

# 市售蔬菜铅、镉、砷含量检测与分析

何一宁, 成佩霞, 王明, 胡敏予\* (中南大学公共卫生学院营养与食品卫生学系, 湖南长沙 410078)

**摘要** [目的]检测并分析长沙市区市售8种蔬菜中铅、镉、砷的含量,了解蔬菜所受重金属污染的情况,为进一步研究提供科学依据。[方法]随机抽取长沙市区大型菜市场及超市各6处,选取有代表性的8种蔬菜,共96份样品进行检测,依照现行GB2762-2012食品中污染物限量标准,尼梅罗综合污染指数( $P_i$ )及分级标准进行评估,其中 $P_i \leq 1$ 为未污染,  $1 < P_i \leq 2$ 为轻污染,  $2 < P_i \leq 3$ 为中污染,  $P_i > 3$ 为重污染。[结果]96份样品中铅、镉、砷含量范围分别为0.06~1.41、0.06~1.26、0.00~0.91,超标率分别为78.13%、45.83%和34.38%;综合污染指数数值在0.90~6.05,其中茄子为6.05,辣椒为3.24;各组蔬菜间铅( $F=23.908, P=0.001$ )、镉( $F=64.908, P=0.000$ )含量差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),砷含量差异无统计学意义( $F=4.634, P=0.705 > 0.05$ )。[结论]研究表明,长沙市售蔬菜中存在一定铅、镉、砷含量超标的情况,以铅超标率最高。综合污染指数分析表明,蔬菜重金属污染大多属于轻至中污染,瓜果类蔬菜属于重污染,镉是引起瓜果类蔬菜污染的主要因素。

**关键词** 重金属;蔬菜;铅;镉;砷

中图分类号 S181.3;R155.5<sup>+</sup>4 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2014)15-04804-02

## Detection and Analysis of Lead, Cadmium and Arsenic Contents in Vegetables

HE Yi-ning, HU Ming-yu et al (Department of Nutrition and Food Hygiene, School of Public Health, Central South University, Changsha, Hunan 410078)

**Abstract** [Objective] To detect the concentration of heavy metals (Pb, Cd, As) in vegetables, and to understand the current situation of heavy metal contamination in vegetables, in order to come up with scientific reference to further researches. [Method] Randomly select 6 markets and 6 supermarkets and select 8 representative kinds of vegetable (96 samples totally). Detect in the samples, then evaluate the pollution according to GB2762-2012 Maximum levels of contaminants in foods and the Nemerow index method ( $P_i$ ) of the three metals Pb, Cd, As.  $P_i$  is divided into 4 levels: uncontaminated ( $P_i \leq 1$ ), mildly contaminated ( $1 < P_i \leq 2$ ), moderately contaminated ( $2 < P_i \leq 3$ ), and highly contaminated ( $P_i > 3$ ). [Result] The range concentration of the Pb, Cd, As in the 96 samples are respectively: (0.06-1.41), (0.06-1.26) and (0.00-0.91) mg/kg. The percentage of samples in which the 3 heavy metal levels are higher than the corresponding safety values are 78.13%, 45.83% and 34.38% respectively. The contents of Pb ( $F=23.908, P=0.001$ ) and Cd ( $F=64.908, P=0.000$ ) are significantly different between 8 kinds and there is no significant difference between the contents As ( $F=4.634, P=0.705 > 0.05$ ) in 8 kinds. The values of  $P_i$  are ranged from 0.9 to 6.05 and Cd's pollution index makes up the most percentage of 3 metals in  $P_i$ . [Conclusion] There is a condition that Pb, Cd, As contents in some of the sample are higher than the maximum contaminants level; the analysis of  $P_i$  shows that the vegetables is slightly or moderately contaminated, and amphiscarca are highly contaminated, and Cd is the most important factor for the heavy metal contamination in vegetables.

**Key words** Heavy metal; Vegetables; Lead; Cadmium; Arsenic

蔬菜是人们生活中的不可或缺的重要食品之一,根据《中国居民膳食指南》(2007)中对一般人群的膳食指南部分,提倡食物多样,谷物为主,粗细搭配,并指出要多吃蔬菜、水果和薯类<sup>[1]</sup>。但随着经济的发展,近年来环境污染日趋加重,重金属等对土壤和水体的污染也越趋严重,从而对植物的生长和发育产生了一定的影响。重金属可以通过进入植物的根、茎、叶中贮积并通过食物链而最终进入人体内,对人体的健康造成危害<sup>[2]</sup>。蔬菜的摄入量在每天的食物摄入量中占据了较大比重,因此,蔬菜中所含的重金属是不可忽视的。之前诸多研究表明<sup>[3-4]</sup>,长沙市蔬菜受重金属污染严重,尤以铅、镉为甚。然而近年来相关研究偏少,因此,有必要通过对长沙市现有的市售蔬菜的重金属进行检测,对其污染状况重新作出调查和评价。

笔者通过随机选取长沙市市区中的3个区的8种蔬菜,对其中的铅、镉、砷3种重金属的含量进行检测,同时对结果进行分析,为深入研究以及制定解决方案提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 样品来源

中南大学大学生创新训练项目(YC12355)。  
作者简介 何一宁(1993-),女,浙江宁波人,本科生,专业:预防医学。  
\*通讯作者,教授,从事食品安全、营养与慢性病预防研究。  
收稿日期 2014-04-28

超市,每处各采集8种当季蔬菜样品,共96份样品进行检测,其中每份样本中每种蔬菜的采样量为1kg。

**1.2 测定项目及方法** 铅、镉含量的检测分别按照现行GB/T5009.12-2010,GB/T5009.15-2003检测方法执行,采用石墨炉原子吸收光谱法;砷含量的检测按GB/T5009.11-2003执行,采用银盐法。

**1.3 评价方法** 蔬菜中重金属污染评价标准采用现行GB2762-2012食品中污染物限量标准,蔬菜(球茎、叶菜、食用菌除外)中铅 $\leq 0.1$  mg/kg,球茎蔬菜、叶菜类铅 $\leq 0.3$  mg/kg;根茎类蔬菜(芹菜除外)镉 $\leq 0.1$  mg/kg,叶菜、芹菜、食用菌类镉 $\leq 0.2$  mg/kg,其他蔬菜中镉 $\leq 0.05$  mg/kg;蔬菜中砷 $\leq 0.5$  mg/kg。

评价方法采用尼梅罗(Nemerow N L)综合污染指数法<sup>[5]</sup>及分级标准(表1),公式为:

$$P_i = \{ [(C_i/S_i)^2 \max + (C_i/S_i)^2 \text{ave}] / 2 \}^{1/2}$$

式中, $P_i$ 为综合污染指数; $C_i$ 为污染物*i*的实测浓度; $S_i$ 为污染物*i*的评价标准; $(C_i/S_i) \max$ 为污染物中污染指数最大值; $(C_i/S_i) \text{ave}$ 为污染物中污染指数平均值;单项污染指数 $P_i = C_i/S_i$ 。

**1.4 质量控制** 试验用玻璃器皿先经过洗涤剂刷洗后,经10%硝酸溶液浸泡24h,再用蒸馏水冲洗,烘干,备用。试验

准确度:对铅、镉、砷标准溶液拟合曲线进行回归分析(回归系数  $r$  分别为 0.997、0.998、0.997)。试验精密性:向样品中加入标准物质,采取与样品同样的方法进行消化和检测。计算铅回收率为 97.47%,镉回收率为 100.54%,砷回收率为 101.19%。

表 1 尼梅罗综合污染指数法分级标准

等级划分	$P_i$	污染程度
1	$P_i \leq 1$	未污染
2	$1 < P_i \leq 2$	轻污染
3	$2 < P_i \leq 3$	中污染
4	$P_i > 3$	重污染

**1.5 统计学分析** 采用 SPSS 19.0 统计软件进行数据分析。正态分布采用单因素方差分析进行多样本均数的比较,两两比较采用  $LSD-t$  检验;非正态分布采用秩和检验比较组间差异。显著性水准  $\alpha = 0.05$ 。

## 2 结果与分析

**2.1 样品总体情况** 蔬菜中铅、镉、砷检测结果及分析见表

2。表 2 结果显示,样品中铅、镉、砷 3 种重金属超标率分别为 78.13%、45.83% 和 34.38%。

表 2 蔬菜中铅、镉、砷检测结果( $n=96$ )

项目	份数	含量范围//mg/kg	超标份数	超标率//%
铅	96	0.06~1.41	75	78.13
镉	96	0.00~0.91	44	45.83
砷	96	0.06~1.26	33	34.38

**2.2 样品铅、镉、砷含量检测结果** 分别利用方差分析或秩和检验比较 3 种重金属在不同蔬菜品种间的差异,8 种蔬菜样品中铅、镉、砷检测结果见表 3。表 3 分析结果显示,各组蔬菜间铅含量差异有统计学意义( $F=23.908, P=0.001$ );镉含量差异有统计学意义( $F=64.908; P=0.000$ );砷含量差异无统计学意义( $F=4.634, P=0.705$ )。由此可知,铅在叶菜类蔬菜中含量较其他类蔬菜高,叶菜类及瓜果类蔬菜中镉含量高于根茎类蔬菜,砷无明显差异。

**2.3 样品污染指数分析** 样品中 3 种重金属的总体污染指数计算结果及污染程度见表 4。表 4 结果显示,茄子与辣椒

表 3 蔬菜中铅、镉、砷检测结果

蔬菜名称	Pb			Cd			As		
	$\bar{x} \pm s$	国家标准(GB)	超标份数	$\bar{x} \pm s$	国家标准(GB)	超标份数	$\bar{x} \pm s$	国家标准(GB)	超标份数
	mg/kg	mg/kg		mg/kg	mg/kg		mg/kg	mg/kg	
莴苣( $n=12$ )	0.28 ± 0.16	≤0.30	4	0.08 ± 0.04	≤0.10	2	0.45 ± 0.23	≤0.50	4
茄子( $n=12$ )	0.34 ± 0.12	≤0.10	12	0.38 ± 0.18	≤0.05	12	0.39 ± 0.20	≤0.50	3
白萝卜( $n=12$ )	0.20 ± 0.13	≤0.10	10	0.25 ± 0.14	≤0.10	10	0.48 ± 0.25	≤0.50	5
空心菜( $n=12$ )	0.51 ± 0.40	≤0.30	7	0.36 ± 0.25	≤0.20	9	0.50 ± 0.28	≤0.50	4
菜花( $n=12$ )	0.21 ± 0.12	≤0.10	10	0.02 ± 0.01	≤0.20	0	0.50 ± 0.33	≤0.50	2
小白菜( $n=12$ )	0.43 ± 0.22	≤0.30	8	0.19 ± 0.14	≤0.20	0	0.60 ± 0.28	≤0.50	8
辣椒( $n=12$ )	0.19 ± 0.06	≤0.10	12	0.20 ± 0.13	≤0.05	11	0.39 ± 0.22	≤0.50	3
生菜( $n=12$ )	0.31 ± 0.25	≤0.30	12	0.16 ± 0.10	≤0.20	3	0.45 ± 0.22	≤0.50	4

$P_i$  超过 3,莴苣与生菜  $P_i$  小于 1,其余蔬菜  $P_i$  处于 1~3。镉的单项污染指数( $P_i$ )值对综合污染指数( $P_i$ )贡献最大,铅其次,砷最小。

表 4 蔬菜污染指数分析结果

种类	单项污染指数( $P_i$ )			综合污染指数( $P_i$ )	污染程度
	Pb	Cd	As		
莴苣	0.93	0.80	0.90	0.90	未污染
茄子	3.40	7.60	0.78	6.05	重污染
白萝卜	2.00	2.50	0.96	2.19	中污染
空心菜	1.70	1.80	1.00	1.66	轻污染
菜花	2.10	0.10	1.00	1.67	轻污染
小白菜	1.43	0.95	1.20	1.32	轻污染
辣椒	1.90	4.00	0.78	3.24	重污染
生菜	1.03	0.80	0.90	0.97	未污染

## 3 结论与讨论

蔬菜作为人们日常生活中的必备食物,其安全性受各界广泛关注。而重金属作为危害蔬菜安全的主要因素之一,若在蔬菜中大量累积,会通过食物链进入人体,危及人类健康。有研究表明,铅是增大非癌症类疾病患病风险的主要重金属之一,如铅中毒会降低甲状腺摄取碘及血浆蛋白结合碘的能

力引起甲状腺疾病<sup>[6]</sup>;镉则是增大癌症类疾病患病风险的主要重金属,如日本最近有一项研究显示,日常镉摄入增加会大大提高罹患乳腺癌的风险<sup>[7]</sup>;砷摄入过多也可引起多种健康问题,包括皮肤、呼吸道、心血管、胃肠道、血液、肝脏、肾脏、神经、发育、生殖、免疫、基因毒性等各种系统疾病,并且有一定致癌作用<sup>[8]</sup>。该试验旨在通过检测市售蔬菜中铅、镉、砷的含量,了解蔬菜所受重金属污染的情况,为进一步研究提供科学依据。

近年来,联合国开发计划署(UNDP)、联合国粮食安全组织(FAO)、世界卫生组织(WHO)等国际组织都把蔬菜等食物中的重金属污染作为全球食物污染监测计划中的重要项目。有关这方面的检测也有陆续报道,如 Singh 等通过调查新德里郊区的蔬菜重金属污染现状发现,菠菜中 Cu、Zn、Pb、Cd 等含量超标,超标率分别为 13%、95%、78% 和 100%<sup>[9]</sup>;George 等对 4 个农场 46 个采样点的蔬菜进行重金属含量检测,结果发现几乎所有采自 Boolaroo 地区的蔬菜中 Pb、Cd 含量都超过了澳大利亚食品标准中关于 Pb、Cd 的限量标准<sup>[10]</sup>。该试验通过随机对长沙市区销售的 8 种蔬菜取样测定,样品中铅、镉、砷 3 种重金属超标率分别为 78.13%、45.83%、34.38%,

大的参数,是城市土地所具有的特殊自然性质和经济性质,其结构也具有与一般商品价格不同的特点。

**3.3.2 影响城市土地价格的因素。**影响城市土地价格的因素主要有:一是城市土地区位、形状和坡度;二是城市土地使用限制,主要指城市土地规划及其他规划要求;三是城市用地性质;四是城市土地增值,随着城市经济的发展和时间的推移,城市土地价格呈现不断上升的趋势;五是城市基础设施完备程度;六是城市经济结构,主要指城市的产业结构、城市经济性质。

**3.3.3 城市土地价格估算。**由于决定城市土地价格的因素很多,不可能进行精确的计算,只能依据一定的方法进行估算。国际上通用的是收益资本化法,又称收益还原法或地租资本化法,是将土地纯收益按一定的利率资本化,即在一定贴现率条件下土地未来纯收益的贴现值总和<sup>[3]</sup>。用收益

(上接第4805页)

这表明长沙市售蔬菜中同样有一定的重金属污染。

蔬菜的重金属污染问题在我国也受到了广泛关注。有研究报道,我国受Cd、As、Cr、Pb等重金属污染的耕地面积近2 000万hm<sup>2</sup>,一些国家和地区已拒绝进口我国被污染的农副产品<sup>[11]</sup>,给我国经济带来了巨大损失;另一方面,人们对食品安全的重视日益提高,寻找蔬菜被重金属污染的原因有重要意义。有调查提示,蔬菜的重金属污染可能与土壤中重金属含量有关。Salazar MJ等对阿根廷大豆及当地土壤中重金属含量进行测定及分析后认为,大豆中所含重金属的量与种植土壤中含有直接关系<sup>[12]</sup>。崔晓峰等的数据分析结果也认为,蔬菜中重金属含量与土壤中Pb、Cd的总量、有效态含量之间呈显著正相关关系,与土壤中As的总量无显著相关性<sup>[13]</sup>。然而Liu X等的研究中,土壤中重金属和蔬菜中重金属含量却没有直接的统计学意义,因此他们提出,为保证耕地土壤质量和食品安全,额外的环境质量监测也应被重视<sup>[14]</sup>,如未经处理的灌溉用水<sup>[15]</sup>及空气中重金属的浓度<sup>[16]</sup>等。要明确土壤及其他相关因素对蔬菜重金属含量的影响仍需进一步的研究。

有研究表明,不同种类的蔬菜对重金属吸收与富集能力有较大差别,同种蔬菜对不同重金属吸收与富集能力也有较大差别。从该试验结果来看,发现铅在叶菜类蔬菜中含量较其他类蔬菜高,镉在叶菜类及瓜果类蔬菜中含量高于根茎类蔬菜,砷则无明显差异,可认为叶菜类蔬菜对铅和镉的吸收与富集能力大于其他蔬菜种类。镉的单项污染指数( $P_i$ )值对综合污染指数( $P_c$ )贡献最大,可认为镉更容易被叶菜类及瓜果类蔬菜吸收。这也在一定程度上支持了以上说法。

综上所述,样品蔬菜存在一定铅、镉、砷重金属含量超标的情况,铅超标率最高,达到78.13%。综合污染指数值提示,蔬菜重金属污染大多属于轻至中污染,瓜果类蔬菜属于重污染,其中镉是引起瓜果类蔬菜污染的主要因素。针对以

资本化法估算土地价格一般分3步:首先调查土地的生产能力并统计其每年的平均纯收益;然后选定适当的利息率作为资本化的标准利率;最后研究该地块的非经济利益,对求得的土地价格予以调整,从一定收益中减去土地投资、折旧、损耗及其他费用后,其差额就是土地纯收益。我国城市土地价格在估算过程中,除坚持实行这一方法外,还应该考虑我国城市土地使用制度的现状,制定符合我国实际情况的城市土地价格政策。

#### 参考文献

- [1] 马克思. 资本论,第3卷[M]. 北京:人民出版社,1975.
- [2] 宁静波. 土地制度创新研究[J]. 安徽农业科学,2012,40(6):3615-3616.
- [3] 席增雷,申春峰,陈向青. 招拍挂视角下的土地估价技术分析[J]. 安徽农业科学,2012,40(4):2342-2343,2317.

上情况,笔者将继续追踪蔬菜污染与土壤的相关因素,建议有关部门加强监测,同时进一步加强治理,积极研究寻找引起蔬菜被重金属污染的原因。

#### 参考文献

- [1] 中国营养学会. 中国居民膳食指南[M]. 拉萨:西藏出版社,2008.
- [2] 李红双,肖琼,徐建强. 不同环境蔬菜中铅污染的研究[J]. 广东微量元素科学,2007,14(10):34-38.
- [3] 李明德,汤海涛,汤睿,等. 长沙市郊蔬菜土壤和蔬菜重金属污染状况调查及评价[J]. 湖南农业科学,2005,3(3):34-36.
- [4] 沈彤,刘明月,贾来,等. 长沙地区蔬菜重金属污染初探[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版,2005,2(1):87-90.
- [5] NEMEROW N L. Accelerated waste water oxidation pond pilot plant studies[J]. Air and Water Pollution,1963(7):395-397.
- [6] 李其林,赵中金,黄灼. 重庆市近郊蔬菜基地土壤和蔬菜中重金属的质量现状[J]. 重庆环境科学,2000(6):33-36.
- [7] ITOH H, IWASAKI M, SAWADA N, et al. Dietary cadmium intake and breast cancer risk in Japanese women: a case-control study[J]. International Journal of Hygiene and Environmental Health,2014,217(1):70-77.
- [8] KAPAJ S, PETERSON H, LIBER K, et al. Human health effects from chronic arsenic poisoning-a review[J]. Journal of Environmental Science and Health Part A,2006,41(10):2399-2428.
- [9] SINGH S, KUMAR M. Heavy metal load of soil, water and vegetables in periurban Delhi[J]. Environ Monit Assess,2006,12(8):79-91.
- [10] GEORGE A, KACHENKO S, BALWANT S. Heavy metals contamination in vegetables grown in urban and metal smelter contaminated sites in Australia[J]. Water Air Soil Poll,2006,169:101-123.
- [11] 于春兰,薛美琴. 蔬菜基地土壤重金属污染现状调查与研究[J]. 蔬菜,2006(5):42-43.
- [12] SALAZAR M J, RODRIGUEZ J H, LEONARDO NIETO G, et al. Effects of heavy metal concentrations (Cd, Zn and Pb) in agricultural soils near different emission sources on quality, accumulation and food safety in soybean [*Glycine max* (L.) Merrill][J]. Journal of Hazardous Materials,2012,233/234:244-253.
- [13] 崔晓峰,李淑仪. 珠江三角洲地区典型菜地土壤与蔬菜重金属分布特征研究[J]. 生态环境学报,2012,21(1):130-135.
- [14] LIU X, SONG Q, TANG Y, et al. Human health risk assessment of heavy metals in soil-vegetable system: A multi-medium analysis[J]. Science of the Total Environment,2013,463:530-540.
- [15] KHAN M U. Human health risk from Heavy metal via food crops consumption with wastewater irrigation practices in Pakista[J]. Chemosphere,2013,93(10):2230-2238.
- [16] QU CSF. Human exposure pathways of heavy metals in a lead-zinc mining area, Jiangsu Province, China[J]. PloS ONE,2012,7(11):46793.