

山东省莲藕中重金属污染状况及健康风险评估

唐玉莹¹, 王保珍¹, 肖培瑞², 翟玉庭³, 王克波², 陈晨¹, 褚遵华²

1. 山东大学齐鲁医学院公共卫生学院卫生毒理与营养学系, 山东 济南 250012;

2. 山东省疾病预防控制中心食品与营养所; 3. 山东省招远市疾病预防控制中心慢病防治科

摘要:目的 了解山东省莲藕中重金属污染状况, 并对其进行健康风险评估。方法 在山东省 16 个地市采用分层随机抽样方法, 共采集市售莲藕样品 1 927 份。依据 GB 5009. 268—2016《食品安全国家标准 食品中多元素的测定》和 GB 5009. 17—2014《食品安全国家标准 食品中总汞及有机汞的测定》标准, 对莲藕中铅、镉、汞、砷的含量进行测定和分析。采用污染指数法评估莲藕中重金属污染状况, 采用目标危害系数法、总目标危害系数法定量评估莲藕中重金属对人体的健康风险。结果 山东省莲藕中 4 种重金属均有不同程度检出, 铅、镉、汞、砷含量平均值分别为 0. 017 4、0. 004 6、0. 001 8、0. 029 9 mg/kg, 本研究所采集的 1 927 份样品中共 42 份超标样品, 整体合格率为 97. 82%。莲藕中 4 种重金属的单因子污染指数及综合污染指数均低于 0. 7。成人及儿童四种重金属的 THQ 值、TTHQ 值均小于 1。结论

山东省莲藕中重金属污染水平较低, 居民经食用莲藕所暴露的重金属引起的健康风险处于可接受水平, 建议持续监测莲藕中重金属水平并评估其健康风险。

关键词: 莲藕; 重金属; 污染; 暴露; 健康风险评估

中图分类号: R155. 54 文献标志码: A 文章编号: 1003 - 8507(2024)02 - 245 - 06

DOI: 10. 20043/j. cnki. MPM. 202306447

Heavy metal pollution and health risk assessment of lotus root, Shandong

TANG Yu - ying*, WANG Bao - zhen*, XIAO Pei - rui, ZHAI Yu - ting, WANG Ke - bo, CHEN Chen, CHU Zun - hua

* Department of Nutrition and Food Hygiene, School of Public Health, Cheeelo College of Medicine,

Shandong University, Jinan, Shandong 250012, China

Abstract: Objective To investigate the status of heavy metal pollution in lotus root samples in Shandong Province and to assess the health risk. **Methods** A total of 1 927 lotus root samples were collected by stratified random sampling method in 16 cities of Shandong Province. According to GB 5009. 2682016 "Determination of Multi - elements in Food" and GB 5009. 172014 "Determination of Total Mercury and Organic Mercury in Food", the contents of lead, cadmium, mercury, and arsenic in lotus root were determined and analyzed. The pollution index method was used to assess the pollution status of heavy metals in lotus roots, and the target hazard coefficient method and total target hazard coefficient method were used to quantitatively assess the health risks of heavy metals in lotus root to human health. **Results** The four heavy metals in lotus root in Shandong Province were detected to varying degrees. The average values of lead, cadmium, mercury, and arsenic were 0. 017 4, 0. 004 6, 0. 001 8, and 0. 029 9 mg/kg, respectively. A total of 42 samples exceeding the standard were collected from 1 927 samples in this study, with an overall eligibility rate of 97. 82%. The pollution index and comprehensive pollution index of the four heavy metals in lotus root were all lower than 0. 7. The THQ and TTHQ values of the four heavy metals in adults and children were all less than 1. **Conclusion** The overall level of heavy metals in lotus roots in Shandong Province is relatively low. The health risks caused by heavy metals exposed by residents consuming lotus root are at an acceptable level, so it is suggested to continuously monitor the level of heavy metals in lotus root and evaluate its health risk.

Keywords: Lotus root; Heavy metals; Pollution; Exposure; Health risk assessment

随着科技水平的快速发展, 工、农业生产活动对农业相关土壤、水体等环境造成了不同程度的污

染^[1]。然而, 微生物的降解作用无法使沉积在土壤及水体中的重金属消除, 从而导致各种食物中重金属含量超标, 其便会通过食物链进入人体内, 进而对人类健康造成损害^[2]。重金属暴露主要对中枢神经系统^[3]、人体的肾脏、骨骼、儿童的生长发育^[4-5]及皮肤、心血管系统等^[6]造成损伤。

蔬菜是居民膳食中不可或缺的一部分, 中国居民

基金项目: 中国营养学会 - 百胜餐饮健康基金(CNS - YUM2020A18)

作者简介: 唐玉莹(1997 -), 女, 硕士在读, 研究方向: 营养与食品卫生学

通信作者: 褚遵华, E - mail: chuzunhua@163. com

膳食指南推荐居民每日蔬菜摄入量为 300 ~ 500 g^[7]。水生蔬菜由于其生长在易受重金属污染的池塘底泥中,且具有发达的维管束组织,使其比陆生蔬菜更容易受到重金属的污染^[8]。莲藕作为水生蔬菜的一种,已多项研究表明某些地区莲藕已经受到重金属的污染,刘玉玲等^[9]采集 16 批次莲藕样品,其中重金属均有不同程度的检出,其中镉含量最高。高培培等^[10]测定保定市莲藕中重金属含量发现样品中铅、镉、砷均有不同程度超标,其中铅超标率最高。近年来,山东省莲藕种植业发展较快,山东省居民食用的莲藕大多来源于本地,居民通过食用莲藕摄入的重金属对健康的影响需予以关注^[11]。

因此,本研究检测山东省 16 个地州市售莲藕中重金属铅、镉、汞、砷的浓度,并进行健康风险评估,以评价莲藕中重金属污染现状以及其对人体的健康风险,旨在为山东省居民安全食用莲藕及日后山东省莲藕中重金属监测工作提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 样品采集 采用分层随机抽样的方法,在山东省 16 个地市,每个地市按照地理位置东、西、南、北及区县个数选取 4 ~ 8 个区县,每个区县按东、西、南、北选取 4 个抽样单位(流通环节与种植环节按 3:1 抽样),每个抽样单位随机抽取 1 份样品。抽样环节包括流通环节和种植环节,流通环节中抽样单位涉及农贸市场和商店,种植环节中抽样单位为种植区域,每份样品至少采集 500 g。于 2016—2021 年,共采集市售散装莲藕合格样品 1 927 份。

1.1.2 主要试剂 硝酸(优级纯 德国 Merck 公司),砷、铅、镉元素标准液(1 000 mg/L 美国 Inorganic Ventures 公司),汞元素标准溶液(1 000 mg/L 中国计量科学院)。

1.1.3 主要仪器设备 Mars 6 微波消解仪(美国 CEM 公司);电感耦合等离子体质谱仪 iCAPRQ(美国 Thermo Fisher 公司);XS205 万分之一电子天平(瑞士 Mettler 公司);DMA - 80 测汞仪(德国 MILESTONE 公司)。

1.2 方法

1.2.1 样品前处理 将样品中可食用部分匀浆制样后密封保存。称取 0.5 g 试样置于微波消解罐中,加入 8 mL 硝酸,放置 1 h 后,按照微波消解仪的标准操作步骤进行消解,分三个阶段升温,温度分别为 120℃、150℃、190℃,每次升温时间为 5 min,恒温时间分别为 5 min、10 min、20 min。冷却后取出排气,将消解罐置于电热赶酸仪上 100℃ 赶酸 20 min,并将消

化液定容至 25.00 mL,混匀备用。

1.2.2 检测方法与质量控制 依据 GB 5009.268—2016《食品安全国家标准 食品中多元素的测定》^[12]采用电感耦合等离子体质谱法对样品中铅、镉、砷进行分析检测。依据 GB 5009.17—2014《食品安全国家标准食品中总汞及有机汞的测定》^[13]采用测汞仪直接测定莲藕中汞含量。本研究每个样品做 2 个平行试样,该方法的相对标准偏差均小于 10%,平均回收率均在 80 ~ 110% 范围内,以确保莲藕中重金属含量检测结果的精确度与准确度。当铅、镉、汞、砷含量低于检测限(Limit of Detection, LOD)时,定义为“未检出”,样品未检出率 > 60% 时,未检出数据用 LOD 替代,样品未检出率 ≤ 60% 时,将未检出数据用 1/2LOD 值替代^[14]。依据 GB 2762—2017《食品安全国家标准食品中污染物限量》^[15],当铅 > 0.1 mg/kg,镉 > 0.05 mg/kg,汞 > 0.01 mg/kg,砷 > 0.5 mg/kg 时,判定为“超标”。

1.2.3 重金属污染评价方法 本研究采用单因子污染指数法(P_i)和内梅罗综合污染指数法(P_c)评价莲藕中铅、镉、汞、砷的污染水平^[16]。 P_i 按公式(1)计算:

$$P_i = \frac{X_i}{S_i} \quad (1)$$

(1)式中, X_i 为重金属 i 的实测值,mg/kg; S_i 为重金属 i 的评价标准,mg/kg。

P_c 按公式(2)计算:

$$P_c = \sqrt{\frac{P_{max}^2 + P_{ave}^2}{2}} \quad (2)$$

(2)式中, P_{max} 为 4 种重金属 P_i 中的最大值; P_{ave} 为 4 种重金属 P_i 的平均值。 P_i 与 P_c 的评价标准见表 1。

表 1 污染指数分级

Table 1 Pollution index classification

等级	P 值	污染等级	污染水平
1	$P \leq 0.7$	安全	清洁
2	$0.7 < P \leq 1$	警戒级	尚清洁
3	$1 < P \leq 2$	轻污染	开始受到污染
4	$2 < P \leq 3$	中污染	受到中度污染
5	$P > 3$	重污染	污染已相当严重

1.2.4 健康风险评估方法 采用每日估计摄入量(Estimated Daily Intake, EDI)评估莲藕中重金属的暴露水平^[16],公式如下:

$$EDI = \frac{C \times IR}{BW} \quad (3)$$

采用目标危害系数(Target Hazard Quotient, THQ)、总目标危害系数(Total Target Hazard Quotient,

TTHQ) 分别评价单一重金属和多种重金属复合暴露对人体的健康风险^[17]。计算公式如下:

$$THQ = \frac{EF \times ED \times EDI}{RfD \times TA} \quad (4)$$

$$TTHQ = \sum THQ \quad (5)$$

(3)、(4)式中各参数取值见表 2。THQ 或 TTHQ >1 分别表示莲藕中重金属对人体健康具有潜在风险。

表 2 莲藕中重金属健康风险评估的参数取值

Table 2 Parameters of health risk assessment of heavy metals in lotus root

参数符号	参数名称	指标取值	参考文献
C	重金属含量/(mg/kg)	见表 3	/
IR	摄入率/(g/d)	98(儿童)、162(成人)	[18]
BW	人体平均体重/kg	32.7(儿童)、64.3(成人)	[10,19]
EF	暴露频率/(d/a)	365	[20]
ED	暴露年限/a	74.8	[20]
RfD	口服参考剂量/(mg·kg ⁻¹ ·d ⁻¹)	RfD(铅)=0.003 6 RfD(镉)=0.001 0 RfD(汞)=0.000 3 RfD(砷)=0.000 3	[17]
TA	平均暴露时间/d	27 302	[20]

1.3 统计学处理 采用 Excel 2019 对数据进行整理,用 SPSS 24.0 进行统计描述,采用 χ^2 检验对重金属超标率进行分析。检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 重金属污染现状 如表 3 所示,2016—2021 年山东省 1 927 份莲藕样品中铅、镉、汞、砷的检出率分

别为 40.69%、41.20%、28.13% 和 54.33%,总超标率为 2.18%,其中铅超标率最高,达到 1.61%。莲藕中铅、镉、汞、砷平均含量分别为 0.017 4、0.004 6、0.001 8、0.029 9 mg/kg,均低于国家限量标准。其中铅的检出最大值为 1.23 mg/kg,为国家标准限量值的 12.3 倍。

表 3 山东省莲藕样品重金属检测结果

Table 3 Heavy metal detection results of lotus root samples in Shandong Province

检测项目	检测数(份)	检出份数[n(%)]	超标份数[n(%)]	$\bar{x} \pm s$ (mg/kg)	M(mg/kg)	P ₉₅ (mg/kg)	检出值范围(mg/kg)
铅	1 927	784(40.69)	31(1.61)	0.017 4 ± 0.039 5	0.005 0	0.069 0	0.000 3 ~ 1.230 0
镉	1 927	794(41.20)	6(0.31)	0.004 6 ± 0.008 2	0.001 5	0.017 0	0.000 0 ~ 0.184 0
汞	1 927	542(28.13)	5(0.26)	0.001 8 ± 0.001 9	0.001 5	0.005 0	0.000 0 ~ 0.039 3
砷	1 927	1 047(54.33)	0(0.00)	0.029 9 ± 0.047 7	0.012 5	0.112 0	0.000 5 ~ 0.499 0
合计	1 927	-	42(2.18)	-	-	-	-

注:“-”表示无数据。

2.2 山东省 16 个地市莲藕重金属含量及超标率比较 如表 4 所示,各市莲藕重金属铅、镉、汞、砷含量比较,差异有统计学意义($P < 0.05$),其中泰安市铅、汞含量最高分别为 0.026 8、0.002 6 mg/kg,菏泽市镉含量最高为 0.007 7 mg/kg,滨州市砷含量最高为 0.055 2 mg/kg。

如表 5 所示,各市莲藕重金属铅、镉超标率比较,差异有统计学意义($P < 0.05$),其中铅超标最为普遍,济宁市铅超标率最高(5.8%),泰安市镉超标率最高(3.3%)。其他市虽有超标情况,但超标率不高。各市莲藕中汞和砷超标率比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。

表 4 2016—2021 年山东省各市莲藕样品重金属含量均值

Table 4 Average content of heavy metals in lotus root samples from various cities in Shandong Province from 2016 to 2021

流通环节/种植环节	检测数(份)	铅(mg/kg)	镉(mg/kg)	汞(mg/kg)	砷(mg/kg)
滨州市	113	0.015 3	0.004 3	0.001 5	0.055 2
德州市	67	0.010 4	0.001 7	0.001 5	0.033 2

(续表)

流通环节/种植环节	检测数 (份)	铅 (mg/kg)	镉 (mg/kg)	汞 (mg/kg)	砷 (mg/kg)
东营市	90	0.009 0	0.002 5	0.001 4	0.018 9
菏泽市	67	0.022 1	0.007 7	0.002 0	0.011 4
济南市	236	0.019 1	0.006 0	0.001 9	0.025 9
济宁市	120	0.022 8	0.004 5	0.001 2	0.040 5
聊城市	125	0.013 5	0.002 7	0.001 3	0.036 2
临沂市	120	0.004 3	0.001 1	0.002 1	0.003 0
青岛市	122	0.019 9	0.006 1	0.002 0	0.048 8
日照市	120	0.023 5	0.006 5	0.001 9	0.046 3
泰安市	120	0.026 8	0.002 8	0.002 6	0.032 1
威海市	117	0.024 7	0.006 1	0.002 2	0.012 4
潍坊市	180	0.017 5	0.005 9	0.001 7	0.015 9
烟台市	120	0.026 6	0.006 8	0.000 4	0.010 1
枣庄市	99	0.009 7	0.001 8	0.001 2	0.029 4
淄博市	111	0.007 1	0.002 7	0.001 9	0.026 0
合计	1 927	0.017 4	0.002 8	0.001 9	0.029 8
P 值		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

表 5 2016—2021 年山东省各市莲藕样品重金属超标情况

Table 5 Heavy metal exceeding standards in lotus root samples from various cities in Shandong Province from 2016 to 2021

流通环节/种植环节	检测数 (份)	铅超标数 [n(%)]	镉超标数 [n(%)]	汞超标数 [n(%)]	砷超标数 [n(%)]
滨州市	113	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
德州市	67	1(1.5)	0(0.0)	1(0.2)	0(0.0)
东营市	90	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
菏泽市	67	2(3.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
济南市	236	3(1.3)	1(0.4)	1(0.4)	0(0.0)
济宁市	120	7(5.8)	0(0.0)	1(0.8)	0(0.0)
聊城市	125	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
临沂市	120	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
青岛市	122	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
日照市	120	5(4.2)	0(0.0)	1(0.8)	0(0.0)
泰安市	120	6(5.0)	4(3.3)	1(0.8)	0(0.0)
威海市	117	3(2.6)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
潍坊市	180	1(0.6)	1(0.5)	0(0.0)	0(0.0)
烟台市	120	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
枣庄市	99	3(3.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
淄博市	111	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
合计	1 927	31(1.6)	6(0.3)	5(0.3)	0(0.0)
P 值		<0.001	<0.001	0.528	1

2.3 莲藕中重金属污染评价 如表 6 所示,2016—2021 年山东省莲藕四种重金属单因子污染指数中汞的 P_i 最高,为 0.18,其次为铅, P_i 为 0.17,综合污染指数小于 0.7,表明山东省莲藕处于清洁水平,安全等级。

表 6 山东省莲藕重金属污染指数

Table 6 Heavy metal pollution index of lotus root in Shandong Province

种类	单因子污染指数(P_i)mW				综合污染指数 (P_c)	污染等级
	铅	镉	汞	砷		
莲藕	0.17	0.01	0.18	0.06	0.15	安全

2.4 莲藕重金属健康风险评估 如表 7 所示,莲藕中铅、镉、汞、砷的每日估计摄入量均低于限量值,其

THQ、TTHQ 值均 <1。莲藕中四种重金属的 THQ 值表现为砷 > 汞 > 镉 > 铅,儿童单一重金属 THQ 值大于成人,说明儿童对于重金属更为敏感。莲藕中 4 种重金属对 TTHQ 的贡献率如图 1 所示,成人中铅、镉、汞、砷对 TTHQ 的贡献率分别为 2%、3%、11%、84%,儿童为 3%、3%、10%、84%。

3 讨论与结论

本研究分析了山东省 16 个地市 1 927 份市售莲藕中铅、镉、汞、砷四种重金属的含量特征并评估了其健康风险。研究表明,莲藕中重金属的总超标率为 2.18%,其中铅超标率最高,达到 1.61%。与其他省市莲藕的重金属检出率(100%)相比^[9],山东省莲

表 7 2016—2021 年山东省莲藕重金属对人体的健康风险

Table 7 Health risks of heavy metals in lotus root in Shandong Province from 2016 to 2021

金属类别	成人			儿童		
	EDI [mg/(kg·d)]	THQ	TTHQ	EDI [mg/(kg·d)]	THQ	TTHQ
铅	1.26×10^{-5}	0.003		1.50×10^{-5}	0.004	
镉	3.78×10^{-6}	0.004		4.50×10^{-6}	0.004	
汞	3.78×10^{-6}	0.013	0.125	4.50×10^{-6}	0.015	0.148
砷	3.15×10^{-5}	0.105		3.75×10^{-5}	0.125	

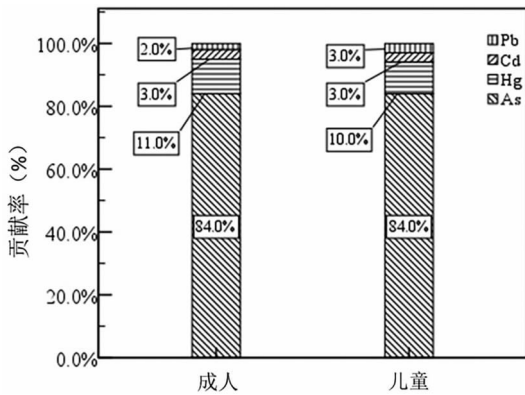


图 1 莲藕中 4 种重金属 TTHQ 的贡献率

Fig. 1 Contribution rate of four heavy metals TTHQ in lotus root

藕中重金属检出率较低。高培培等^[10]调查保定市莲藕重金属污染情况发现,莲藕中铅的超标率最高,高达 23.08%,与本研究结果一致,但山东省莲藕中铅的超标率仅为 1.61%,远低于其研究结果,这可能与山东当地土壤和水体铅污染较轻有关。

各市莲藕重金属超标情况分析发现,济宁市 120 份莲藕中铅超标有 7 份,铅超标率最高为 5.8%,泰安市 120 份莲藕中镉超标有 4 份,镉超标率最高为 3.3%,泰安市莲藕中铅和汞含量均高于其他地市。因此,对两市莲藕重金属污染情况应予以重视,加强监测。根据济宁市矿区周边农田土壤中重金属污染状况调查^[21],该地土壤重金属中铅含量最高为 31.52 mg/kg,高于省内其他市区,当地农田土壤重金属监测结果与本研究结果基本一致。两市莲藕中重金属超标率较高可能与当地的工业、农业生产活动相关,一方面,两市矿产资源丰富,另一方面,纺织、服装业以及皮革制造业等排放的工业“三废”的对当地农业相关环境造成了重金属污染。此外,农药、化肥及地膜的大量使用也导致农田土壤受到重金属污染,尤其是镉污染。

健康风险评估结果显示,成人及儿童四种重金属的 THQ、TTHQ 值均 <1,表明食用莲藕后这四种重金属对人体没有明显的健康风险。儿童浅色蔬菜的摄入量低于成人,但其 THQ 值均大于成人,这与刘玉玲等^[9]研究结果一致,这说明儿童对重金属污染更为敏感,应引起重视。因此,建议儿童减量食用莲藕或减

少莲藕的食用的频率以降低因食用莲藕所引起的健康风险。通过分析莲藕中重金属对 TTHQ 的贡献率发现,成人及儿童均为砷的贡献率最大,为 84%,说明相关部门应对莲藕中砷含量予以重视,虽然其未出现超标情况,但其检出率最高达 54.33% 且对 TTHQ 贡献率最大。

本研究存在的不足为用浅色蔬菜的消费量替代莲藕的消费量,高估了重金属的暴露量。本研究采用点评估评价莲藕中重金属暴露量且未区分不同年龄阶段人群通过摄入莲藕重金属暴露情况,这可能导致评估结果存在一定的不确定性。

综上所述,本研究结果表明山东省市售莲藕受到了铅、镉、汞、砷的不同程度污染,但目前处于较低的污染水平,通过食用莲藕暴露的重金属对人体产生的健康风险处于可接受水平,但对儿童的健康风险需引起重视,建议持续监测山东省莲藕中重金属污染水平。本研究为山东省莲藕中重金属的检测及预防和控制莲藕中重金属污染导致的健康损伤效应提供一定数据支持。

利益冲突声明 本研究不存在任何利益冲突

参考文献

- [1] 周巧巧,任勃,李有志,等. 中国河湖水体重金属污染趋势及来源解析[J]. 环境化学, 2020, 39(8): 2044-2054.
Zhou QQ, Ren B, Li YZ, et al. Trends and sources of dissolved heavy metal pollution in water of rivers and lakes in China [J]. Environmental Chemistry, 2020, 39(8): 2044-2054.
- [2] Wang Y, Tian C, Wang Z, et al. Health risk and temporal trend of dietary potentially toxic elements exposure in the residents of the Shenzhen metropolis, China, between 2005 and 2017: a risk assessment based on probabilistic estimation [J]. Environmental Geochemistry and Health, 2021, 43(1): 113-126.
- [3] Reuben A. Childhood Lead exposure and adult neurodegenerative disease [J]. Journal of Alzheimer's Disease: JAD, 2018, 64(1): 17-42.
- [4] Ametepey ST, Cobbina SJ, Akpabey FJ, et al. Health risk assessment and heavy metal contamination levels in vegetables from Tamale Metropolis, Ghana [J]. International Journal of Food Contamination, 2018, 5(1): 5.
- [5] Kumar S, Sharma A. Cadmium toxicity: effects on human reproduction and fertility [J]. Reviews on Environmental Health, 2019, 34(4): 327-338.

- 1068 - 1078.
- [18] Chan RJ, Gordon LG, Tan CJ, et al. Relationships between financial toxicity and symptom burden in cancer survivors: a systematic review[J]. *Journal of Pain and Symptom Management*, 2019, 57(3): 646 - 660. e1.
- [19] Sweet E. Debt - Related financial hardship and health[J]. *Health Education & Behavior: the Official Publication of the Society for Public Health Education*, 2021, 48(6): 885 - 891.
- [20] 杨丽宏, 刘丽娟. 希望水平在空巢老人家庭功能与生活质量间的中介作用研究[J]. *现代预防医学*, 2017, 44(24): 4454 - 4457.
- Yang LH, Liu LJ. Mediating effect of aspiration level on the relationship between family function and quality of life among empty nesters[J]. *Modern Preventive Medicine*, 2017, 44(24): 4454 - 4457.
- [21] 杨斯曼, 张曦, 周梦萍, 等. 全科医疗核心特征功能对糖尿病患者治疗依从性的影响研究[J]. *中国全科医学*, 2022, 25(1): 62 - 69.
- Yang SM, Zhang X, Zhou MP, et al. Effect of core values of general practice on adherence of patients with diabetes[J]. *Chinese General Practice*, 2022, 25(1): 62 - 69.
- [22] 夏昉, 刘金萍, 于露, 等. 脑卒中患者希望水平影响因素的结构方程模型分析[J]. *现代预防医学*, 2020, 47(21): 3859 - 3862.
- Xia F, Liu JP, Yu L, et al. Structural equation model analysis of the influence factors of the desired level in stroke patients[J]. *Modern Preventive Medicine*, 2020, 47(21): 3859 - 3862.
- 收稿日期: 2023-08-16
-
- (上接第 249 页)
- [6] Xue LL, Zhao ZJ, Zhang YF, et al. Dietary exposure to arsenic and human health risks in western Tibet[J]. *The Science of the Total Environment*, 2020, 731: 138840.
- [7] 杨晓光, 王晓黎. 中国居民膳食指南 2022 准则—食物多样, 合理搭配[J]. *中国食物与营养*, 2022, 28(8): 2.
- Yang XG, Wang XL. Chinese dietary guidelines for residents 2022 | guideline 1: diverse and reasonable food combination[J]. *Food and Nutrition in China*, 2022, 28(8): 2.
- [8] Nabi M. Heavy metals accumulation in aquatic macrophytes from an urban lake in Kashmir Himalaya, India [J]. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 2021, 16: 100509.
- [9] 刘玉玲. 莲藕中重金属含量的检测及健康风险评估[J]. *食品工程*, 2022, (3): 69 - 72.
- Liu YL. Detection and health risk assessment of heavy metals in Lotus root[J]. *Food Engineering*, 2022, (3): 69 - 72.
- [10] 高培培, 肖冰, 刘文菊, 等. 莲藕中重金属含量特征及其健康风险评估[J]. *环境化学*, 2020, 39(2): 362 - 370.
- Gao PP, Xiao B, Liu WJ, et al. Analysis and health risk assessment of heavy metal in lotus root [J]. *Environmental Chemistry*, 2020, 39(2): 362 - 370.
- [11] 王瑜, 吴修, 马加清, 等. 山东莲藕产业现状及发展趋势[J]. *中国蔬菜*, 2013, (3): 22 - 24.
- Wang Y, Wu X, Ma JQ, et al. Current situation and development trend of lotusroot industry in Shandong Province [J]. *China Vegetables*, 2013, (3): 22 - 24.
- [12] 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. GB 5009. 268 - 2016 食品安全国家标准 食品中多元素的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- The National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China, the China Food and Drug Administration. GB 5009. 268 - 2016 National food safety standard determination of multi - elements in food[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [13] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. GB 5009. 17 - 2014 食品安全国家标准 食品中总汞及有机汞的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- The National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China, the China Food and Drug Administration. GB 5009. 17 - 2014, National food safety standard - Determination of total mercury and organic mercury in foods [S]. Beijing: Standards Press of China, 2016.
- [14] 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]. *中华预防医学杂志*, 2002, (4): 63 - 64.
- Wang XQ, Wu YN, Chen JD. Low - level data processing of food pollution monitoring[J]. *Chinese Journal of Preventive Medicine*, 2002, (4): 63 - 64.
- [15] 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. GB 2762 - 2017 食品安全国家标准 食品中污染物限量[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- The National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China, the China Food and Drug Administration. GB 2762 - 2017 National food safety standard limits of contaminants in food[S]. Beijing: Standards Press of China, 2017.
- [16] 王蓉, 刘盼, 任兴权, 等. 酒泉戈壁设施蔬菜重金属含量的测定及健康风险评估[J]. *现代预防医学*, 2022, 49(14): 2646 - 2651.
- Wang R, Liu P, Ren XQ, et al. Determination of heavy metal content and health risk assessment of vegetables of Gobi facilities in Jiuquan[J]. *Modern Preventive Medicine*, 2022, 49(14): 2646 - 2651.
- [17] Wei JX, Cen K. Assessment of human health risk based on characteristics of potential toxic elements (PTEs) contents in foods sold in Beijing, China[J]. *The Science of the Total Environment*, 2020, 703: 134747.
- [18] 赵丽云, 何宇纳. 中国居民营养与健康状况监测报告(2010—2013)之一: 膳食与营养素摄入状况[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2018.
- Zhao LY, He YN. A Survey report on the nutrition and health status of Chinese residents (2010 - 2013): Diet and nutrient intake[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2018.
- [19] 佚名. 《中国居民营养与慢性病状况报告(2020 年)》发布成年居民超重肥胖超 50% [J]. *初中生世界*, 2021, (14): 61.
- Anonym. Report on nutrition and chronic disease status of Chinese residents (2020) released that over 50% of adult residents are overweight and obese [J]. *Junior High School World*, 2021, (14): 61.
- [20] 环境保护部. 中国人群暴露参数手册 - 成人卷[M]. 北京: 中国环境出版社, 2013.
- Environmental Protection Department. Exposure factors handbook of Chinese population: Adults [M]. Beijing: China Environment Press, 2013.
- [21] 张昊文, 陈晓晨, 刘斌, 等. 济宁市矿区周边农田土壤中铅、镉、砷、汞污染状况及风险评估[J]. *中国卫生检验杂志*, 2020, 30(24): 3020 - 3022.
- Zhang HW, Chen XC, Liu B, et al. Pollution and risk assessment of Lead, Cadmium, Arsenic and Mercury in farmland soil near mine area of Ji'ning [J]. *Chinese Journal of Health Laboratory Technology*, 2020, 30(24): 3020 - 3022.
- 收稿日期: 2023-06-27