

烟台市市售蔬菜中重金属污染情况 及膳食暴露风险

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,山东 济南 250014; 3.招远市疾病预防控制中心慢病防治科,山东 招远 265499)

摘要:目的 了解烟台市市售蔬菜中铅、镉、汞、砷4种重金属污染状况,并对其进行膳食暴露风险评估。方法 依据国家标准方法,检测蔬菜中重金属的含量,采用污染指数法评价蔬菜中重金属的污染状况,采用目标危害系数(target hazard quotient, THQ)、总目标危害系数(total target hazard quotient, TTHQ)法定量评估蔬菜中重金属膳食暴露对人体的健康风险。结果 烟台市市售蔬菜中4种重金属均有不同程度检出,铅、镉、汞、砷含量的平均值分别为0.014 2、0.002 8、0.000 4、0.007 1 mg/kg,镉的检出率最高,为35.36%。本研究采集的758份样品中仅有2份韭菜样品铅含量超标,超标率为0.26%。蔬菜中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,鳞茎类蔬菜污染最为严重,但尚处于安全水平。对于成人及儿童,4种重金属的THQ值、TTHQ值均小于1。结论 烟台市蔬菜中重金属的污染水平较低,对人体的健康风险较小。

关键词:蔬菜;重金属;污染;暴露;风险评估

中图分类号:R155 文献标志码:A

Heavy metal pollution status and dietary exposure risk of marketed vegetables in Yantai City

TANG Yuying¹, WANG Baozhen¹, XIAO Peirui², ZHAI Yuting³, WANG Kebo², CHEN Chen¹, CHU Zunhua²

(1. Department of Health Toxicology and Nutrition, School of Public Health, Cheeloo College of Medicine, Shandong University,

Jinan 250012, Shandong, China; 2. Institute of Food and Nutrition, Shandong Center for Disease Control and Prevention,

Jinan 250014, Shandong, China; 3. Department of Chronic and Non-communicable Disease Control and Prevention,

Zhaoyuan Center for Disease Control and Prevention, Zhaoyuan 265499, Shandong, China)

Abstract: Objective To investigate the status of heavy metal pollution in vegetable samples in Yantai City, and to assess the dietary exposure risk. **Methods** According to the national standards, the contents of lead, cadmium, mercury, and arsenic in vegetables were measured and analyzed with the pollution index. The risk of dietary exposure was assessed with the target hazard coefficient (THQ) and total target hazard coefficient (TTHQ). **Results** The four heavy metals were detected in vegetables to varying degrees. The average contents of lead, cadmium, mercury, and arsenic were 0.014 2, 0.002 8, 0.000 4 and 0.007 1 mg/kg, respectively. The detection rate of cadmium was the highest, accounting for 35.36%. Of the 758 vegetable samples, 2 leek samples had excessive lead, and the over-standard rate was 0.26%. The pollution index and comprehensive pollution index of the four heavy metals were lower than 0.7. Of all samples, bulb vegetables were the most polluted but still at a safe level. The THQ and TTHQ of the four heavy metals for adults and children were less than 1. **Conclusion** The overall level of heavy metals in vegetables in Yantai City is relatively low. Eating vegetables poses no significant health risk to the human body.

Key words: Vegetables; Heavy metals; Pollution; Exposure; Risk assessment

铅、镉、汞和类金属砷是食物中最为常见、对人体毒性作用最强的几种重金属^[1],砷虽属类金属,但其化学性质及对人体的毒性与重金属相似,常将其作为重金属进行讨论。重金属膳食暴露会对人体的造血系统、中枢神经系统、心血管系统、骨骼和肾脏等造成损伤,甚至会导致癌^[2-5]。镉和砷已被国际癌症研究机构列为人类第 I 类致癌物,铅被列为第 II 类致癌物^[6]。

蔬菜作为平衡膳食的关键组成部分,是人体所需营养素的良好来源,在促进人体健康、降低患慢性病风险、提高免疫力等方面发挥着重要作用^[6]。然而,随着工业化、农业化进程的快速发展,工业污染、污水灌溉、农药的使用等使蔬菜受到了不同程度的重金属污染。我国居民每天蔬菜的推荐摄入量为 300~500 g,人体通过食用蔬菜摄入的重金属在体内长期累积,一旦超过阈值则会对人体健康造成损害。已有多项研究报道蔬菜的重金属污染情况及对人体存在的健康风险。朱建胜等^[7]发现,芜湖市市售蔬菜中铅和镉均出现超标情况,风险评估结果显示,居民食用部分叶类蔬菜、鳞茎类蔬菜暴露的砷有一定致癌风险。王佳等^[8]发现,重庆市市售蔬菜中铅污染严重,含量超标率高达 51.2%,风险评估结果显示,这种高铅含量蔬菜的摄入可能会对儿童造成一定的健康危害。

目前,烟台市市售蔬菜的重金属污染状况以及膳食暴露风险评估的相关研究较少,因此,本研究拟对该市市售蔬菜中铅、镉、总汞、总砷含量进行检测,了解污染状况,并评估其对成人及儿童造成的健康风险,旨在为烟台市居民安全食用蔬菜及日后烟台市蔬菜中重金属的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

按照《山东省食品污染物和有害因素风险监测工作手册》的要求,采用随机抽样的方法,于 2012~2022 年每年春、秋两季,采集烟台市 14 个县市区市售蔬菜样本,采集区域兼顾烟台市城区、农村及城乡结合部,抽样环节包括流通环节(超市、农贸市场)和种植环节,每份样品至少采集 500 g,共采集非葫芦科茄果类、甘蓝类/芸薹类、瓜菜类(葫芦科)、块根/块茎类、鳞茎类、鲜豆类、叶菜类等 7 类蔬菜,总计

758 份样品。

1.1.2 主要试剂

硝酸(优级纯)购于德国默克公司,砷、铅、镉元素标准液(1 000 mg/L)购于美国 Inorganic Ventures 公司,汞元素标准溶液(1 000 mg/L)购于中国计量科学院。

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 iCAP RQ(美国 Thermo Fisher 公司);XS205 电子天平(瑞士 Mettler 公司)。

1.2 方法

1.2.1 样品前处理

将蔬菜样品可食部分洗净、匀浆备用。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 后消解,结束后使用电热赶酸仪 100 ℃ 赶酸 20 min,待冷却后使用容量瓶将消化液定容至 25 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》^[9]采用电感耦合等离子体质谱法对样品中铅、镉、总汞、总砷含量进行测定。当铅、镉、汞、砷含量低于 LOD 值时,定义为“未检出”,根据“食品中低水平污染物可信评价”原则,样品未检出率>60%时,未检出数据用 LOD 替代;样品未检出率≤60%,将未检出数据用 1/2 LOD 值替代^[10]。本研究采样于 2012~2022 年,仍依据 GB 2762-2017《食品安全国家标准 食品中污染物限量》^[11]判定蔬菜中重金属含量是否超标,未采用新版限量标准。本研究通过测定试剂空白和标准物质进行样品的质量控制。

1.2.3 重金属污染评价方法

本研究采用单因子污染指数(P_i)和内梅罗综合污染指数(P_c)评价蔬菜中铅、镉、总汞、总砷的污染水平^[12]。 P_i 按公式(1)计算:

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

式(1)中, X_i 为重金属 i 的实测值,单位为 mg/kg; S_i 为重金属 i 的评价标准,单位为 mg/kg。 P_c 按公式(2)计算:

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

式(2)中, P_{\max} 为 4 种重金属 P_i 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 Classification of pollution index

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

1.2.4 风险评估方法

美国环保局(United States Environmental Protection Agency, USEPA)的健康风险评估模型已被广泛用于膳食暴露风险评估^[13],本研究应用危险指数模型对烟台市蔬菜中重金属进行膳食暴露风险评估。

1.2.4.1 暴露评估

采用“点评估”的方法,应用蔬菜中重金属含量及人群蔬菜消费量数据,采用每日估计摄入量(estimated daily intake, EDI)评估蔬菜中重金属的膳食暴露水平^[14],公式如下:

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

式(3)中,EDI为蔬菜中重金属每日估计摄入量,单位为mg/(kg·d);C为重金属含量,单位为mg/kg;IR为蔬菜的日均消费量,根据2015年山东省居民总膳食研究及健康状况调查结果,成人取值0.278 kg/d,儿童取值0.172 kg/d;BW为平均体质量,成人取值64.3 kg^[15],儿童取值32.7 kg^[16]。

1.2.4.2 风险特征描述

目标危害系数(target hazard quotient, THQ)以人体污染物吸收剂量等于摄入剂量为基础,以摄入量与参考剂量的比值作为评价标准,能定量描述污染物对人体健康产生的不良影响,广泛用于食品中单一金属元素的健康风险评估。鉴于人体内重金属的联合作用,可采用总目标危害系数(total target hazard quotient, TTHQ)评估多种重金属复合暴露对人体的健康风险^[13]。THQ>1或TTHQ>1表示通

过食用蔬菜摄入的单一重金属或多种重金属复合暴露对人体健康具有潜在风险^[17]。计算公式如下:

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

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

式(4)中,EF为暴露频率,取365 d/年;ED为暴露时间,取74.8年^[18];RfD为参考剂量,铅、镉、汞、砷的RfD值分别为0.003 6、0.001 0、0.000 3、0.000 3 mg/(kg·d)^[19],该健康指导值是USEPA基于毒理学、流行病学研究,为了评估污染物潜在的长期健康风险而制定的,4种重金属RfD值主要依据以下作用终点制定,即铅对中枢神经系统、肾脏、血液系统的慢性毒性,镉对肾脏、骨骼、心血管系统的慢性毒性,汞对中枢神经系统的慢性毒性,砷对皮肤、肺部的损伤及致癌作用;TA为平均暴露时间,即365 d/年×74.8年。

1.3 统计学处理

采用Excel 2019对数据进行整理,用SPSS 24.0进行统计描述及分析,计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,计数资料采用百分比表示。双侧检验,以P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 蔬菜中重金属污染现状

所采集的758份蔬菜样品中,重金属的平均含量由高到低依次是铅(0.014 2 mg/kg)>总砷(0.007 1 mg/kg)>镉(0.002 8 mg/kg)>总汞(0.000 4 mg/kg)。蔬菜中铅含量的最大值为0.171 0 mg/kg,为国家标准限量值的1.7倍,镉、总汞、总砷含量的最大值均未超过国家标准。4种重金属的检出率依次是镉(35.36%)>铅(28.90%)>总汞(5.01%)>总砷(4.09%)。只有铅含量出现超标情况,超标率为0.26%。见表2。

表2 蔬菜中重金属检测情况

Table 2 Detection of heavy metals in vegetables

金属类别	范围/(mg/kg)	$\bar{x} \pm s$ /(mg/kg)	标准限量*/(mg/kg)	检出率/%	超标率/%
铅	0.002 5~0.171 0	0.014 2±0.022 4	0.30/0.20/0.10	28.90	0.26
镉	0.000 1~0.042 2	0.002 8±0.005 5	0.20/0.10/0.05	35.36	0.00
总汞	0.000 1~0.009 3	0.000 4±0.000 0	0.01	5.01	0.00
总砷	0.005 0~0.101 0	0.007 1±0.011 3	0.50	4.09	0.00

*不同类别蔬菜中铅的限量值不同,新鲜蔬菜限量值为0.10 mg/kg,叶类蔬菜限量值为0.30 mg/kg,芸豆类、豆类、生姜等限量值为0.20 mg/kg;不同类别蔬菜中镉的限量值不同,新鲜蔬菜限量值为0.05 mg/kg,叶类蔬菜、芹菜、黄花菜限量值为0.20 mg/kg,豆类、块茎和块根类、茎类蔬菜等限量值为0.10 mg/kg^[11]。

2.2 不同类别蔬菜中重金属含量、检出情况及超标情况

鳞茎类蔬菜的铅、镉、总汞含量最高,分别为46.57、12.10、0.46 $\mu\text{g}/\text{kg}$,叶菜类蔬菜的总砷含量最高,为10.94 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。仅有鳞茎类蔬菜(韭菜)出现

铅超标情况,超标率为5.26%。鳞茎类蔬菜中铅、镉、总汞的检出率最高,分别为73.68%、78.95%、10.53%,甘蓝类/芸薹类总砷的检出率最高,为10.53%。见表3。

表3 不同类别蔬菜中重金属检测情况
Table 3 Detection of heavy metals in different types of vegetables

蔬菜类别	份数	重金属含量/ $(\mu\text{g}/\text{kg})$				重金属检出率/%				超标率/%
		铅	镉	总汞	总砷	铅	镉	总汞	总砷	
非葫芦科茄果类蔬菜	187	7.29	0.89	0.24	6.21	10.70	16.04	2.67	2.14	0.00
甘蓝类/芸薹类	19	18.14	4.55	0.32	6.98	57.89	68.43	5.26	10.53	0.00
瓜菜类(葫芦科)	38	9.24	0.37	0.26	6.34	26.23	10.53	2.63	2.63	0.00
块根、块茎类	163	6.44	2.27	0.22	5.53	9.82	26.99	2.45	1.23	0.00
鳞茎类蔬菜	38	46.57	12.10	0.46	5.32	73.68	78.95	10.53	2.63	5.26
鲜豆类蔬菜	134	6.33	1.03	0.34	5.91	13.43	23.13	3.73	1.49	0.00
叶菜类蔬菜	179	27.94	4.92	0.55	10.94	64.80	63.69	10.06	10.06	0.00

2.3 重金属污染评价

鳞茎类蔬菜中铅的 P_i 值最高,为0.47,镉次之,为0.24,鳞茎类蔬菜和叶菜类蔬菜中总汞的 P_i 值最高,为0.05;叶菜类蔬菜中总砷的 P_i 值最高,为0.02;鳞茎类蔬菜的 P_c 值最高,为0.36,表明其受污

染程度较其他类别蔬菜更为严重。不同类别的蔬菜中4种重金属的 P_i 值及 P_c 值均小于0.70,表明烟台市各类蔬菜受污染程度较小,污染等级为安全。见表4。

表4 不同类别蔬菜中重金属污染的评价结果
Table 4 Evaluation results of heavy metal pollution in different types of vegetables

蔬菜类别	单因子污染指数(P_i)				综合污染指数(P_c)	污染等级
	铅	镉	总汞	总砷		
非葫芦科茄果类蔬菜	0.07	0.02	0.02	0.01	0.06	安全
甘蓝类/芸薹类	0.06	0.09	0.03	0.01	0.07	安全
瓜菜类(葫芦科)	0.09	0.01	0.03	0.01	0.07	安全
块根、块茎类	0.06	0.02	0.02	0.01	0.05	安全
鳞茎类蔬菜	0.47	0.24	0.05	0.01	0.36	安全
鲜豆类蔬菜	0.03	0.01	0.03	0.01	0.03	安全
叶菜类蔬菜	0.09	0.03	0.05	0.02	0.07	安全

2.4 蔬菜中重金属膳食暴露风险评估

蔬菜中铅、镉、总汞、总砷的 EDI 均低于限量值,但成人及儿童均是铅的 EDI [6.15×10^{-5} 、 $7.48 \times 10^{-5} \text{ mg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$]最高。蔬菜中4种重金属的 THQ 值大小依次为总砷>铅>镉>总汞。成人 $TTHQ$ 值为

0.14,儿童为0.17。成人及儿童的 THQ 、 $TTHQ$ 值均 <1 ,说明食用蔬菜造成的4种重金属暴露对当地居民的健康危害较小。见表5。由4种重金属对成人及儿童的 $TTHQ$ 值的贡献率(图1)所见,总砷对二者 $TTHQ$ 值的贡献率最高,均为75%。

表5 蔬菜中重金属对人体的健康风险
Table 5 Health risk of heavy metals in vegetables

金属类别	成人			儿童		
	$EDI/[\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{d})]$	THQ	$TTHQ$	$EDI/[\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{d})]$	THQ	$TTHQ$
铅	6.15×10^{-5}	0.02	0.14	7.48×10^{-5}	0.02	0.17
镉	1.21×10^{-5}	0.01		1.48×10^{-5}	0.02	
总汞	1.73×10^{-6}	0.01		2.11×10^{-6}	0.01	
总砷	3.07×10^{-5}	0.10		3.74×10^{-5}	0.13	

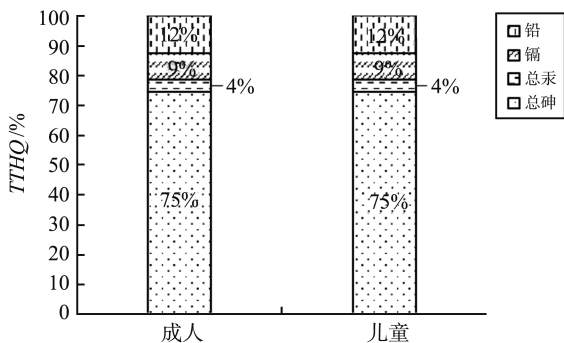


图1 蔬菜中4种重金属对TTHQ值的贡献率

Figure 1 Contribution rate of four heavy metals in vegetables to TTHQ

3 讨论

本研究分析了烟台市14个县區758份市售蔬菜中铅、镉、总汞、总砷4种重金属污染情况并评估了其成人和儿童的健康风险。研究结果显示,各类蔬菜中4种重金属均有不同程度的检出,其中铅含量最高为0.0142 mg/kg,仅有2份韭菜样品铅含量超标,超标率为0.26%。与山东省内其他城市研究结果一致,蔬菜中多种重金属含量超标率比较,均为铅含量超标率最高,如枣庄市蔬菜中铅、镉含量超标率分别为1.29%、0.29%,总汞和总砷均无超标^[20],威海市蔬菜中铅含量超标率为2.75%,未发现镉含量超标情况^[21]。与山东省外城市如广州市蔬菜铅含量超标率(30%)^[22]相比,烟台市蔬菜的铅含量超标率明显偏低。这可能与山东当地土壤和水体等农业相关环境重金属污染较轻,而广州市工业和交通污染更为严重有关。

根据不同类别蔬菜中重金属的含量、检出情况及超标情况分析,发现鳞茎类蔬菜铅和镉含量(46.57 g/kg、12.10 g/kg)、检出率(73.68%、78.95%)均最高,这与王盼盼等^[20,23]研究结果一致,表明铅和镉在植物的根茎部更容易累积。甘蓝类/芸薹类总砷的检出率最高,为10.53%,这与虹口区市售蔬菜中重金属监测结果不一致^[24],可能与本研究甘蓝类/芸薹类样本数量较少或两市环境受4种重金属污染的程度不同有关。此外,鳞茎类蔬菜的 P_c 最高,说明其对重金属的富集作用更强,更容易受到重金属污染。从膳食指导的角度出发,建议当地居民减量食用鳞茎类蔬菜或减少鳞茎类蔬菜的食用频率以降低其所引起的健康风险。但是鉴于蔬菜是人体所需营养素的主要来源,更建议当地监管部门加强对鳞茎类蔬菜中重金属含量的监测,并提倡

采取应对措施如提倡减少农药、化肥的使用及污水灌溉等,从根本上降低鳞茎类蔬菜的重金属污染水平。

膳食暴露风险评估结果显示,成人及儿童均是铅的EDI值最高,铅膳食暴露可导致人体造血系统、中枢神经系统、免疫系统损伤,并对儿童的智力发展和心理健康造成损害^[2],蔬菜中铅含量较高是其暴露量较高的直接原因,因此,控制蔬菜中铅污染水平对于降低当地居民铅暴露水平来说十分关键。铅污染主要来源有污水灌溉、交通污染和工业污染等,这意味着根据污染来源的差异,制定有针对性的铅污染控制措施是必要的。成人及儿童4种重金属的THQ、TTHQ值均<1,表明当地居民食用蔬菜不会因铅、镉、汞和砷4种重金属的暴露而存在潜在的健康风险,这与王盼盼等^[20,25-26]研究结果一致,说明虽然居民每日蔬菜摄入量较大且各类蔬菜受到了不同程度的重金属污染,但污染尚处于安全水平,通过蔬菜摄入暴露的重金属对人体没有明显的健康风险,可放心食用蔬菜。此外,儿童由于其正处于生长发育阶段,部分器官、系统尚未发育成熟,对重金属污染更为敏感,应予以关注。成人及儿童均是总砷对TTHQ值的贡献率最大,这是由于汞和砷的RfD值较其他金属更小一些,但蔬菜中总砷的含量却高于总汞,所以导致总砷的贡献率更大。砷的慢性暴露将会增加人体患皮肤病、心血管疾病、癌症的风险^[5],因此相关部门应加强对当地居民通过食用蔬菜摄入的总砷的膳食暴露风险评估,以了解其健康风险并提出相应措施。

本研究采用“点评估”的方法评估当地居民食用蔬菜后重金属膳食暴露水平,评估结果只局限于平均水平,忽略了个体蔬菜消费量及不同蔬菜受重金属污染水平的差异,这可能导致评估结果存在一定的不确定性,还需进一步完善评估方法,以开展更加全面准确的研究。

综上所述,本研究结果表明,烟台市市售蔬菜虽然受到了不同程度的铅、镉、汞、砷的污染,但污染程度较小,基本处于安全水平,按目前饮食习惯食用蔬菜对当地居民不会产生明显的健康风险,但对儿童的健康风险应予以重视。本研究将为烟台市蔬菜中重金属的监测工作及预防和控制蔬菜中重金属污染导致的健康损伤效应提供一定数据支持。

参考文献:

[1] 杨洋. 2013-2016年六安市主要膳食食品中重金属铅、

- 镉、汞、砷的暴露量及风险评估[D]. 合肥:安徽医科大学, 2020.
- [2] Reuben A. Childhood lead exposure and adult neurodegenerative disease [J]. *J Alzheimers Dis*, 2018, 64(1): 17-42.
- [3] Kumar S, Sharma A. Cadmium toxicity: effects on human reproduction and fertility [J]. *Rev Environ Health*, 2019, 34(4): 327-338.
- [4] 苗利军. 汞污染对人体的危害[J]. *农业工程*, 2013, 3(3): 83-84.
MIAO Lijun. Damages of mercury pollution to human body [J]. *Agricultural Engineering*, 2013, 3(3): 83-84.
- [5] Wang Y, Zhu G, Engel B, et al. Probabilistic human health risk assessment of arsenic under uncertainty in drinking water sources in Jiangsu Province, China [J]. *Environ Geochem Health*, 2020, 42(7): 2023-2037.
- [6] Khezerlou A, Dehghan P, Moosavy MH, et al. Assessment of heavy metal contamination and the probabilistic risk via salad vegetable consumption in Tabriz, Iran [J]. *Biol Trace Elem Res*, 2021, 199(7): 2779-2787.
- [7] 朱建胜, 沈登辉, 席煜, 等. 芜湖市蔬菜中5种重金属污染特征及健康风险评估[J]. *实用预防医学*, 2023, 30(7): 828-832.
ZHU Jiansheng, SHEN Denghui, XI Yu, et al. Pollution characteristics and health risk assessment of five heavy metals in vegetables in Wuhu City [J]. *Pract Prew Med*, 2023, 30(7): 828-832.
- [8] 王佳, 刘斌, 肖柏林, 等. 重庆城区市售蔬菜重金属污染评价与健康风险评估[J]. *生态环境学报*, 2018, 27(5): 942-949.
- [9] 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, 2016.
- [10] 闫兆凤, 姜兆刚. 山东省六市干制红枣中金属含量分析[J]. *预防医学论坛*, 2023, 29(2): 142-145.
YAN Zhaofeng, JIANG Zhaogang. Analysis on metal content in dried jujubes in 6 cities in Shandong Province [J]. *Preventive Medicine Tribune*, 2023, 29(2): 142-145.
- [11] 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.
- [12] 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 Rong, LIU Pan, REN Xingquan, 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.
- [13] Jin J, Zhao X, Zhang L, et al. Heavy metals in daily meals and food ingredients in the Yangtze River Delta and their probabilistic health risk assessment [J]. *Sci Total Environ*, 2022, 854: 158713. doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.158713.
- [14] Qureshi AS, Hussain MI, Ismail S, et al. Evaluating heavy metal accumulation and potential health risks in vegetables irrigated with treated wastewater [J]. *Chemosphere*, 2016, 163: 54-61. doi: 10.1016/j.chemosphere.2016.07.073.
- [15] 中华人民共和国国务院. 中国居民营养与慢性病状况报告(2020)[EB/OL]. (2020-12-23)[2023-07-22]. <http://www.nhc.gov.cn/xcs/s3574/202012/bc4379ddf4324e7f86f05d31cc1c4982.shtml>.
- [16] 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 Peipei, XIAO Bing, LIU Wenju, et al. Analysis and health risk assessment of heavy metal in lotus root [J]. *Environmental Chemistry*, 2020, 39(2): 362-370.
- [17] Sanaei F, Amin MM, Alavijeh ZP, et al. Health risk assessment of potentially toxic elements intake via food crops consumption: Monte Carlo simulation-based probabilistic and heavy metal pollution index [J]. *Environ Sci Pollut Res Int*, 2021, 28(2): 1479-1490.
- [18] 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: 142-801.
- [19] Wei J, Cen K. Assessment of human health risk based on characteristics of potential toxic elements (PTEs) contents in foods sold in Beijing, China [J]. *Sci Total Environ*, 2020, 703: 134747. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.134747.
- [20] 王盼盼, 李会会, 何靖蕾, 等. 2013-2019年枣庄市部分市售蔬菜重金属污染状况及其健康风险评估[J]. *预防医学论坛*, 2022, 28(3): 233-236.
WANG Panpan, LI Huihui, HE Jinglei, et al. Heavy metal pollution status and health risk assessment of marketed vegetables, Zaozhuang City, 2013-2019 [J]. *Preventive Medicine Tribune*, 2022, 28(3): 233-236.
- [21] 程亚琪, 闫兆凤, 王克波. 2016~2018年威海市蔬菜中铅、镉污染状况调查[J]. *预防医学论坛*, 2020, 26(7): 496-498.
CHENG Yaqi, YAN Zhaofeng, WANG Kebo. Survey on lead and cadmium contamination of vegetables, Weihai City, 2016-2018 [J]. *Preventive Medicine Tribune*, 2020, 26(7): 496-498.
- [22] 王晓波, 陈海珍, 刘冬英, 等. 广州市蔬菜重金属污染状况及健康风险评估[J]. *中国公共卫生*, 2011, 27(5): 549-551.
WANG Xiaobo, CHEN Haizhen, LIU Dongying, et al. Contents of heavy metal in vegetables and their potential risks to human health in Guangzhou City [J]. *Chinese Journal of Public Health*, 2011, 27(5): 549-551.
- [23] 张慧, 张翠霞, 张惠珠, 等. 2017年—2021年菏泽市售蔬菜中铅、镉污染状况及健康风险评估[J]. *中国卫生检验杂志*, 2022, 32(24): 3058-3062.

- ZHANG Hui, ZHANG Cuixia, ZHANG Huizhu, et al. Pollution status and health risk assessment of lead and cadmium in market vegetables in Heze City, 2017-2021 [J]. *Chinese Journal of Health Laboratory Technology*, 2022, 32(24): 3058-3062.
- [24] 徐映如, 陈道湧, 沈俊毅, 等. 虹口区市售蔬菜重金属污染与健康风险评估[J]. *预防医学*, 2021, 33(4): 406-410.
- [25] 董峰光, 王朝霞, 宫春波, 等. 烟台市售蔬菜的重金属含量及食用安全性评价[J]. *食品安全质量检测学报*, 2016, 7(7): 3000-3005.
- DONG Fengguang, WANG Zhaoxia, GONG Chunbo, et al. Heavy metals content and edible safety evaluation of vegetables in Yantai market [J]. *Journal of Food Safety and Quality*, 2016, 7(7): 3000-3005.
- [26] 常通, 彭程, 何漪, 等. 淄博市蔬菜中砷、镉、铅、铬污染状况与健康风险评估[J]. *食品安全导刊*, 2023(27): 122-125. doi: 10.16043/j.cnki.cfs.2023.27.056.
- CHANG Tong, PENG Cheng, HE Yi, et al. Contamination status health risk assessment of As, Cd, Pb and Cr in vegetable in Zibo City [J]. *China Food Safety*, 2023(27): 122-125. doi: 10.16043/j.cnki.cfs.2023.27.056.
- (编辑:相峰)
- (上接第 81 页)
- [24] 刘思齐, 詹俊, 陈慧. 甲状腺功能亢进症合并黄疸的临床分析: 附 6 例典型病例报告[J]. *中华肝脏病杂志*, 2016, 24(7): 537-538.
- LIU Siqi, ZHAN Jun, CHEN hui. A clinical analysis of hyperthyroidism complicated by jaundice: a report of six typical cases [J]. *Chinese Journal of Hepatology*, 2016, 24(7): 537-538.
- [25] Yang CH, Wu TS, Chiu CT. Chronic hepatitis B reactivation: a word of caution regarding the use of systemic glucocorticosteroid therapy [J]. *Br J Dermatol*, 2007, 157(3): 587-590.
- [26] He Q, Song X, Huang Y, et al. Dexamethasone stimulates hepatitis B Virus (HBV) replication through auto-phagy [J]. *Med Sci Monit*, 2018, 24(1): 4617-4624.
- [27] Zheng M, Cui S, Zhang W, et al. Graves' disease overlapping with chronic hepatitis B and methimazole-induced liver injury and autoimmune hepatitis: a case report [J]. *BMC Gastroenterol*, 2022, 22(1): 59.
- [28] 王宇明, 李兰娟. 《肝衰竭诊治指南(2012 版)》治疗进展解读与探讨[J]. *中华临床感染病杂志*, 2013, 6(2): 77-80.
- WANG Yuming, LI Lanjuan. Treatment of liver failure: interpretation and commentary on Guideline for Diagnosis and Treatment of Liver Failure 2012 [J]. *Chinese Journal of Clinical Infectious Diseases*, 2013, 6(2): 77-80.
- (编辑:张彩凤)