.5	最大值	数据来源
肉及肉制品	561	1.04	0.141	5.86	11.3	24.1	
肝脏	190	2.67	0.786	12.5	18.2	24.1	
肾脏	90	0.610	0.409	1.42	1.86	10.5	
鸭肉	21	0.125	0.130	0.253	0.277	0.277	
羊肉	25	0.110	0.090 0	0.250	0.280	0.280	
猪肉	135	0.077 3	0.058 5	0.196	0.210	0.347	
其他畜禽肉及其制品	20	0.076 9	0.052 7	0.280	0.330	0.330	
牛肉	27	0.066 8	0.050 0	0.150	0.170	0.170	
鸡肉	53	0.053	0.050 0	0.111	0.126	0.150	
茶叶	144	1.01	0.987	1.75	1.98	2.16	
坚果及籽类	78	0.991	0.895	2.20	2.40	2.62	食品安全风险监测
豆类	90	0.749	0.761	1.89	2.05	2.28	
谷物及其制品	690	0.243	0.220	0.480	0.616	0.930	
水果及其制品	174	0.175	0.184	0.329	0.359	0.410	
水产动物及其制品	194	0.171	0.050 1	0.761	0.878	2.02	
蔬菜及其制品	383	0.153	0.094 5	0.505	0.742	3.89	
食用菌及其制品	11	0.127	0.019 5	0.540	0.540	0.540	
蛋类及其制品	137	0.104	0.050	0.482	0.663	2.38	
乳及乳制品	110	0.076	0.028 5	0.273	0.819	1.08	
酒类	20	0.009 00	0.007 35	0.024 1	0.026 8	0.026 8	
包装饮用水	59	0.008 00	0.000 300	0.050 0	0.050 0	0.050 0	
总计	2 651	0.448	0.160	1.32	2.05	24.1	
糕点	35	0.083 3	0.070 0	0.240	0.310	0.310	
植物油	10	0.107	0.100	0.230	0.230	0.230	
动物油	3	0.040 0	0.050 0	0.060 0	0.060 0	0.060 0	
冷饮/饮料	48	0.382	0.075 0	1.71	2.07	2.08	
酱类	22	0.311	0.270	0.970	1.04	1.04	《中国食物成分表》
糖和淀粉	31	0.203	0.110	1.06	1.28	1.28	
盐	3	0.240	0.200	0.380	0.380	0.380	
酱油	10	0.054 0	0.060 0	0.080 0	0.080 0	0.080 0	
味精	1	0.120	0.120	0.120	0.120	0.120	

2.2 各类食物消费量

对 3 792 人调查结果显示,居民各类食物每日平均消费量为 802 g/d,高食物消费人群(P97.5)消费量为 1 527 g/d。其中面粉及其制品平均每日消费量最高,达 283 g/d,其次为蔬菜(205 g/d)和肉类

(47.4 g/d),动物油平均消费量最低,为 0.060 0 g/d。详见表 3。

2.3 各年龄组人群膳食中铜摄入量

全人群膳食中铜平均摄入量为 1.75 mg/d, P97.5 为 3.51 mg/d,其中 2~3 岁年龄组每天膳食

表3 河南省居民各类食物消费量的分布情况(g/d)

Table 3 Daily intake of food in He'nan population (g/d)

食物种类	均值	P50	P95	P97.5	食物种类	均值	P50	P95	P97.5
面粉及其制品	283	268	517	580	糖和淀粉	8.21	0	40.0	56.3
蔬菜	205	183	442	504	豆制品	7.89	0	34.3	57.7
肉类	47.4	32.2	154	207	其他食物	7.60	2.70	29.5	45.5
大米及其制品	36.8	20.1	130	162	鱼虾类	4.13	0	33.3	50.0
糕点	33.4	0	192	283	冷饮/饮料	3.77	0	0	0
薯类	32.2	6.27	125	160	干豆类	2.30	0	13.3	26.9
植物油	29.5	23.8	72.8	92.0	坚果	2.05	0	15.3	26.7
蛋类	27.1	18.4	88.0	106	酱类	1.57	0	8.00	11.7
水果	21.1	0	108	199	味精	1.07	0.200	4.30	5.80
其他谷类	20.8	0	92.0	133	鸡精	1.04	0	4.50	6.62
乳及乳制品	17.6	0	122	200	酱油	0.110	0	0	0
盐	9.11	7.80	21.6	28.0	动物油	0.060 0	0	0	0

中铜平均、P97.5 摄入水平均最高,分别占 UL 的 54.57%、121.54%,≥18 岁年龄组每天膳食中铜平

均、P97.5 摄入水平均最低,分别占 UL 的 22.69%、43.88%。详见表 4。

表4 各人群膳食铜摄入量各百分位点值及其占 UL 的比例[mg/d(%)]

Table 4 Daily intake of copper from food in different age groups [mg/d(%)]

年龄组/岁	人数	均值	P50	P95	P97.5
2~3	83	1.09(54.57)	0.63(31.44)	1.68(84.13)	2.43(121.54)
4~6	136	1.03(34.46)	0.89(29.61)	2.00(66.73)	2.64(87.88)
7~10	194	1.44(35.98)	1.17(29.15)	2.82(70.39)	3.67(91.87)
11~13	76	1.63(27.16)	1.47(24.51)	2.59(43.19)	3.40(56.59)
14~17	64	1.89(27.02)	1.60(22.85)	3.91(55.93)	5.04(71.97)
≥18	3 239	1.82(22.69)	1.65(20.67)	3.03(37.89)	3.51(43.88)
合计	3 792	1.75	1.60	2.96	3.51

个体评估结果显示,全人群共有 0.21% 的人群通过膳食摄入铜的量小于 EAR,1.16% 的人群通过膳食摄入铜的量介于 EAR 和 RNI 之间,98.10% 的人群通过膳食摄入铜的量介于 RNI 和 UL 之间,仅有 0.53% 的人群膳食中铜摄入量超过 UL。不同年龄组绝大部分人群膳食铜摄入量均介于 RNI 和 UL 之间。详见表 5。

表5 各年龄组人群膳食铜摄入量在 DRI 各区间间的分布[n(%)]

Table 5 Distribution of daily intake of copper from food in DRI intervals [n(%)]

年龄组/岁	i<EAR	EAR≤i<RNI	RNI≤i<UL	i≥UL
2~3	1(1.20)	1(1.20)	78(93.98)	3(3.61)
4~6	1(0.74)	0(0.00)	133(97.79)	2(1.47)
7~10	0(0.00)	0(0.00)	191(98.45)	3(1.55)
11~13	0(0.00)	0(0.00)	75(98.68)	1(1.32)
14~17	0(0.00)	0(0.00)	63(98.44)	1(1.56)
≥18	6(0.19)	43(1.33)	3 180(98.18)	10(0.31)
合计	8(0.21)	44(1.16)	3 720(98.10)	20(0.53)

2.4 各类食物对膳食铜摄入的贡献率

从人群总体分析结果看,谷薯类是膳食中铜的最主要来源,平均贡献了总摄入量的 24.51%~40.50%;蔬菜次之,平均贡献 15.88%~30.98%;其他贡献率较高的分别为:水果 4.14%~7.72%,饮用水 4.70%~6.91%,肉类 2.12%~4.81%;酱类最少,占 0.05%~0.30%。不同年龄组的具体情况见表 6。

3 讨论

本研究对河南省居民通过膳食摄入的铜含量进行分析,并评估其潜在的健康风险,以往未见相关文献报道,本研究结果对于降低可能的健康风险、保障百姓身体健康具有一定的意义。

调查结果显示,河南省各类食物中铜平均含量较高的食物有肉及肉制品、茶叶、坚果及籽类、豆类,这与全国居民膳食中铜摄入水平及其风险评估结果^[13]相类似(坚果、种子类 1.02 mg/100 g,干豆类及其制品 0.80 mg/100 g,畜肉类及其制品 0.76 mg/

表6 各人群不同食物种类对膳食铜摄入的贡献率(%)

Table 6 Food contribution rate of dietary copper intake (%)

食物种类	2~3岁	4~6岁	7~10岁	11~13岁	14~17岁	≥18岁
谷薯类及其制品	24.51	38.09	36.96	39.13	38.97	40.50
面粉及其制品	18.27	27.90	28.64	29.22	27.42	30.46
大米及其制品	2.29	3.72	2.87	3.47	4.12	3.18
其他	3.95	6.47	5.45	6.43	7.42	6.86
蔬菜	15.88	23.33	25.26	30.10	28.36	30.98
水果	6.56	7.72	5.75	6.70	4.14	4.68
饮用水	4.70	6.11	5.48	5.80	5.42	6.91
肉及肉制品	2.12	3.07	3.40	4.81	3.81	3.07
乳及乳制品	3.36	2.15	3.10	1.34	1.14	0.66
冷饮/饮料	33.40	5.32	7.20	0.57	5.67	0.95
豆及豆制品	1.91	3.44	3.23	3.27	3.65	3.14
干豆类	1.33	1.32	1.02	0.62	1.09	0.98
豆制品	0.58	2.12	2.21	2.65	2.56	2.15
蛋类	2.65	3.08	2.06	1.84	1.54	1.53
调味品	1.49	2.24	2.40	2.34	1.51	2.30
糖	0.56	0.86	1.15	1.12	0.45	0.96
盐	0.88	1.32	1.18	1.15	0.99	1.26
酱油	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
味精	0.04	0.06	0.06	0.08	0.06	0.08
糕点	1.28	1.24	1.44	1.59	2.67	1.62
食用油	1.28	1.97	1.59	1.69	1.29	1.83
植物油	1.28	1.97	1.59	1.69	1.29	1.83
动物油	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
坚果	0.37	1.84	1.63	0.43	1.13	1.12
水产及其制品	0.44	0.34	0.42	0.28	0.35	0.41
酱类	0.05	0.06	0.09	0.13	0.35	0.30
合计	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

100 g),仅畜肉类及其制品中铜平均含量低于全国评估结果;与李宁等^[14]关于济南市主要食物(2008年)、傅晖蓉等^[15]关于泉州本地食物(2002年)的研究中铜含量结果相比,除谷物中铜含量较低外,肉类、蔬菜、水果等主要食品中铜含量水平较高,这可能与各地土壤中铜本底值有所不同,以及近年来土壤污染严重有关。河南省水产品及其制品中铜含量和国家监测结果类似,但和其他类别食物相比铜含量水平较低,其原因有待进一步深入研究。

河南省全人群膳食中铜平均摄入量为 1.75 mg/d,略低于全国(1.91 mg/d)^[13]和北京市

(1.8、1.9 mg/d)^[16-17]评估结果, P95(2.96 mg/d)摄入量低于全国评估结果(P95, 3.95 mg/d)^[13]。

评估结果表明,总体上河南省居民膳食中铜摄入量处于较安全水平,全人群摄入量小于RNI的人群仅占1.37%,其中0.21%的人群铜摄入量低于EAR,铜缺乏的风险较高;其余摄入量高于EAR、小于RNI的人群占1.16%,存在一定的铜摄入不足风险;另有0.53%的人群铜摄入量超过UL,提示此部分人群长期如此饮食,可能存在铜摄入过量的风险,值得引起重视。和全国(94.3%)^[13]、北京市(93.32%)^[16]、河北省(91.19%)^[18]评估结果相比,河南省居民铜摄入量处于RNI~UL之间的人员比例(98.10%)相对略高。

各年龄组分析结果显示,各年龄组人群膳食中铜摄入量整体处于适宜水平,铜缺乏和铜过量摄入同时存在,但在人群中所占的比例很低。各年龄组铜摄入量小于EAR的人群的比例,7~17岁组最低,为0;2~3岁组最高,为1.20%,此部分人群存在较高的铜摄入不足的风险;铜摄入量超过UL的人群比例,呈现随年龄增加逐渐降低的趋势,2~3岁组最高,为3.61%,提示此部分人群长期摄入此水平铜的情况下,存在一定的健康风险。和全国^[13]、河北省^[18]居民膳食中铜暴露风险评估结果类似。

食物贡献率分析结果显示,铜主要的膳食来源包括谷薯类及其制品、蔬菜、水果、饮用水等,其中各年龄组通过谷薯类及其制品、蔬菜摄入的铜占比较高,占铜摄入总量的40.39%~71.48%。铜含量较高的食物如牡蛎、肝、坚果/种子、豆类等,因其消费量较低,对膳食中铜的贡献率并不高。

本次评估存在一定的不确定性。首先,本次评估所用的食物消费量数据来自2012年数据,近年来随着经济的快速发展和外卖等行业的兴起,居民的食物消费模式发生了一定的变化,在食物消费量数据上给评估带来了一定的不确定性。其次,本次评估未考虑营养素补充剂对人群铜暴露的贡献情况,在一定程度上带来偏倚。再次,本研究中食物的铜含量数据虽然覆盖了绝大部分的食物类别,但仍未能包括所有食物种类,未能包括的食物中铜含量采用了《中国食物成分表》中的数据,可能会对评估带来一定的不确定性。另外,食品中铜含量数据来源于食品安全风险监测,食品消费量数据来源于居民营养与健康状况监测,两个监测系统对食品分类的定义不完全一致,造成同一食品分类所包含的具体食品可能不完全相同,从而造成数据匹配上的不确定性。

综上所述,河南省居民膳食中铜平均摄入量整

体处于适宜水平,对人群健康造成的风险较小,处于可接受水平,一般消费者无需额外补充铜。2~3岁组有1.20%的人群铜摄入量小于EAR,存在较高的铜摄入不足的风险,日常生活中建议经常摄入坚果、动物肝脏、谷类、肉类、鱼类等铜含量丰富的食物以降低铜摄入不足的风险;同时有3.61%的人群铜摄入量超过UL,存在一定的健康风险,应重点关注。

参考文献

- [1] 付鹏钰,韩涵,叶冰,等.微量元素铜对人体健康的影响[J].河南预防医学杂志,2021,32(12):888-892.
FU P Y, HAN H, YE B, et al. Effects of trace element copper on human health [J]. Henan Journal of Preventive Medicine, 2021, 32(12): 888-892.
- [2] 付鹏钰,李杉,杨丽,等.河南省居民肉及肉制品中铜摄入水平及其风险评估[J].中国食品卫生杂志,2018,30(4):441-444.
FU P Y, LI S, YANG L, et al. Risk assessment of copper intake from meat and meat product in Henan population [J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2018, 30(4): 441-444.
- [3] 宁蓬勃,郭抗抗,王晶钰,等.云南普洱茶铜含量现况研究[J].中国食品卫生杂志,2010,22(1):57-59.
NING P B, GUO K K, WANG J Y, et al. Study on copper contents of Pu'er tea in Yunnan Province [J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2010, 22(1): 57-59.
- [4] 唐咏梅,舒畅,宁鸿珍,等.学龄儿童锌、硒、铜、铁摄入水平对抗氧化能力的影响[J].现代预防医学,2011,38(13):2471-2472,2474.
TANG Y M, SHU C, NING H Z, et al. Effect of dietary Zn, Se, Cu, Fe levels on anti-oxidative capacity in school-age children [J]. Modern Preventive Medicine, 2011, 38(13): 2471-2472, 2474.
- [5] 郭云鹤,丁爱中,于艳新.乐安河流域城市人群铜膳食暴露及健康风险[J].生态环境学报,2017,26(7):1269-1274.
GUO Y H, DING A Z, YU Y X. Health risk assessment of urban population via dietary copper exposure in Le'an River Basin [J]. Ecology and Environmental Sciences, 2017, 26(7): 1269-1274.
- [6] 中国营养学会.中国居民膳食营养素参考摄入量(2013版)[M].北京:科学出版社,2014.
Chinese Nutrition Society. Chinese dietary Reference Intakes (2013)[M]. Beijing: Science Press, 2014.
- [7] 孙长颢.营养与食品卫生学[M].8版.北京:人民卫生出版社,2017.
SUN C H. Nutrition and food hygiene [M]. 8th ed. Beijing: People's Medical Publishing House, 2017.
- [8] 刘翠艳,左龙.铜对现代生猪养殖双刃剑之优和忧[J].家畜生态学报,2016,37(11):84-86.
LIU C Y, ZUO L. Advantage and disadvantage of copper in modern swine breeding [J]. Journal of Domestic Animal Ecology, 2016, 37(11): 84-86.
- [9] 杨大进,李宁.2014国家食品污染和有害因素风险监测工作手册[M].北京:中国质检出版社,2014.

- YANG D J, LI N. Manual for China National Food Contamination and Harmful Factors Risk Monitoring in 2014 [M]. Beijing: China Standards Press, 2014.
- [10] WHO. GEMS/Food-EURO second workshop on reliable evaluation of low-level contamination of food-report of a workshop in the frame of GEMS/Food-ERUO[A]. 1995.
- [11] 杨月欣. 中国食物成分表 2004-第二册[M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2005.
- YANG Y X. China Food Composition Tables 2004-Book 2[M]. Beijing: Peking University Medical Press, 2005.
- [12] 杨月欣, 王光亚, 潘兴昌. 中国食物成分表-第一册[M]. 2版 北京: 北京大学医学出版社, 2009.
- YANG Y X, WANG G Y, PAN X C. China Food Composition Tables-Book 2[M]. 2nd ed. Beijing: Peking University Medical Press, 2009.
- [13] 国家食品安全风险评估中心. 中国居民膳食铜摄入水平及其风险评估[EB/OL]. (2022-11-16) [2022-12-01]. <https://cfsa.net.cn/Article/News.aspx?id=724AB8D31280B5694CE9AA2252B3A484B990A1BC2FD2FFCF>.
- China National Center for Food Safety Risk Assessment. Risk assessment of food copper level in China population [EB/OL]. (2022-11-16) [2022-12-01]. <https://cfsa.net.cn/Article/News.aspx?id=724AB8D31280B5694CE9AA2252B3A484B990A1BC2FD2FFCF>.
- [14] 李宁, 赵慧娟. 济南市区蔬菜、水果、粮食和鲜肉中铜、锰、锌、硒含量调查[J]. 环境与健康杂志, 2011, 28(7): 613-615.
- LI N, ZHAO H J. Investigation of copper, Manganese, zinc and selenium contents in vegetables, fruits, grains and fresh meat in Jinan, Shandong[J]. Journal of Environment and Health, 2011, 28(7): 613-615.
- [15] 傅晖蓉, 赖晓虹, 陈玲, 等. 泉州市地产食物锌铜含量测定分析[J]. 现代预防医学, 2002, 29(2): 209-210.
- FU H R, LAI X H, CHEN L, et al. Determination and analysis of zinc and copper content in local food in Quanzhou city[J]. Modern Preventive Medicine, 2002, 29(2): 209-210.
- [16] 贾海先, 金庆中, 沙怡梅, 等. 北京市居民钙、铁、锌、硒、铜膳食摄入状况[J]. 首都公共卫生, 2022, 16(5): 267-270.
- JIA H X, JIN Q Z, SHA Y M, et al. Status of dietary calcium, iron, zinc, selenium and copper intake among Beijing residents [J]. Capital Journal of Public Health, 2022, 16(5): 267-270.
- [17] 魏军晓. 北京市售食品重金属含量特征与健康风险评估[D]. 北京: 中国地质大学, 2019.
- WEI J X. Assessment of human health risk based on characteristics of heavy metal contents in foods sold in Beijing, China [D]. Beijing: China University of Geosciences, 2019.
- [18] 罗晓燕, 田美娜, 刘长青, 等. 河北省居民膳食铜暴露风险评估[J]. 首都公共卫生, 2017, 11(4): 170-172.
- LUO X Y, TIAN M N, LIU C Q, et al. Risk assessment of dietary copper exposure in residents of Hebei Province [J]. Capital Journal of Public Health, 2017, 11(4): 170-172.