

蔬菜中重金属铅镉含量与健康风险分析

彭启志

(柳州食品药品检验所,广西 柳州 545006)

摘要: 利用单项污染指数法和国际推荐的健康风险评估方法对该市售部分叶菜类蔬菜样品中铅镉的污染状况与其导致的健康风险进行分析和评价。叶菜类蔬菜铅镉含量超标率为 12.39%, 单项污染指数值均低于 2.0; Pb 为 $3.99 \times 10^{-8}(\text{a}^{-1}) \sim 1.80 \times 10^{-7}(\text{a}^{-1})$, 总和为 $9.55 \times 10^{-7}(\text{a}^{-1})$ 。Cd 的年平均个人健康风险值范围为 $1.53 \times 10^{-5}(\text{a}^{-1}) \sim 4.09 \times 10^{-5}(\text{a}^{-1})$, 总和为 $2.13 \times 10^{-4}(\text{a}^{-1})$; 该市售部分叶菜类蔬菜 Pb 超标; 单项污染指数评价结果说明该市售叶菜类蔬菜基本属于优良及安全范围。从健康风险指数来看, 该市售叶菜类蔬菜中铅镉对人体健康危害的个人年风险处于安全水平。但其个人年健康风险总和高于 ICRP 推荐的标准值, 说明该市居民饮食摄入蔬菜的 Pb、Cd 已具有潜在的健康威胁。

关键词: 叶菜类蔬菜; 铅; 镉; 健康风险

中图分类号: S 636 文献标志码: A 文章编号: 1673—1689(2014)10—1116—04

Leafy Vegetables in a Commercial Section of Heavy Metals Lead and Cadmium Content and Health Risk Analysis

PENG Qizhi

(Liuzhou Institutes for Food and Drug Control, Liuzhou 545006, China)

Abstract: Utilize single pollution index and international health risk assessment method recommended by the health status of a commercial part of the risk of contamination of leafy vegetables to their lead and cadmium in the sample cause analysis and evaluated. leafy vegetables cadmium content of lead exceeding the rate of 12.39%; single pollution index values were lower than 2.0; Pb is $3.99 \times 10^{-8}(\text{a}^{-1}) \sim 1.80 \times 10^{-7}(\text{a}^{-1})$, the sum of $9.55 \times 10^{-7}(\text{a}^{-1})$. The annual average value range of personal health risks Cd is $1.53 \times 10^{-5}(\text{a}^{-1}) \sim 4.09 \times 10^{-5}(\text{a}^{-1})$, the sum of $2.13 \times 10^{-4}(\text{a}^{-1})$. The commercial part leafy vegetables Pb exceeded; single pollution index shows that the results of the evaluation of commercially available leafy vegetables are excellent and basic safety range; from health risks index, the commercially available lead and cadmium in leafy vegetables hazards to human health personal annual risk at a safe level. But it was a healthy sum of the individual risk than ICRP recommended standard values. This shows that the city's residents dietary intake of vegetables, Pb, Cd has a potential health threat.

Keywords: leafy vegetables, lead, cadmium, health risks

收稿日期: 2014-04-01

作者简介: 彭启志(1965—),男,湖北武汉人,主治医师,主要从事药物分析研究。E-mail pqz842@sohu.com

蔬菜中重金属铅镉含量的高低,主要取决于环境中铅镉的污染程度。随着现代工业的快速发展,工业“三废”不合理排放、污水灌溉频繁等导致蔬菜易受到不同程度的铅镉污染。

众所周知,铅镉是一种积累性的有害元素,易造成贫血、高血压、神经痛、骨质疏松、肾炎和分泌失调等疾病^[1]。研究表明人类铅镉暴露的主要途径为食物摄入^[2],而极易吸收和富集铅镉的蔬菜是摄入量最大的食物之一。近年来,蔬菜中重金属污染调查及健康风险评估受到广泛关注^[3-6]。因此,开展蔬菜重金属污染的调查、分析和健康风险评估,对提高蔬菜质量、保障人们饮食安全、促进蔬菜生产可持续发展具有重要的指导和现实意义。为此,作者对某市市售8种叶菜类蔬菜中铅镉含量及污染程度进行了分析,并对其可能引发居民的健康风险进行预测评估,旨在为加强该市售叶菜类蔬菜的质量控制,保障食品安全提供科学指导和决策依据。

1 材料与方法

1.1 样品收集

该调查于2012年5月至2013年5月,每间隔一定时期在该市蔬菜批发市场和超市随机采集8种叶菜类蔬菜113份样品。

1.2 检测方法与质量控制

取可食用部分,洗净晾干后用匀浆机打碎混匀,严格按国标要求对样品进行前处理和测定。所测定结果经样品含水率换算为蔬菜鲜样中的重金属质量分数。同时做空白、平行及加标回收实验进行质量控制,数据分析采用SPSS13.0统计软件。

1.3 重金属污染评价方法^[3-6]

采用单项污染指数法对该市市售叶菜类蔬菜中铅镉的污染程度进行评价,公式为 $P_i=C_i/S_i$

式中: P_i 为求出的重金属单项污染指数; C_i 为该重金属的实测值; S_i 为国家规定的限量值。其中 $P_i \leq 0.7$ 表明该类蔬菜中重金属含量的等级为优良; $0.7 < P_i \leq 1.0$ 表明该类蔬菜中重金属含量的等级为安全; $1 < P_i \leq 2$ 说明该类蔬菜受到重金属的轻污染; $2 < P_i \leq 3$ 说明该类蔬菜受重金属污染的程度为中度; $P_i > 3$ 说明该类蔬菜受重金属污染的程度为重污染。

1.4 经蔬菜途径摄入重金属的人体健康风险评估方法

健康风险评估是定量分析环境污染对人体健

康产生的危害,据此根据以下不同的健康风险评估模型对蔬菜中铅镉的人体健康风险进行评估^[3-6]。

$$R_{ig}^c = \frac{(1 - \exp(-D_{ig} \cdot q_{ig}))}{70} \quad (1)$$

$$D_{ig} = \frac{Q_i \cdot C_{ig}}{60} \quad (2)$$

$$R_{ig}^n = \frac{D_{ig} \cdot 10^{-6}}{PAD_{ig} \cdot 70} \quad (3)$$

$$PAD_{ig} = \frac{R_f D_{ig}}{\text{安全因子}} \quad (4)$$

式(1)为化学致癌物所致的健康风险评估模型,其中 R_{ig}^c 为化学致癌物 i 通过食入途径所致健康危害的平均个人致癌年风险(a^{-1}); D_{ig} 为化学致癌物质 i 通过食入途径的单位体重日均暴露剂量($mg/(kg \cdot d)$); q_{ig} 致癌物质 i 通过食入途径的致癌强度系数($mg/(kg \cdot d)$);70为平均寿命。

式(2)中 Q_i 为成人每天消费的某种食物的量(kg/d); C_{ig} 为化学污染物在某种食物中的含量($mg/(kg \cdot d)$);60为平均体重(kg)。

式(3)为化学非致癌污染物所致的健康风险评估模型,其中 R_{ig}^n 为化学非致癌污染物 i 通过食入途径所致健康危害的平均个人致癌年风险(a^{-1}); PAD_{ig} 为化学非致癌污染物 i 通过食入途径的调整剂量($mg/(kg \cdot d)$);调整剂量(PAD_{ig})可按公式(4)计算。其中 $R_f D_{ig}$ 为化学非致癌污染物 i 的食入途径参考剂量($mg/(kg \cdot d)$);此研究中的安全因子取10;化学致癌物Cd的致癌强度系数为6.1($mg/(kg \cdot d)$);而非致癌污染物Pb的参考剂量($R_f D_{ig}$)为 1.4×10^{-3} (mg/kg)。

2 结果与讨论

2.1 蔬菜中重金属含量及污染状况

对113个蔬菜样品中的Pb、Cd含量进行统计,并与食品安全国家标准食品中污染物限量值做对比分析^[7],结果详见表1。从表1知所采样品的重金属含量超标率为12.39%(14/113),主要是Pb超标,其最大含量是国家标准食品中污染物限量的2.0倍。进一步分析知14份Pb超标样品中大白菜的超标率为23.08%(3/13),油菜的超标率为35.29%(6/17),芹菜和生菜的超标率分别为6.25%(1/16)和30.77%(4/13),其余的蔬菜品种Pb均没有超标。该调查结果稍高于晋中市叶菜类蔬菜Pb超标率(11.5%)^[8],而低于佛山市禅城区叶菜类蔬菜Pb超

标率(22.9%)^[4]。而所有蔬菜样中的未发现 Cd 有超标,这与文献[5]报道的广州市蔬菜重金属污染中以 Pb 为主要污染元素的研究结果相近。由此可知该市市售叶菜类蔬菜主要受到 Pb 污染的威胁。

对随机抽取的该市市售 8 种叶菜类蔬菜中铅镉含量采用单项污染指数法分别进行评价。由表 1 可知,该市市售叶菜类蔬菜重金属单项污染指数的大小顺序为 Pb>Cd。污染指数均值范围为 Pb:0.23~

1.04,在所抽取的 8 种叶菜类蔬菜样品中,油菜和生菜的单项污染指数分别为 1.04 和 1.01,均超过 1.0,属轻度污染外其余品种蔬菜的单项污染指数均小于 1.0,属于安全级别;同时对蔬菜中重金属 Cd 的分析显示 Cd 的污染指数均值范围为 0.16~0.42,单项污染指数值均低于 0.7。说明该市叶菜类蔬菜单项污染指数评价结果基本属于优良及安全范围。

表 1 市售叶菜类蔬菜中铅镉污染状况及单项污染评价

Table 1 Lead and cadmium pollution in the city to sell leaf vegetables condition and individual pollution evaluation

蔬菜品种	样品数	铅(Pb)				镉(Cd)			
		含量范围/(mg/kg)	平均值/(mg/kg)	超标份数	单项污染指数	含量范围/(mg/kg)	平均值/(mg/kg)	超标份数	单项污染指数
尖叶莴笋	11	0.02~0.211	0.097	0	0.32	0.001~0.084	0.035	0	0.18
大白菜	13	0.04~0.462	0.238	3	0.79	0.001~0.113	0.057	0	0.29
小白菜	15	0.01~0.219	0.177	0	0.59	0.001~0.075	0.039	0	0.20
油菜	17	0.01~0.526	0.311	6	1.04	0.001~0.162	0.083	0	0.42
菠菜	14	0.02~0.138	0.182	0	0.61	0.001~0.052	0.031	0	0.16
芹菜	16	0.01~0.471	0.276	1	0.92	0.001~0.067	0.046	0	0.23
生菜	13	0.01~0.602	0.302	4	1.01	0.001~0.183	0.079	0	0.40
韭菜	14	0.02~0.173	0.069	0	0.23	0.001~0.114	0.061	0	0.31

2.2 健康风险分析

应用健康风险评价模型的计算公式求得该市市售叶菜类蔬菜中铅镉通过食入途径所致的年平均个人健康风险值,详见表 2。可知 Cd 的年平均个人健康风险值范围为 $1.53 \times 10^{-5} (a^{-1}) \sim 4.09 \times 10^{-5} (a^{-1})$, 总和为 $2.13 \times 10^{-4} (a^{-1})$; Pb 为 $3.99 \times 10^{-8} (a^{-1}) \sim 1.80 \times 10^{-7} (a^{-1})$, 总和为 $9.55 \times 10^{-7} (a^{-1})$ 。根据国际辐射防护委员会(ICRP)和美国环境保护署(USEPA)推荐的最大可接受风险水平分别为 5×10^{-5} 和 1×10^{-4} 可知重金属 Pb 和 Cd 污染的年平均个人健康风险水平均低于 ICRP 和 USEPA 推荐的最大可接受风险水平;假设蔬菜中各种重金属对人体健康的毒性作用呈相加关系,则食入该市蔬菜 Pb 和 Cd 的个人年风险总和为 $2.14 \times 10^{-4} (a^{-1})$ 。由此可见,该市市售叶菜类蔬菜中铅对人体健康危害的个人年风险较低,处于安全水平。但其个人年健康风险总和高于 USEPA 与 ICRP 分别推荐的标准值。这说明该市居民饮食摄入蔬菜的重金属 Pb、Cd 已具有潜在的健康威胁,应引起相关部门的重视。

表 2 市售叶菜类蔬菜中铅镉的健康危害平均个人年风险

Table 2 Sale of lead and cadmium in leaf vegetables in the health hazards of the average personal risk

叶菜类品种	铅(Pb)	镉(Cd)
尖叶莴笋	5.61×10^{-8}	1.73×10^{-5}
大白菜	1.38×10^{-7}	2.81×10^{-5}
小白菜	1.02×10^{-7}	1.92×10^{-5}
油菜	1.80×10^{-7}	4.09×10^{-5}
菠菜	1.05×10^{-7}	1.53×10^{-5}
芹菜	1.60×10^{-7}	2.27×10^{-5}
生菜	1.75×10^{-7}	3.90×10^{-5}
韭菜	3.99×10^{-8}	3.01×10^{-5}

3 结语

与国家标准(GB2762-2012)中的限量值相比较,该市市售叶菜类蔬菜中重金属含量部分超标,且不同品种中的金属含量不同,总体上油菜和生菜中的重金属含量相对于其他品种中同种重金属含

量高。蔬菜中Pb的平均含量高低为油菜>生菜>芹菜>大白菜>菠菜>小白菜>尖叶茼蒿>韭菜。Cd的平均含量高低为油菜>生菜>韭菜>大白菜>芹菜>小白菜>尖叶茼蒿>菠菜。

由Pb和Cd通过蔬菜食入途径所引起的健康危害的总个人年风险为 $2.14 \times 10^{-4} (a^{-1})$ 。该市叶菜类蔬菜中的重金属所致的健康风险主要来自Cd。

蔬菜重金属含量超标的成因较为复杂,可能与土壤、水质、大气环境等污染有关,为满足人们对高品质蔬菜的需求,保障身体健康,针对铅镉等重金

属污染的来源提出以下几点防治对策:

1) 加强工业“三废”治理,严格执行排放标准,确保从源头上控制重金属污染物的排放,尤其加强对铅蓄电池等涉重违法企业和违法行为的打击。

2) 强化对蔬菜种植到市场各环节的管理与监督,尤其是对城郊结合部的分散菜地应加强管理,引导菜农勿使用污水浇灌菜地,同时深入对“菜篮子”蔬菜铅镉等重金属的监测。

3) 加大推广无铅镉等重金属污染蔬菜的生产力度和引进先进的地膜覆盖和温室生产技术。

参考文献:

- [1] 李林艳,朱明元. 我国大米、蔬菜中铅镉污染监测的研究进展[J]. 实用预防医学,2011,18(9):1812-1813.
LI Linyan,ZHU Mingyuan. China's lead and cadmium in rice,vegetable research progress of pollution monitoring [J]. **Practical Preventive Medicine**,2011,18(9):1812-1813.(in Chinese)
- [2] 李裕,张强,王润元,等. 镉的致癌性与食品中镉的生物有效性[J]. 生命科学,2010,22(2):179-184.
LI Yu,ZHANG Qiang,WANG Runyuan et al. The carcinogenic potential and bioavailability of cadmium (Cd) from food[J]. **Chinese Bulletin of Life Sciences**,2010,22(2):179-184.(in Chinese)
- [3] 崔旭,葛元英,张小红. 晋中市部分蔬菜中重金属含量及其健康风险[J]. 中国农学通报,2009,25(21):335-338.
CUI Xu,GE Yuanying,ZHANG Xiaohong. Contents of Heavy Metals in Some Vegetables and Their Potential Risks to Human Health in Jinzhong City[J]. **Chinese Agricultural Science Bulletin**,2009,25(21):335-338.(in Chinese)
- [4] 邵昭明,欧阳静茹,张珊珊,等. 佛山市禅城区蔬菜重金属污染现状及对人体健康风险分析[J]. 华南预防医学,2012,38(3):14-17,21.
SHAO Zhaoming,OU YANG Jingru,ZHANG Shanshan,et al. Contents of heavy metals in vegetables and their potential risks to human health in Chancheng District,Foshan City [J]. **South China Journal of Preventive Medicine**,2012,38(3):14-17,21.(in Chinese)
- [5] 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.(in Chinese)
- [6] 孙清斌,尹春芹,邓金锋,等. 大冶矿区土壤-蔬菜重金属污染特征及健康风险评估[J]. 环境化学,2013,32(4):671-677.
SUN Qingbin,YIN Chunqin,DENG Jinfeng, et al. Characteristics of soil-vegetable pollution of heavy metals and health risk assessment in Daye mining area[J]. **Environmental Chemistry**,2013,32(4):671-677.(in Chinese)
- [7] 中华人民共和国国家标准. 食品安全国家标准食品中污染物限量(GB2762-2012.)[S]. 北京:中国标准出版社,2012.