

## 绍兴市春笋重金属含量及其质量安全评价

冯肖军

(浙江省绍兴市环境绿化工作站, 浙江 绍兴 312000)

**摘要:** 在绍兴市5个毛竹 (*Phyllostachys heterocycla* cv. *Pubescens*) 主产区采集213份春笋样品, 测定了砷、铅、镉、汞和铬5种重金属的含量, 以食品安全国家标准食品中污染物限量为评价标准, 采用单因素污染指数和综合污染指数法对研究区域的毛竹春笋中的重金属进行了质量安全风险评价。结果表明: 5种重金属的检出率均超过98%, 根据GB2762-2012, 铬、砷、镉和汞未超标, 铅有5个批次超标; 5种元素相对含量高低顺序为铅>铬>汞>镉>砷, 其中铅含量平均值达到标准限量的64.6%, 其它4种元素均低于标准限量的32%; 从春笋的不同产地分析, 上虞区的春笋最为安全, 柯桥区的综合污染指数最高, 但综合污染指数均小于0.7, 说明绍兴市春笋受重金属污染的程度较小。

**关键词:** 毛竹; 春笋; 重金属含量; 污染指数; 质量安全; 绍兴市

中图分类号: S759.8

文献标识码: A

## Heavy Metal Content in Bamboo Shoot from Shaoxing and Quality Safety Evaluation

FENG Xiao-jun

(Shaoxing Environment and Greening Station of Zhejiang, Shaoxing 312000, China)

**Abstract:** Measurements were carried out on content of As, Pb, Cd, Hg and Cr in 213 samples of spring bamboo (*Phyllostachys heterocycla* cv. *Pubescens*) shoot collected from 5 areas of Shaoxing, Zhejiang province. Quality safety(QS) evaluation with single factor pollution index and comprehensive pollution index demonstrated that detection rate of 5 heavy metals reached 98%, but As, Cd, Hg and Cr content was safe according to GB 2762-2012, 5 samples had over-limit of Pb. Analysis on detection result indicated that shoot from Shangyu had the most quality safety, and that from Keqiao was the last, but comprehensive pollution index was lower than 0.7, meaning that spring shoot from Shaoxing was safe.

**Key words:** spring bamboo shoot; heavy metal content; pollution index; QS; Shaoxing

浙江省绍兴市的竹笋品种较多, 主要有毛竹笋、雷竹笋和哺鸡竹笋等, 其它还有鳊竹笋等, 其中毛竹笋又分为春笋、鞭笋和冬笋。绍兴市是浙江省毛竹的主产区之一, 现有竹林面积6.67万hm<sup>2</sup>, 其中毛竹面积5.87万hm<sup>2</sup>, 2014年全市毛笋干产量 $2.5 \times 10^4$ t。竹笋是绍兴市林业的主导产业之一, 已成为增加山区农民收入、帮助农民脱贫致富的重要渠道, 也是主要竹产区农村、农业经济发展和农民脱贫致富的支柱产业。毛竹春笋自然出笋期一般在3月下旬至4月中旬<sup>[1]</sup>, 是制作干菜笋的主要原料, 用于菜笋做汤、煮肉, 汤味鲜美, 是夏季很好的汤料<sup>[2]</sup>。

然而随着经济迅速发展, 环境污染加剧, 因工业“三废”排放和含重金属的农药、化肥的不合理使用, 导致土壤大面积受重金属污染, 进而污染农作物, 给人体健康带来潜在的危害<sup>[3]</sup>。竹笋虽然生长于环境较好的山林间,

收稿日期: 2015-03-04; 修回日期: 2015-08-11

作者简介: 冯肖军(1974-), 女, 浙江嵊州人, 工程师, 硕士, 从事林产品质量安全研究。

同样也遭受到重金属的威胁。据研究表明，竹笋对Cd和Pb等重金属具有一定的累积性，竹笋最易受到Cd的积累影响；而Pb是目前引起竹笋污染的主要元素<sup>[4]</sup>，近几年有报道称竹笋中Pd等重金属超标现象<sup>[5]</sup>。

重金属对人体具有高毒危害性<sup>[6]</sup>，铬、汞、镉、砷、铅及其化合物是食品质量安全控制的重点有害污染物，我国相关行业标准对竹笋中重金属限量要求作了严格的规定<sup>[7-9]</sup>，重金属污染不仅影响植物的产量和质量，更影响人体的健康<sup>[10]</sup>。因此，分析、评价竹笋重金属污染水平，对降低竹笋重金属含量，提高竹笋的质量，确保无公害竹笋的生产，保障人们的可食林产品安全，促进竹产业的可持续发展有重要意义。本研究拟对绍兴市毛竹春笋中重金属含量进行调查，并对其安全现状进行分析，以期对春笋重金属污染的监控提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 样品的采集

在竹笋上市季节，直接到生产基地、专业合作社、农贸市场进行抽样，所抽样品均分布于绍兴市鲜笋主要产区。柯桥区、上虞区、诸暨市、嵊州市、新昌县，样本数分别为 45、66、30、62、10 批次，总数为 213 批次。每个样品 1.5 kg，样品抽取后，用聚乙烯塑料食品袋包装带回实验室，进行制样冷冻处理。

### 1.2 样品的测定

春笋样品主要污染物测定参照国家标准，按实验室验证结果作适当的修改。本实验测定砷、铅、镉、汞、铬 5 种重金属含量。样品砷的测定按 GB/T 5009.11-2003 食品中总砷及无机砷的测定执行；铅的测定按 GB 5009.12-2010 食品安全国家标准 食品中铅的测定执行；镉的测定按 GB 5009.15-2003 食品安全国家标准 食品中镉的测定执行。汞的测定按 GB T 5009.17 -2003 食品安全国家标准食品中总汞及有机汞的测定执行。铬的测定按 GB T 5009.17 -2003 食品安全国家标准食品中铬的测定执行。

### 1.3 评价方法和标准

采用单因子污染指数法和综合污染指数法<sup>[11-12]</sup>对绍兴市春笋中重金属进行污染评价。其中单因子污染指数评价公式为：

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

式中， $P_i$ 为春笋中第*i*种重金属元素的污染指数， $C_i$ 为春笋中第*i*种重金属元素的实测含量（mg/kg）， $S_i$ 为春笋中第*i*种重金属元素的限量标准值（mg/kg）。

以综合污染指数反映春笋中所测重金属元素的综合污染水平。综合污染指数的公式为：

$$P_1 = \sqrt{\frac{P_{\text{imax}}^2 + P_{\text{iave}}^2}{2}} \tag{2}$$

式中， $P_1$ 为重金属综合污染指数，综合污染指数全面反映了各污染物的不同作用，同时又突出高浓度污染物的影响， $P_{\text{imax}}$ 为重金属污染物中最大单项污染指数， $P_{\text{iave}}$ 为各重金属污染指数的平均值。根据综合污染指数的计算结果，划定质量等级。

污染分级标准见表 1。

表 1 质量等级划分标准				
Table 1 Grading standard for pollution				
等级划分	单项污染指数	综合污染指数	污染等级	污染水平
1	$P_i < 0.7$	$P_1 < 0.7$	安全	清洁
2	$0.7 < P_i \leq 1.0$	$0.7 < P_1 \leq 1.0$	警戒级	尚清洁
3	$1.0 < P_i \leq 2.0$	$1.0 < P_1 \leq 2.0$	轻度污染	开始受污染
4	$2.0 < P_i \leq 3.0$	$2.0 < P_1 \leq 3.0$	中度污染	受到中度污染
5	$P_i > 3.0$	$P_1 > 3.0$	重度污染	受污染已相当严重

## 2 结果与分析

### 2.1 春笋中 5 种重金属的分布

研究区域竹笋 213 个批次 5 种重金属的测定结果见表 2。采用食品安全国家标准 食品中污染物限量为参考值进行累积分析和污染状况分析。从表 2 可见，5 种重金属的检出率均超过 98%，表明这 5 种元素在春笋中是

普遍存在的,但与限量标准相比,铬、砷、镉和汞未发现超标,铅有 5 个批次超标,超标率为 2.35 %。春笋样品中砷、铅、镉、汞和铬元素含量的平均值分别为 0.01269、0.06463、0.01027、0.00284 和 0.1585 mg/kg,研究区域竹笋不同重金属含量差异较大,从平均值与标准限量来比较,铅含量平均值达到标准限量的 64.6%,在 5 种元素中含量最高,其次是铬,平均值是标准限量的 31.7%,汞、镉含量平均值分别是标准限量的 28.4%、20.5%,最低是砷,只为限量值的 2.5%。

表 2 春笋中 5 种重金属的检测结果  
Table 2 Result of detection in spring shoot

重金属	含量分布范围 /mg · kg <sup>-1</sup>	中位值	平均值 /mg · kg <sup>-1</sup>	限量值 /mg · kg <sup>-1</sup>	样品数量	检出数量	超标数量	超标率/%
砷	0.001 20 ~ 0.130 00	0.009 30	0.012 69	0.50	213	212	0	0.00
铅	0.001 10 ~ 0.450 00	0.052 00	0.064 63	0.10	213	209	5	2.35
镉	0.000 23 ~ 0.046 00	0.008 10	0.010 27	0.05	213	210	0	0.00
汞	0.000 11 ~ 0.010 00	0.001 90	0.002 84	0.01	213	211	0	0.00
铬	0.008 30 ~ 0.500 00	0.120 00	0.158 50	0.50	213	211	0	0.00

春笋中 5 种金属元素含量分布范围见图 1。从图 1 中可以看出,春笋中砷含量很低,即有 96.7%的样品其含量在 0.04 mg/kg (标准限量值的 8%) 以下;铅含量主要集中在 0.02 ~ 0.06 mg/kg,即有 45.46%的样品集中在这一范围,也就是说有近 50%的样品集中在限量标准的 20% ~ 60%,同时,有 30.14%的样品中铅含量在 0.08 mg/kg (标准限量值的 80%) 以上;镉、汞、铬含量都比较低,即有 61.9%的样品中镉含量在 0.01 mg/kg (标准限量值的 20%) 以下,52.89%的样品中汞含量在 0.002 mg/kg (标准限量值的 20%) 以下,42.15%的样品中铬含量在 0.1 mg/kg (标准限量值的 20%) 以下。与各自的标准限量分别比较 5 种元素相对含量高低顺序为:铅 > 铬 > 汞

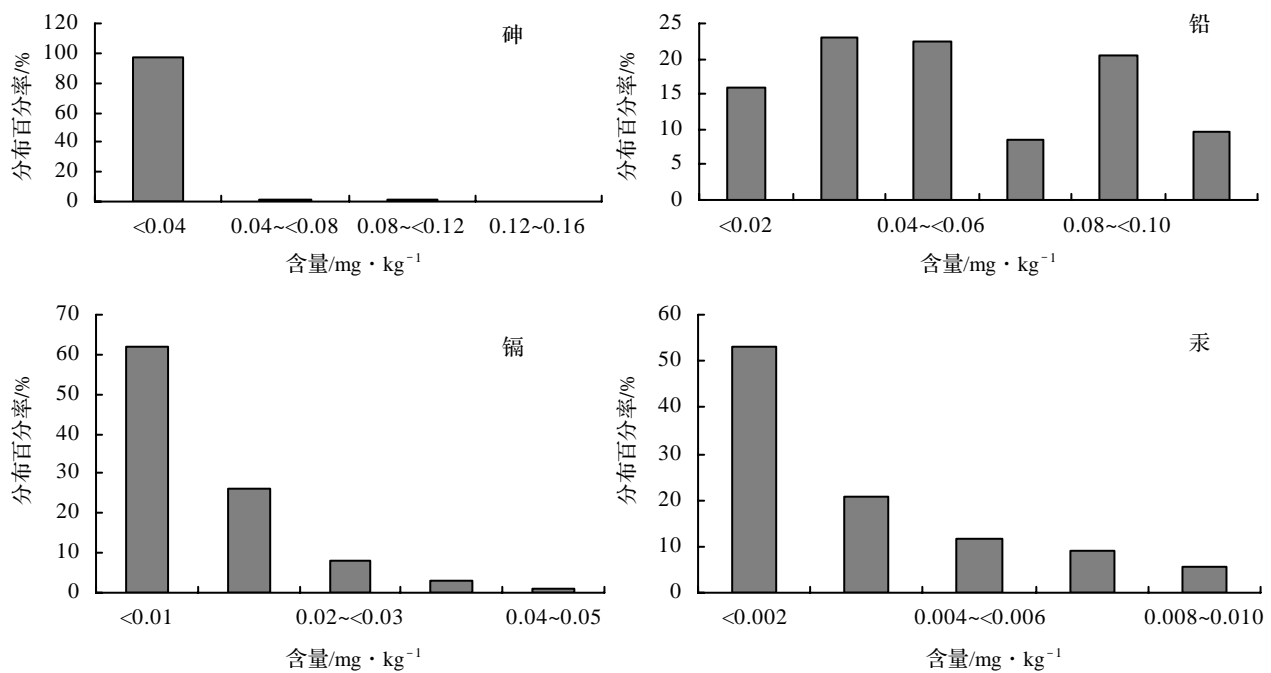


图 1 春笋中砷、铅、镉、汞元素含量分布

Figure 1 Distribution of As, Pb, Cd and Hg content in tested spring shoot

> 镉 > 砷, 铅含量最高, 并已发现有 2.35% 超标, 11.74% 已达到标准限量值, 因此春笋中铅的含量应该引起各方面的重视, 说明铅应作为质量安全控制重点。

2.2 不同产地春笋中 5 种重金属含量的比较

绍兴市 5 个毛竹笋重点产区中春笋的重金属平均含量见表 3。由表 3 可知, 各地春笋中重金属元素平均含量均在标准规定的限量值范围内。其中砷表现为嵊州最高, 是最低柯桥的 1.9 倍; 铅表现为柯桥最高, 是最低新昌的 2.9 倍; 镉表现为柯桥最高, 是最低新昌的 1.3 倍; 汞表现为诸暨最高, 是最低嵊州的 5 倍; 铬表现为新

昌最高，为最低嵊州的 2.1 倍。

2.3 不同产地春笋中重金属元素污染程度评价

对研究区域不同产地的春笋中 5 种重金属元素的单因子污染指数和综合污染指数进行分析，结果如表 4。不同地区 5 种重金属元素的单因子污染指数差异较大，其中嵊州地区砷的单因子污染指数最高，柯桥和上虞最低；柯桥地区铅和镉的单因子污染指数均为最高，新昌均为最低；

诸暨汞的单因子污染指数最高，嵊州最低；新昌地区铬的单因子污染指数最高，嵊州最低。综合污染指数排序为柯桥区>嵊州市>诸暨市>新昌县>上虞区。但各地区的春笋综合污染指数均小于 0.7，说明绍兴市鞭笋受重金属污染的程度很小，春笋质量整体表现为安全水平，但柯桥区综合污染指数达 0.649 0 已接近 0.7 的警戒线，因此柯桥区竹林培育的方法，特别是竹林投入品，如肥料等因引起足够的重视。

表 3 不同地区的春笋中 5 种重金属的平均含量  
Table 3 Mean content of 5 heavy metals in tested shoot from different production area

产地	重金属含量/mg · kg <sup>-1</sup>				
	砷	铅	镉	汞	铬
柯桥	0.009 6	0.084 2	0.011 2	0.003 4	0.200 9
上虞	0.009 6	0.043 8	0.009 1	0.002 1	0.152 9
诸暨	0.011 2	0.061 5	0.010 6	0.004 5	0.134 1
嵊州	0.018 6	0.080 2	0.010 9	0.000 9	0.108 6
新昌	0.015 3	0.029 4	0.008 9	0.004 3	0.225 6

表 4 不同产地春笋中重金属污染指数

Table 4 Pollution index of heavy metals in tested spring shoot from different production area

产地	单项污染指数					综合污染指数	污染程度
	砷	铅	镉	汞	铬		
柯桥	0.019 2	0.842 0	0.224 0	0.340 0	0.401 8	0.649 0	安全
上虞	0.019 2	0.438 0	0.182 0	0.210 0	0.305 8	0.212 4	安全
诸暨	0.022 4	0.615 0	0.212 0	0.450 0	0.268 2	0.488 1	安全
嵊州	0.037 2	0.802 0	0.218 0	0.090 0	0.217 2	0.559 0	安全
新昌	0.030 6	0.294 0	0.178 0	0.430 0	0.451 2	0.374 2	安全

3 讨论与小结

(1) 研究区域春笋中 5 种重金属的检出率为 98%，砷、铅、镉、汞和铬的含量分别为 0.001 20 ~ 0.130 00、0.001 10 ~ 0.450 00、0.000 23 ~ 0.046 00、0.000 11 ~ 0.010 00、0.008 30 ~ 0.500 00 mg/kg，但平均值与限量标准相比，均未超过限量值的 65%，各自的限量标准分别比较 5 种元素相对含量高低顺序为：铅>铬>汞>镉>砷，铅含量最高，其中铬、汞、镉和砷未发现超标。

(2) 研究区域内春笋中 5 种重金属元素的污染指数不同产地表现出较大差异，其中嵊州地区砷的单因子污染指数最高，柯桥和上虞最低；柯桥地区铅和镉的单因子污染指数均为最高，新昌均为最低；诸暨汞的单因子污染指数最高，嵊州最低；新昌地区铬的单因子污染指数最高，嵊州最低。单项污染指数中铅对综合污染指数的贡献率最大，研究区域内综合污染指数大小依次为柯桥区>嵊州市>诸暨市>新昌县>上虞区。柯桥区综合污染指数最高已接近 0.7 的警戒线，但从全市来看，综合污染指数均小于 0.7，说明绍兴市春笋受重金属污染的程度较小，质量是相对安全的。

(3) 研究区域内春笋主要受Pb的污染，铅有 5 个样本超标，并有 25 个样本含量达到标准限量值，最大超标倍数为 4.5 倍，柯桥、嵊州铅含量平均值达到标准限量的 80%以上，春笋中重金属含量较高与研究区域基地所处的周围环境不无关系，废气、废水、废渣等对当地的土壤、水质及大气产生污染，竹笋通过吸附、吸收等途径进行富集，导致春笋中铅污染物升高<sup>[13]</sup>。另外，最近几年来，由于实施低产低效林的改造，食用笋产地经营由以前的粗放管理转而呈现集约化倾向，有些甚至精耕细作，种植户为追求产量产值，过量地施用栏肥、有机肥和化肥<sup>[14-16]</sup>，更严重的是出现产地土壤重金属等污染物的长期积累，土壤环境质量下降。忽视产品的质量安全问题，也是造成春笋中重金属元素含量较高的原因。这和柯桥为研究区域内经营管理精细化程度最高的地区，与综合污染指数这个地区最高相符。可见，要获得优良品质的竹笋，在今后的生产和管理中，首先应该选择合适的环境条件，并实时监控产地环境质量的变化。新建竹笋基地应该远离车辆繁忙的公路干线和有污染源的工业区，避免大气中铅、镉、砷、汞等的污染。生产者更应该严格施肥和生产管理，确保竹笋的质量安全，从而促进竹笋产业的可持续发展。春笋中铅含量较高应该引起各方面的重视，同时生产和管理部门应加强对竹笋铅含量的监测，确保竹笋的质量安全。

## 参考文献:

- [1] 王波, 沈泉, 汪奎宏, 等. 毛竹春笋冬出试验[J]. 浙江林业科技, 2013, 33 (3): 70-73.
- [2] 杨铭. 竹笋食品加工技术[J]. 中小企业科技, 2000 (9): 7.
- [3] 程旺大, 姚海根, 吴伟, 等. 土壤-水稻体系中的重金属污染及其控制[J]. 中国农业科技导报, 2005, 7 (4): 51-54.
- [4] 吕爱华, 陈红霞. 早竹笋安全质量相关性研究初报[J]. 世界竹藤通讯, 2008, 6 (2): 22-24.
- [5] 吕爱华, 尚素微, 张宏亮, 等. 浙江省毛竹鞭笋重金属含量及其安全质量评价[J]. 中南林业科技大学学报, 2013, 8 (33): 147-150.
- [6] 曾希柏, 李莲芳, 梅旭荣. 中国蔬菜土壤重金属含量及来源分析[J]. 中国农业科学, 2007, 40 (11): 2 507-2 517.
- [7] GB 2762-2012, 食品安全国家标准 食品中污染物限量[S]
- [8] LY/T 1777-2008, 森林食品 质量安全通则[S].
- [9] 柴振林, 吴学谦, 魏海龙, 等. 浙江省鲜香菇重金属背景值及安全质量评价[J]. 中国食用菌, 2008, 27 (4): 31-33.
- [10] 李湘洲. 重金属铅和镉对土壤与作物的危害及防治[J]. 经济林研究, 2000, 18 (4): 12-13.
- [11] 丁园, 宗良纲, 何欢, 等. 蔬菜中重金属含量及其评价[J]. 安徽农业科学, 2007, 35 (33): 10 672-10 674.
- [12] 杨定清, 周娅, 雷绍荣, 等. 攀西地区水果中铜、锌、铬、铅、镉含量污染评价[J]. 农业环境与发展, 2008, 25 (3): 108-110.
- [13] 柴振林, 吕爱华, 尚素微, 等. 香榧和山核桃中铅含量水平及富集原因分析[J]. 林业科技开发, 2010, 24 (2): 70-72.
- [14] 姜培坤, 徐秋芳, 罗煦钦, 等. 雷竹笋重金属含量及其与施肥的关系[J]. 浙江林学院学报, 2004, 21 (4): 424-427.
- [15] 姜培坤, 叶正钱, 徐秋芳. 高效栽培雷竹林土壤重金属含量的分析研究[J]. 水土保持学报, 2003, 17 (4): 61-63.
- [16] 柴振林, 吕爱华, 尚素微, 等. 浙江省食用笋产地土壤主要污染物含量及质量安全评价[J]. 林业科技开发, 2010, 24 (6): 82-85.