

重庆市万州区市售鲜辣椒中镉和铬污染现状评价

童磊¹, 范明月¹, 程永红², 王丹¹, 幸艺芳², 杨柳清¹, 程龙凤^{2*}

(1. 重庆三峡医药高等专科学校, 重庆 404120; 2. 重庆市万州区疾病预防控制中心, 重庆 404120)

摘要: 目的 了解重庆市万州区市售鲜辣椒中镉和铬元素污染情况, 对辣椒食用的安全性进行评价, 为后期进行食品风险预警提供依据。**方法** 采用石墨炉原子化法测定辣椒中的镉和铬元素的含量, 利用单因子污染指数法和内梅罗指数法对辣椒中重金属镉、铬污染进行评价。**结果** 20份辣椒样品中镉元素平均检出浓度为 (0.094 ± 0.042) mg/kg, 最高值为0.195 mg/kg, 超标率为85%。单因子污染指数分析显示, 重庆市万州区鲜辣椒属于镉元素的轻度污染范围内。内梅罗指数分析显示, 重庆万州区鲜辣椒属于轻度污染范围内, 且镉元素的单因子污染指数对内梅罗指数贡献较大。**结论** 重庆市万州区市售辣椒存在镉元素超标的现象, 可能与土壤中镉元素超标有关。

关键词: 辣椒; 重金属污染; 镉; 铬

Evaluation of cadmium and chromium pollution in fresh peppers from Wanzhou district of Chongqing

TONG Lei¹, FAN Ming-Yue¹, CHENG Yong-Hong², WANG Dan¹, XING Yi-Fang²,
YANG Liu-Qing¹, CHENG Long-Feng^{2*}

(1. Chongqing Three Gorges Medical College, Chongqing 404120, China;

2. Chongqing Wanzhou District Center for Disease Control and Prevention, Chongqing 404120, China)

ABSTRACT: Objective To understand the pollution of cadmium and chromium in fresh peppers sold in Wanzhou district of Chongqing, and to evaluate the safety of pepper consumption, so as to provide a basis for food risk warning in the later stage. **Methods** The contents of cadmium and chromium in pepper were determined by graphite furnace atomization method. The pollutions of heavy metal cadmium and chromium in pepper were evaluated by single factor pollution index and Nemero index. **Results** The average detection concentration of cadmium in 20 pepper samples was (0.094 ± 0.042) mg/kg, the highest value was 0.195 mg/kg, and the over-standard rate was 85%. The single factor pollution index analysis showed that fresh peppers in Wanzhou District of Chongqing were belonged to the mild cadmium pollution. The Nemero index analysis showed that fresh peppers in Wanzhou district of Chongqing were belonged to mild pollution, and the single factor pollution index of cadmium contributed a lot to the Nemero index. **Conclusion** There is a phenomenon of excessive cadmium in peppers sold in Wanzhou district, Chongqing, which may be related to excessive cadmium in soil.

KEY WORDS: pepper; heavy metal pollution; cadmium; chromium

*通讯作者: 程龙凤, 硕士, 主管医师, 主要研究方向为食品安全检测。E-mail: 690563473@qq.com

*Corresponding author: CHENG Long-Feng, Master, Supervisor, Chongqing Wanzhou District Center for Disease Control and Prevention, No.408, Tianxing Road, Wanzhou District, Chongqing 404120, China. E-mail: 690563473@qq.com

1 引 言

辣椒是川渝地区普通居民日常生活中必不可少的蔬菜和调味品,但随着土壤被重金属污染的情况日益严重,越来越多的果蔬产品被检测出了重金属残留,尤其是以铅、镉、铬、砷、汞等重金属元素的污染最为常见^[1-5]。现有研究显示,辣椒对镉元素存在富集作用,且与土壤中镉元素的含量存在一定的线性关系,导致有相当一部分镉元素(Cd)存在辣椒果实中^[6,7]。重金属元素超标的辣椒,通过食物链进入人体给人体带来健康隐患。由于 Cd 元素半衰期较长,能够较长时间存在人体中,且会影响机体钙的正常代谢,出现骨软化病和骨质疏松等症状^[8]。此外,日本的一项研究显示,过量的镉元素摄入会增加乳腺癌患病风险^[9]。世界卫生组织(World Health Organization, WHO)和美国环保局(United States Environmental Protection Agency, USEPA)所规定 Cd 每日最大允许摄入量(acceptable daily intake, ADI)均为 1 μg/kg^[10]。而铬元素(Cr)被摄入人体后,主要蓄积在肺、肝、肾和分泌腺中,有明显的致畸、致癌、致突变的作用^[11]。重庆市作为我国耕地重金属污染的多发地区,对于辣椒中重金属元素污染方面的研究少有报道^[12,13]。因此,本文通过对重庆市市售鲜辣椒的重金属元素进行检测,对其污染状况进行分析评价,以期为以后深入研究和制定解决方案提供科学依据。

2 材料与方法

2.1 材料、试剂与仪器

样品来源于从万州区各超市、菜市场中随机购买本地出产的红色鲜尖椒 20 份。

硝酸(优级纯,川东化工公司);双氧水(色谱纯,天津市光复精细化工研究所);镉标准品(镉标准溶液 1000 μg/mL,钢铁研究总院);铬标准品(铬标准溶液 1000 μg/mL,钢铁研究总院)。

Anton Paar 微波消解仪(奥地利安东帕公司);PE PinAAcle 900T 自动石墨炉分光光谱仪(美国 PE 公司);JA1103 千分之一电子天平(上海民桥精密科学仪器有限公司)。

2.2 实验方法

2.2.1 样品前处理

将每份样品洗净后,直接捣碎,称取 0.500 g 置于聚四氟乙烯内罐,加 5 mL 硝酸放置过夜,再加 2 mL 双氧水,放置微波消解仪中进行消化。然后取出置于赶酸器中,用 1%硝酸溶液转至 10 mL 比色管,定容。

2.2.2 检测方法

镉的检测方法按照 GB 5009.15-2014^[14]《食品安全国家标准 食品中镉的测定》规定的测定,采用石墨炉原子吸收光谱法;铬的检测方法按照 GB 5009.123-2014^[15]《食品安全国家标准 食品中铬的测定》,采用石墨炉原子吸收光谱法。

2.2.3 评价方法

采用 GB 2762-2017^[16]《食品安全国家标准 食品中污染物限量》评价辣椒中重金属元素镉、铬的含量,新鲜蔬菜中镉含量(叶菜蔬菜、豆类蔬菜、块根和块茎蔬菜、茎类蔬菜、黄花菜除外)≤0.05 mg/kg,蔬菜及其制品中新鲜蔬菜中铬含量≤0.5 mg/kg。

采用单因子污染指数法和内梅罗指数法^[17]对辣椒中重金属镉、铬污染进行评价及分级标准(见表 1),公式为

$$P_i = \frac{C_i}{S_i} \tag{1}$$

P_i 指单项因子污染指数; C_i 指辣椒中重金属的实测浓度, mg/kg; S_i 指辣椒中重金属的评价标准, mg/kg。

$$P_{\text{综}} = \sqrt{\frac{P_{\text{max}}^2 + P_{\text{ave}}^2}{2}} \tag{2}$$

$P_{\text{综}}$ 指内梅罗指数; P_{max} 指单项因子污染指数(P_i)的最大值; P_{ave} 指单项因子污染指数(P_i)的平均值。

表 1 单项因子污染指数和内梅罗指数分级标准
Table 1 Grading standard of single factor pollution index and nemero index

P_i	$P_{\text{综}}$	污染等级
$P_i \leq 0.7$	$P_{\text{综}} \leq 0.7$	安全
$0.7 < P_i \leq 1$	$0.7 < P_{\text{综}} \leq 1$	警戒级
$1 < P_i \leq 2$	$1 < P_{\text{综}} \leq 2$	轻污染
$2 < P_i \leq 3$	$2 < P_{\text{综}} \leq 3$	中污染
$P_i > 3$	$P_{\text{综}} > 3$	重污染

2.2.4 质量控制

为确保实验结果的准确性和可靠性,所有样品在处理前均彻底清洁,实验用玻璃器皿均彻底刷洗后,经 10%硝酸溶液浸泡 24 h,用蒸馏水冲洗后烘干备用。同时进行空白实验和平行实验。

3 结果与分析

3.1 仪器检出限和线性关系

镉的含量在 0.00~2.50 μg/L、铬的含量在 0.00~20.00 μg/L 时,线性关系良好,相关系数均大于 0.999;以仪器最低吸光度 0.0044 除以该吸光度对应的浓度,得出仪器检出限,镉、铬的最低检出限分别为 0.004 μg/kg 和 0.020 μg/kg,见表 2。

3.2 样品的检出情况

从表 3 和表 4 可见,万州区鲜辣椒中镉元素检测浓度最高值为 0.195 mg/kg,最低值为 0 mg/kg,平均检出浓度为(0.094±0.042) mg/kg,超标率为 85%;铬元素检测浓度最高值为 0.0972 mg/kg,最低值为 0 mg/kg,平均检出浓度为(0.008±0.026) mg/kg,超标率为 0。

表 2 鲜辣椒中镉、铬的线性范围和检出限
Table 2 Linear range and detection limit of cadmium and chromium in fresh pepper

金属元素	线性范围/(μg/L)	线性方程	相关系数 r	检出限/(μg/kg)
Cd	0.00~2.50	$Y=0.02877X+0.00178$	0.9991	0.004
Cr	0.00~20.00	$Y=0.01287X+0.00065$	0.9992	0.020

表 3 鲜辣椒中镉和铬的含量($n=6$)
Table 3 Cadmium and chromium content in fresh pepper($n=6$)

样品编号	Cd 检测结果/(mg/kg)	Cr 检测结果/(mg/kg)
1	0.103	≤方法检出限
2	0.125	≤方法检出限
3	0.195	0.065
4	0.096	≤方法检出限
5	0.079	≤方法检出限
6	0.124	≤方法检出限
7	0.092	≤方法检出限
8	0.135	≤方法检出限
9	0.050	≤方法检出限
10	≤方法检出限	≤方法检出限
11	0.084	≤方法检出限
12	0.097	≤方法检出限
13	0.138	≤方法检出限
14	0.062	≤方法检出限
15	0.121	≤方法检出限
16	0.046	≤方法检出限
17	0.062	0.097
18	0.062	≤方法检出限
19	0.087	≤方法检出限
20	0.118	≤方法检出限

表 4 鲜辣椒中镉、铬重金属质量比统计($n=6$)
Table 4 Comparison of mass ratio of cadmium and chromium heavy metals in fresh pepper($n=6$)

元素	平均值/(mg/kg)	标准差/(mg/kg)	超标率/%
Cd	0.094	0.042	85
Cr	0.008	0.026	0

3.3 污染指数分析

根据公式(1)和公式(2), 分别计算出鲜辣椒中的重金属元素镉和铬的单项因子污染指数(P_i)和2种重金属元素的内梅罗指数($P_{综}$), 见表5。根据单项因子污染指数和内梅罗指数的分级情况, 我们发现万州区鲜辣椒中镉元素的单项因子污染指数为1.876, 处于 $1 < P_i \leq 2$, 属于轻污染范围内,

而铬元素的单项因子污染指数为0.016, 处于 $P_i \leq 0.7$, 属于安全范围内。2种元素的内梅罗指数为1.486, $1 < P_{综} \leq 2$, 属于轻污染范围内, 且镉元素的单项因子污染指数对内梅罗指数的贡献大。

表 5 鲜辣椒中镉、铬污染指数分析
Table 5 Analysis of pollution index of cadmium and chromium in fresh pepper

P_i (Cd)	P_i (Cr)	P_{max}	P_{ave}	$P_{综}$
1.876	0.016	1.876	0.946	1.486

4 结论与讨论

根据本次实验检查情况来看, 重庆市万州区市售红色鲜辣椒中镉污染情况较为严重, 最高检出浓度为 0.195 mg/kg, 超过国家标准 3.9 倍, 超标率为 85%。Uwamungu 等^[18]对兰州市西固区蔬菜重金属污染现状的研究结果显示, 辣椒中镉元素含量为 0.042 mg/kg, 而何一宁等^[19]对长沙市售蔬菜中重金属元素检测结果显示, 辣椒中镉元素含量为 (0.20±0.13) mg/kg, 超标率为 91.67%。我国不同地区辣椒中镉元素污染情况不一致, 主要与当地土壤中镉元素含量有关, 重庆市万州区土壤中存在镉元素污染的情况, 需要引起有关部门注意。结合单因子指数和内梅罗指数分析辣椒中镉与铬元素的污染情况, 重庆市万州区镉污染呈现轻度污染状态。

综上, 建议有关部门进一步加大对土壤中重金属污染情况的监测, 及时对土壤中存在的重金属污染进行综合治疗, 避免辣椒在生产过程中被镉元素污染。同时, 提高辣椒中镉元素的风险监测力度, 建立健全食品安全风险预警机制, 维护好普通群众的餐桌上的安全, 确保人民群众能购买到安全放心的辣椒。

参考文献

[1] 郭爱珍, 陈斌, 程曼, 等. 我国蔬菜重金属污染现状及防控措施[J]. 山西农业科学, 2016, 44(4): 560-564.
Guo AZ, Chen B, Cheng M, *et al.* Present situation of heavy metal pollution of vegetables in china and its prevention and control measures [J]. J Shanxi Agric, 2016, 44(4): 560-564.
[2] 詹珍洁, 陈建业, 管克. 温州市瓯海区市售蔬菜中铅、镉、砷检测结果分析[J]. 中国卫生检验杂志, 2017, 27(6): 866-868.
Zhan ZJ, Chen JY, Guan K. Analysis of detection results of lead, cadmium and arsenic in vegetables sold in Ouhai district, Wenzhou [J]. Chin J

- Health Lab Technol, 2017, 27(6): 866–868.
- [3] 李富荣, 李敏, 杜应琼, 等. 茄果类蔬菜对其产地土壤重金属的吸收富集与安全阈值研究[J]. 农产品质量与安全, 2018, (1): 52–58.
- Li FR, Li M, Du YQ, *et al.* Study on absorption, enrichment and safety threshold of heavy metals in solanum fruit vegetables [J]. Qual Saf Agro-Prod, 2018, (1): 52–58.
- [4] 高杨, 李琦, 许东升. 煤矿区果菜类蔬菜重金属富集特征及污染风险评价[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2018, 38(5): 64–70.
- Gao Y, Li Q, Xu DS. Enrichment characteristics and pollution risk assessment of heavy metals in fruit vegetable around coal mine [J]. J Shanxi Agric Univ (Nat Sci Ed), 2018, 38(5): 64–70.
- [5] 顾燕青, 顾优丽, 白倩, 等. 杭州市菜地蔬菜对土壤重金属的富集特性研究[J]. 农业资源与环境学报, 2015, 32(4): 401–410.
- Gu YQ, Gu YL, Bai Q, *et al.* Heavy metals accumulation characteristics of vegetables in Hangzhou city, China [J]. J Agric Res Environ, 2015, 32(4): 401–410.
- [6] 张建, 杨瑞东, 陈蓉, 等. 贵州喀斯特地区土壤-辣椒体系重金属元素的生物迁移累积特征[J]. 食品科学, 2017, 38(21): 175–181.
- Zhang J, Yang RD, Chen R, *et al.* Bioconcentration of heavy metals in soil-Capsicum annuum system in Karst areas of Guizhou province [J]. Food Sci, 2017, 38(21): 175–181.
- [7] 邢丹, 张爱民, 王永平, 等. 贵州典型土壤-辣椒系统中镉的迁移富集特征[J]. 西南农业学报, 2016, 29(2): 332–336.
- Xing D, Zhang AM, Wang YP, *et al.* Transport and enrichment characteristics of Cd in typical Guizhou soil-Pepper system [J]. Southwest China J Agric Sci, 2016, 29(2): 332–336.
- [8] 杨晶. 辣椒与玉米间作对重金属吸收的影响及其机理的研究[D]. 沈阳: 沈阳大学, 2016.
- Yang J. The effect and mechanism of intercropping on heavy metal absorption of pepper and maize [D]. Shenyang: Shenyang University, 2016.
- [9] Itoh H, Iwasaki M, Sawada N, *et al.* Dietary cadmium intake and breast cancer risk in Japanese women: A case-control study [J]. Int J Hyg Environ Health, 2014, 217(1): 70–77.
- [10] 陈英, 陈昌俊. 土壤介质中镉污染对辣椒的影响[J]. 绵阳师范学院学报, 2014, 33(5): 43–48.
- Chen Y, Chen CJ. Effect of cadmium pollution on soil in soil [J]. J Mianyang Nor Univ, 2014, 33(5): 43–48.
- [11] 李君, 柳晓琳, 吴鹏. 铬污染地区蔬菜铬含量状况分析[J]. 现代预防医学, 2014, 41(21): 3876–3878.
- Li J, Liu XL, Wu P. Assessment of content of Cr on vegetables from polluted area [J]. Mod Prev Med, 2014, 41(21): 3876–3878.
- [12] 宋伟, 陈百明, 刘琳. 中国耕地土壤重金属污染概况[J]. 水土保持研究, 2013, 20(2): 293–298.
- Song W, Chen BM, Liu L. Soil heavy metal pollution of cultivated land in China [J]. Res Soil Water Conserv, 2013, 20(2): 293–298.
- [13] 刘丽. 重金属在土壤-蔬菜系统中的迁移转运与调控及其健康风险评估[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2018.
- Liu L. Translocation, migration, and control of heavy metals and health risk assessment in soil-Vegetable system [D]. Changsha: Central South University of Forestry and Technology, 2018.
- [14] GB/T 5009.15–2014 食品安全国家标准 食品中镉的测定[S].
- GB/T 5009.15–2014 National food safety standards-Determination of cadmium in food [S].
- [15] GB/T 5009.123–2014 食品安全国家标准 食品中铬的测定[S].
- GB/T 5009.123–2014 National food safety standards-Determination of chromium in food [S].
- [16] GB/T 2762–2017 食品安全国家标准 食品中污染物限量[S].
- GB/T 2762–2017 National food safety standards-Contaminant limit in food [S].
- [17] 杨胜香, 易浪波, 刘佳, 等. 湘西花垣矿区蔬菜重金属污染现状及健康风险评价[J]. 农业环境科学学报, 2012, 31(1): 17–23.
- Yang SX, Yi LB, Liu J, *et al.* Heavy metals concentrations and health risk in vegetables grown on Mn and Pb/Zn mineland in Huayuan country, west Hunan province [J]. J Agro-Environ Sci, 2012, 31(1): 17–23.
- [18] Uwamungu JY, 蒋煜峰, 孙航, 等. 兰州市西固区蔬菜重金属污染现状及健康风险评价研究[J]. 环境科学与管理, 2016, 41(11): 107–111.
- Uwamungu JY, Jiang YF, Sun H, *et al.* Heavy metal concentrations and health risk in vegetables grown in Xigu industrial district in Lanzhou city [J]. Environ Sci Manag, 2016, 41(11): 107–111.
- [19] 何一宁, 成佩霞, 王明, 等. 市售蔬菜铅、镉、砷含量检测与分析[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(15): 4804–4805, 4808.
- He YN, Cheng PX, Wang M, *et al.* Detection and analysis of lead, cadmium and arsenic contents in vegetables [J]. J Anhui Agric Sci, 2014, 42(15): 4804–4805, 4808.

(责任编辑: 王 欣)

作者简介



童 磊, 硕士, 主要研究方向为食品安全检测。

E-mail: 1037394233@qq.com

程龙凤, 硕士, 主管医师, 主要研究方向为食品安全检测。

E-mail: 690563473@qq.com