

# 松江区消费环节大米重金属污染状况及安全评价

石春红\*, 曹美萍, 胡桂霞

(上海市松江食品药品检验所, 上海 201600)

**摘 要: 目的** 了解松江区消费环节大米中铅、镉、无机砷和总汞等重金属污染状况及摄入风险, 掌握本地区大米质量安全情况。**方法** 采集松江区消费环节大米样品 344 个, 测定铅、镉、无机砷和总汞含量, 采用单因子污染指数和内梅罗综合污染指数对大米中重金属污染程度进行评价, 并用可耐受摄入量对膳食风险进行初步评估。**结果** 大米中无机砷、铅、镉、和总汞的含量均符合食品安全国家标准, 平均含量分别为 0.054、0.032、0.018 和 0.0023 mg/kg; 在 344 件样品中, 97%以上的单因子污染指数小于 0.6, 综合评价为安全、处于清洁水平的样品占 99.4%, 没有轻度污染以上的样品存在; 通过大米摄入铅、镉、无机砷和总汞的量远远低于可耐受摄入量, 但无机砷、镉在高暴露点位的膳食风险贡献率大于 10%。**结论** 松江区消费环节大米重金属的污染情况比较乐观, 对人体健康的风险处于较低水平, 重金属安全情况总体可控。

**关键词:** 大米; 重金属; 污染; 安全评价

## Contamination status and safety assessment of heavy metals in rice consumed in Songjiang district

SHI Chun-Hong\*, CAO Mei-Ping, HU Gui-Xia

(Shanghai Songjiang Institute for Food and Drug Control, Shanghai 201600, China)

**ABSTRACT: Objective** To understand pollution levels and ingestion risks of Pb, Cd, inorganic As and Hg in rice consumed in Songjiang district, and then to master the quality and safety of rice in the region. **Methods** Total of 344 samples in Songjiang district were collected and the content of Pb, Cd, inorganic As and Hg was determined. The pollution of heavy metals in rice was evaluated by single factor pollution index and Nemerow comprehensive pollution index, and the dietary risk was preliminarily assessed by tolerable intake. **Results** The content of Pb, Cd, inorganic As and Hg in rice met the national food safety standards, and the average content was 0.054, 0.032, 0.019 and 0.0023 mg/kg, respectively. In 344 samples, 97% of the single factor pollution index was less than 0.6, and 99.4% of the samples were comprehensively evaluated as safe and clean, without slight pollution or above. The amount of Pb, Cd, inorganic As and Hg ingested from rice is much lower than the tolerable intake, but the contribution rate of inorganic As and Cd to the dietary risk at high exposure level is more than 10%. **Conclusion** The pollution situation of heavy metals in rice consumed in Songjiang district is optimistic, and the risk to human health is at a lower level. In general, the safety situation of heavy metals can be controlled.

**KEY WORDS:** rice; heavy metals; pollution; safety assessment

\*通讯作者: 石春红, 高级工程师, 主要研究方向为食品检验质量控制及管理。E-mail: shichunhong@smda.sh.cn

\*Corresponding author: SHI Chun-Hong, Senior Engineer, Shanghai Songjiang Institute for Food and Drug Control, Shanghai 201600, China. E-mail: shichunhong@smda.sh.cn

1 引 言

大米是我国人民的主食, 65%以上的人口以大米为主食, 在长江流域以南地区消费量尤其大, 其安全性与居民的健康息息相关<sup>[1-5]</sup>。随着人民生活水平的提高, 大米的安全问题越来越受到重视。随着工业的发展以及人类活动使环境污染日趋严重, 由此产生了一系列的农产品质量与安全问题<sup>[6-12]</sup>, 如重金属含量超标<sup>[11,12]</sup>, 直接威胁着人类生活健康。

重金属主要包括镉、铅、汞以及类金属砷等元素, 均具有不同程度的急性和蓄积毒性, 其中砷、镉可引发癌症<sup>[13]</sup>, 汞、铅可对消化系统、神经系统、血液系统等造成严重损害<sup>[14-16]</sup>。

为了准确掌握辖区内大米质量安全情况, 有效监测本地区消费环节大米中铅、镉、无机砷、总汞含量, 保障本地区人民大米消费安全, 本研究连续近 3 年采集松江区流通、餐饮环节大米样品 344 个, 采用原子吸收法和原子荧光法分别测定大米中的铅、镉、无机砷和总汞含量<sup>[17-20]</sup>, 并采用单因子污染指数和内梅罗综合污染指数对大米中对重金属污染情况进行评价, 用摄入重金属量以及占可耐受量的比例对大米中铅、镉、无机砷和总汞通过摄入途径引起的健康风险进行初步评价, 以期分析大米中重金属的污染水平, 评价本辖区居民通过食用大米摄入重金属的风险大小, 为食品安全监管提供技术支撑。

2 材料与方法

2.1 样品采集与处理

连续近 3 年在大型超市、农贸市场、餐饮企业随机抽取不同品牌、不同产地的大米样品 344 个, 每个样品采集 1 kg 左右。采用四分法获得检样约 200 g, 粉碎过筛, 装袋密封待测。

2.2 仪器与试剂

AAS-800 原子吸收分光光度计(美国 Perkin Elmer 公司); AFS-3100 原子荧光分光光度计(北京海光仪器有限公司); MARS 6 微波消解仪(美国 CEM 公司)。

汞单元素标准溶液(浓度: 1.000 mg/mL, 中国计量科学研究院); 镉单元素标准溶液(浓度: 1.000 mg/mL)、铅单元素标准溶液(浓度: 1.000 mg/mL)、砷单元素标准溶液(浓度: 1.000 mg/mL)(上海市计量测试技术研究院); 硝酸、盐酸(优级纯, 德国 Merck 公司); 实验用水为 Milli-Q 超纯水。

2.3 样品检测及质量控制

采用原子吸收分光光度法和原子荧光光度法测定大米中的 Pb、Cd、无机 As 和总 Hg 含量, 主要依据国家标准 GB 5009.12-2010《食品安全国家标准 食品中铅的测定》<sup>[17]</sup>、GB/T

5009.15-2003《食品安全国家标准 食品中镉的测定》<sup>[18]</sup>、GB/T 5009.11-2003《食品安全国家标准 食品中总砷及无机砷的测定》<sup>[19]</sup>、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》<sup>[20]</sup>进行检测。

采取空白试验、平行样和加标回收试验作为质控措施。每个样品测定 2 个平行, 平行样相对偏差均小于 10%, 每次检测均进行标准溶液回校和加标回收试验, 回收率在 90%~110%之间, 以确保数据的准确性。

2.4 大米中重金属含量评价

2.4.1 符合性评价

以 GB 2762-2012《食品安全国家标准 食品中污染物限量》<sup>[21]</sup>为评价依据, 对大米中的铅、镉、无机砷和总汞含量进行符合性评价。大米中 4 种重金属的限量值分别为: 铅 $\leq 0.2$  mg/kg、镉 $\leq 0.2$  mg/kg、无机砷 $\leq 0.2$  mg/kg、总汞 $\leq 0.02$  mg/kg。

2.4.2 污染指数评价

采用单因子污染指数  $P_i$  和内梅罗综合污染指数  $P_N$  对大米中重金属污染状况进行评价。

(1) 单因子污染指数

参照 NY/T 398-2000《农、畜、水产品污染监测技术规范》<sup>[22]</sup>, 分别计算单因子污染指数, 对大米中重金属含量进行污染评价, 其计算公式如下:

$$P_i = C_i / S_i$$

式中:  $P_i$  为单因子污染指数;  $C_i$  为重金属含量, mg/kg;  $S_i$  为重金属标准限量值, mg/kg。

采用 GB 2762-2012《食品安全国家标准 食品中污染物限量》<sup>[21]</sup>规定的限量值。 $P$  越大, 表明受到的重金属污染越严重, 评价指标见表 1。

表 1 单因子污染指数评价指标  
Table 1 Evaluation standard of single factor pollution index

| 单因子污染指数              | 等级 | 污染水平                        |
|----------------------|----|-----------------------------|
| $P_i \leq 0.6$       | 一级 | 有污染物残留, 污染物含量接近或略高于背景值      |
| $0.6 < P_i \leq 1.0$ | 二级 | 污染物残留较多                     |
| $P_i \geq 1.0$       | 三级 | 污染物含量超过食品安全国家标准, 品质下降, 影响食用 |

(2) 内梅罗综合污染指数

内梅罗综合污染指数评价法是在单因子污染指数评价的基础上, 兼顾单因子污染指数平均值和最大值进行评

价的方法, 其计算公式为:  $P_N = \sqrt{\frac{P_{\text{平均}}^2 + P_{\text{最大}}^2}{2}}$

式中:  $P_{\text{最大}}$  为单项污染指数的最大值;  $P_{\text{平均}}$  为单项污染指数的平均值。评价指标<sup>[23]</sup>见表 2。

表 2 综合污染指数评价指标

Table 2 Evaluation standard of comprehensive pollution index

| 综合污染指数               | 污染等级 | 污染水平    |
|----------------------|------|---------|
| $P_N \leq 0.7$       | 安全   | 清洁      |
| $0.7 < P_N \leq 1.0$ | 警戒线  | 尚清洁     |
| $1.0 < P_N \leq 2.0$ | 轻度污染 | 开始受污染   |
| $2.0 < P_N \leq 3.0$ | 中度污染 | 受中度污染   |
| $P_N > 3.0$          | 重度污染 | 污染已相当严重 |

污染指数常用平均值、中位数、较高的百分位数  $P_{90}$  和  $P_{95}$  来表示,  $P_{90}$  和  $P_{95}$  分别表示第 90 百分位数和第 95 百分位数的污染指数, 反映在高百分位数的污染状况。

2.5 大米中重金属暴露与健康风险评价

采用联合国粮农组织/世界卫生组织(FAO/WHO)《食品中化学物风险评估的原则和方法》<sup>[24]</sup>中的“点评估法”进行评估, 以食品添加剂与污染物联合专家委员会(JECFA)制定的暂定每周可耐受摄入量(provisional tolerated weekly intake, PTWI): 铅、总汞、无机砷分别为 25、4、15  $\mu\text{g}/(\text{kg bw})$ ; 镉的暂定每月可耐受摄入量(PTMI)为 25  $\mu\text{g}/(\text{kg bw})$ 作为评价标准, 对松江区消费环节大米中重金属摄入的健康风险进行初步评价, 其计算公式为:

$$EDI = C_i \times IR$$

每周摄入量占 PTWI 的百分比/%= $EDI \times 7 / (PTWI \times BW)$

每月摄入量占 PTMI 的百分比/%= $EDI \times 30 / (PTMI \times BW)$

其中,  $EDI$  为每日摄入某种重金属的量,  $\mu\text{g}/\text{d}$ ;  $C_i$  为重金属含量,  $\text{mg}/\text{kg}$ ;  $IR$  为大米的每日摄入量,  $\text{g}/\text{d}$ ;  $BW$  为人体重,  $\text{kg}$ 。

3 结果与分析

3.1 大米中重金属含量

从检测结果可以看出(见表 3), 大米中重金属含量总体比较低, 铅、镉含量均值优于上海市平均水平<sup>[25]</sup>, 在高百分比位( $P_{90}$ 、 $P_{95}$ )重金属含量都在限量值的一半以下。4 种重金属检出率比较高, 均在 80%以上, 其中镉检出率最高, 所有样品均有检出。以 GB 2762-2012《食品安全国家标准 食品中污染物限量》<sup>[21]</sup>为评价依据, 344 份样品全部合格, 表明松江地区消费环节大米重金属质量较好。

3.2 大米中重金属安全性评价

3.2.1 大米中重金属单项评价

由表 4 可见, 大米的单因子污染指数较低, 一级品率占 97%以上, 重金属安全情况总体可控。但也有部分样品处于污染物残留较多的状态, 相比较而言, 铅污染情况严重一点。

表 3 大米中重金属含量

Table 3 Content of heavy metals in rice

| 污染物                            | 无机砷               | 铅                 | 镉                | 汞                 |
|--------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| 样品数量/个                         | 344               | 344               | 344              | 344               |
| 含量范围/( $\text{mg}/\text{kg}$ ) | ND~0.123          | ND~0.19           | 0.0004~0.17      | ND~0.017          |
| 平均值/( $\text{mg}/\text{kg}$ )  | 0.054             | 0.032             | 0.018            | 0.0023            |
| 中位值/( $\text{mg}/\text{kg}$ )  | 0.054             | 0.021             | 0.013            | 0.0020            |
| $P_{90}/(\text{mg}/\text{kg})$ | 0.081             | 0.075             | 0.041            | 0.0048            |
| $P_{95}/(\text{mg}/\text{kg})$ | 0.090             | 0.11              | 0.051            | 0.0056            |
| 标准差/( $\text{mg}/\text{kg}$ )  | 0.021             | 0.034             | 0.019            | 0.0023            |
| 检出率/%                          | 83.4<br>(287/344) | 82.6<br>(284/344) | 100<br>(344/344) | 84.0<br>(289/344) |
| 合格率/%                          | 100               | 100               | 100              | 100               |

注: 低于检出限的数据按检出限的一半参与计算, ND 表示未检出。

表 4 大米中重金属单因子污染指数

Table 4 Single factor pollution index of heavy metals in rice

| 污染物      | 无机砷               | 铅                 | 镉                 | 汞                 |
|----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 样品数量/个   | 344               | 344               | 344               | 344               |
| 污染指数范围   | ND~0.62           | ND~0.95           | 0.002~0.85        | ND~0.85           |
| 污染指数平均值  | 0.27              | 0.16              | 0.092             | 0.12              |
| $P_{90}$ | 0.40              | 0.38              | 0.21              | 0.24              |
| $P_{95}$ | 0.45              | 0.55              | 0.26              | 0.28              |
| 一级品率/%   | 99.7<br>(343/344) | 97.1<br>(334/344) | 99.4<br>(342/344) | 99.4<br>(342/344) |
| 二级品率/%   | 0.3<br>(1/344)    | 2.9<br>(10/344)   | 0.6<br>(2/344)    | 0.6<br>(2/344)    |
| 三级品率/%   | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 |

3.2.2 大米中重金属综合评价

在重金属单项评价的基础上, 采用内梅罗综合污染指数进行综合评价, 结果见表 5。在 344 个样品中, 综合评价为安全、处于清洁水平的样品 342 件, 占总数的 99.4%, 处于尚清洁水平的样品 2 件, 占总数的 0.6%, 不存在轻度污染以上的样品。

表 5 大米中重金属污染综合评价

Table 5 Comprehensive pollution evaluation of heavy metals in rice

| $P_N$ 范围   | $P_N$ 平均 | $P_{N90}$ | $P_{N95}$ | $P_N \leq 0.7$<br>样品量/% | $0.7 < P_N \leq 1.0$<br>样品量/% |
|------------|----------|-----------|-----------|-------------------------|-------------------------------|
| 0.074~0.72 | 0.26     | 0.40      | 0.47      | 99.4<br>(342/344)       | 0.6<br>(2/344)                |

3.2.3 大米中重金属暴露与健康风险评价

根据《上海市居民膳食与健康状况监测报告(2012~2017 年)》<sup>[26]</sup>, 上海市成年居民平均每人每天谷类摄入量

为 189.6 g, 假设摄入的谷类全部为大米, 人均体重为 60 kg, 分别计算松江区居民通过食用大米这一途径摄入重金属量以及占可耐受量的比例, 结果见表 6。

表 6 大米中重金属暴露评估  
Table 6 Assessment on heavy metal dietary exposure of rice

| 污染物             | 无机砷          |                 | 铅            |                 | 镉            |                 | 汞            |                 |
|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|
|                 | 每周摄入量<br>/μg | 占 PTWI<br>百分数/% | 每周摄入量<br>/μg | 占 PTWI<br>百分数/% | 每月摄入量<br>/μg | 占 PTWI<br>百分数/% | 每周摄入量<br>/μg | 占 PTWI<br>百分数/% |
| 平均值             | 71.7         | 8.0             | 42.5         | 2.8             | 102.4        | 6.8             | 3.1          | 1.3             |
| 中位值             | 71.7         | 8.0             | 27.9         | 1.8             | 73.9         | 4.9             | 2.7          | 1.1             |
| P <sub>90</sub> | 107.6        | 12.0            | 99.6         | 6.5             | 233.2        | 15.5            | 6.4          | 2.7             |
| P <sub>95</sub> | 119.5        | 13.3            | 146.1        | 9.6             | 290.1        | 19.3            | 7.4          | 3.1             |

结果表明, 通过大米摄入铅、镉、无机砷和总汞的平均量远低于 FAO / WHO 制定的可耐受量, 贡献率均小于 10%, 但无机砷、镉在高暴露点位(P<sub>90</sub>、P<sub>95</sub>)贡献率大于 10%, 特别是镉在 P<sub>95</sub> 贡献率接近 20%。根据刘弘等<sup>[25]</sup>的研究成果, 大米是上海市民摄入重金属的主要来源, 从大米中摄入的铅最多, 平均占总的膳食铅暴露的 31.17%; 从大米中摄入的镉位列第二, 平均占总的膳食镉暴露的 25.55%。因此, 虽然本辖区大米中重金属对人体健康的风险处于较低水平, 但也应引起重视。

在居民膳食摄入过程中, 除了食用大米外, 还需要食用水果、蔬菜、肉类、蛋类、鱼虾和乳制品等其他食物, 因此, 要进一步评估松江居民通过膳食摄入的重金属是否超过 FAO/WHO 的推荐量, 是否对人体健康存在较大风险, 还需综合其他摄入途径中的相应重金属含量进行综合评价。

4 结 论

本研究表明, 松江地区消费环节大米中的铅、镉、无机砷和总汞含量总体含量比较低, 344 份样品全部符合食品安全国家限量标准。

按照 NY/T 398-2000《农、畜、水产品污染监测技术规范》<sup>[22]</sup>的要求, 在 344 件样品中, 97%以上的单因子污染指数小于 0.6, 综合评价为安全、处于清洁水平的样品占 99.4%, 没有轻度污染以上的样品存在, 说明重金属安全情况总体可控。

对大米中铅、镉、无机砷和总汞的污染程度和健康风险的初步评价表明, 松江地区消费环节大米重金属的污染情况较乐观, 对人体健康的风险处于较低水平, 但仍需要加强检测和监督力度, 确保没有超标大米流入市场, 保障本辖区居民摄入大米更加安全。

参考文献

[1] 林昕, 黎其万, 杜丽娟, 等. 云南省大米中重金属镉含量及其健康风险

评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(9): 3841–3847.  
Lin X, Li QW, Du LJ, et al. Content determination and health risk assessment of cadmium in rice in Yunnan province [J]. J Food Saf Qual, 2016, 7(9): 3841–3847.  
[2] 潘静娴, 毛洪斌, 张艳, 等. 上海市场上几种有机大米相关品质特性研究[J]. 中国食物与营养, 2010, (12): 10–13.  
Pan JX, Mao HB, Zhang Y, et al. Related quality characters of several kinds of organic rice from Shanghai market [J]. Food Nutr China, 2010, (12): 10–13.  
[3] 沈群超, 胡寅侠, 蒋开杰, 等. 慈溪地产大米重金属调查及其健康风险评估[J]. 中国稻米, 2013, 19(3): 79–81.  
Shen QC, Hu YX, Jiang KJ, et al. Heavy metals survey and health risk assessment of rice in Cixi [J]. Chin Rice, 2013, 19(3): 79–81.  
[4] 张敏, 蒋丽娜, 徐英. 奉贤地产大米中铅、镉含量的调查及健康风险评估[J]. 上海农业科技, 2019, (1): 36–37.  
Zhang M, Jiang LN, Xu Y. Investigation and health risk assessment of lead and cadmium in Fengxian [J]. Shanghai Agric Sci Technol, 2019, (1): 36–37.  
[5] 姚晶. 苏州市售大米铅镉污染程度的分析评价[J]. 浙江农业科学, 2016, 57(4): 514–517.  
Yao J. Analysis and evaluation of lead and cadmium pollution in rice sold in Suzhou [J]. J Zhejiang Agric Sci, 2016, 57(4): 514–517.  
[6] 秦友燕, 何柳莹, 蔡江帆, 等. 2012 年某地区种植大米重金属污染状况[J]. 中国卫生检验杂志, 2014, 24(13): 1939–1940, 1944.  
Qin YY, He LY, Cai JF, et al. Heavy metal pollution situation in certain rice producing area in 2012 [J]. Chin J Health Lab Technol, 2014, 24(13): 1939–1940, 1944.  
[7] 刘贤标, 李枝明, 黄赤忠, 等. 2014-2016 年赣南地区大米中铅、镉的污染状况调查[J]. 食品安全导刊, 2017, (8), 106–108.  
Liu XB, Li ZM, Huang CZ, et al. Investigation on pollution of lead and cadmium in rice in southern Jiangxi province from 2014 to 2016 [J]. Chin Food Saf Magaz, 2017, (8): 106–108.  
[8] 谢凤婷, 于果, 宋春蕾, 等. 黑龙江不同产区精米中重金属铅、镉、铬含量状况调查[J]. 食品工业, 2018, 39(2): 211–213.  
Xie FT, Yu G, Song CL, et al. An investigation of heavy metals lead, cadmium and chromium in rice from different areas in Heilongjiang province [J]. Food Ind, 2018, 39(2): 211–213.

- [9] 戴洪文, 宋秀贤, 辛俊亮, 等. 中国大米重金属健康风险评估研究进展[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(29): 60–62, 77.  
Dai HW, Song XX, Xin JL, *et al.* Research progress on health risk assessment of heavy metals via consumption of rice in China [J]. J Anhui Agric Sci, 2016, 44(29): 60–62, 77.
- [10] 王翠微, 罗伟强, 李少容, 等. 2012–2014 年台山市自产大米重金属污染情况[J]. 职业与健康, 2016, 32(10): 1335–1338.  
Wang CW, Luo WQ, Li SR, *et al.* Heavy metals contamination of rice produced in Taishan city from 2012–2014 [J]. Occup Health, 2016, 32(10): 1335–1338.
- [11] 吴丽珠, 高红梅, 马英. 上海市青浦区主要市售谷物及其制品的铅、镉、汞污染及健康风险评估[J]. 上海预防医学, 2019, (6): 451–456.  
Wu LZ, Gao HM, Ma Y. Lead, cadmium and mercury pollution and health risk assessment for main marketed grain and its products in qingpu district of Shanghai [J]. Shanghai J Prev Med, 2019, (6): 451–456.
- [12] Chen H, Yang X, Wang P, *et al.* Dietary cadmium intake from rice and vegetables and potential health risk: a case study in Xiangtan, southern China [J]. Sci Total Environ, 2018, 639: 271–277.
- [13] Rahman MA, Rahman MM, Reichman SM, *et al.* Heavy metals in Australian grown and imported rice and vegetables on sale in Australia: Health hazard [J]. Ecotox Environ Saf, 2014, 100: 53–60.
- [14] Naseri M, Vazirzadeh A, Kazemi R, *et al.* Concentration of some heavy metals in rice types available in Shiraz market and human health risk assessment [J]. Food Chem, 2015, 175: 243–248.
- [15] 胡迪, 杨婧, 黄顺利, 等. 2014–2015 年重庆市渝北区部分市售食品重金属污染现状[J]. 职业与健康, 2017, 33(11): 1500–1503.  
Hu D, Yang J, Huang SL, *et al.* Contamination status of heavy metal in some commercially available foods in Yubei district of Chongqing from 2014–2015 [J]. Occup Health, 2017, 33(11): 1500–1503.
- [16] 申屠平平, 罗进斌, 陈高尚, 等. 大米重金属污染的健康风险评估[J]. 浙江预防医学, 2014, 26(2): 79–81.  
Shentu PP, Luo JB, Chen GS, *et al.* A health risk assessment of heavy metals in rice [J]. Zhejiang Prev Med, 2014, 26(2): 79–81.
- [17] GB/T 5009.12-2010 食品安全国家标准 食品中铅的测定[S].  
GB/T 5009.12-2010 National food safety standard-Determination of lead in foods [S].
- [18] 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 standard-Determination of cadmium in foods [S].
- [19] GB/T 5009.11-2014 食品安全国家标准 食品中砷的测定[S].  
GB/T 5009.11-2014 National food safety standard-Determination of arsenic and abio-arsenic in foods [S].
- [20] GB/T 5009.17-2014 食品安全国家标准 食品中汞的测定[S].  
GB/T 5009.17-2014 National food safety standard-Determination of mercury and organic-mercury in foods [S].
- [21] GB 2762-2012 食品安全国家标准 食品中污染物限量[S].  
GB 2762-2012 National food safety standard-Maximum levels of contaminants in foods [S].
- [22] NY/T 398-2000 农、畜、水产品污染监测技术规范[S].  
NY/T 398-2000 Procedural regulations regarding monitoring of pollutants in the produces of agriculture, animal husbandry and fishery [S].
- [23] 王彩霞, 郭蓉, 程国霞, 等. 陕西省谷物中重金属污染状况及健康风险评估[J]. 卫生研究, 2016, 45(1): 35–38, 44.  
Wang CX, Guo R, Cheng GX, *et al.* Dietary exposure and health risk assessment of heavy metal in grains of Shanxi Province [J]. J Hyg Res, 2016, 45(1): 35–38, 44.
- [24] 联合国粮农组织/世界卫生组织. 食品中化学物风险评估原则和方法[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2012.  
FAO/WHO. Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2012.
- [25] 刘弘, 吴春峰, 陆屹, 等. 上海市居民膳食中铅镉暴露水平评估[J]. 中国食品卫生杂志, 2011, 23(3): 218–223.  
Liu H, Wu CF, Lu Y, *et al.* Assessment on the dietary exposure of lead and cadmium in Shanghai residents [J]. Chin J Food Hyg, 2011, 23(3): 218–223.
- [26] 上海市疾病预防控制中心. 上海市居民膳食与健康状况监测报告(2012–2017 年)[Z].  
Shanghai center for disease control and prevention. Surveillance report on dietary and health status of Shanghai resident (2012–2017) [Z].

(责任编辑: 于梦娇)

## 作者简介



石春红, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为食品检验质量控制及管理。  
E-mail: shichunhong@smda.sh.cn