

风险评估

广西主要食品中砷污染及居民膳食暴露风险评估

蒋玉艳,蒙浩洋,陈晖,程恒怡,唐振柱

(广西壮族自治区疾病预防控制中心,广西南宁 530028)

**摘要:**目的 掌握广西主要食品中砷污染的水平,评估居民膳食无机砷暴露量及其潜在健康风险。方法 利用2010—2015年广西主要食品中总砷及无机砷含量数据和食物消费量数据,采用简单分布评估的方法,计算广西居民膳食中无机砷暴露水平及其分布情况,并利用暴露限值(MOE)法评估其潜在健康风险。结果 16 567份食品样品中,总砷检出率为42.71%(4 735/11 087),无机砷检出率为48.07%(2 634/5 480)。总砷平均含量以海洋甲壳类最高,其次是海水鱼类和软体动物;检测无机砷食品样品中,平均含量为0.018~0.072 mg/kg,其中以大米无机砷平均含量最高。除大米、新鲜水果、蛋及其制品、畜禽内脏直接采用其检测的无机砷结果外,其他食品均通过总砷转换到无机砷而进行暴露评估。一般人群和高消费量人群膳食中无机砷的平均每天暴露量MOE值均>1,但18~34岁男性组高消费量人群每天无机砷暴露量的MOE值≤1。大米的贡献率远高于其他食物,是居民膳食中无机砷的主要来源。结论 广西居民膳食中无机砷暴露风险总体上是安全的,而对于18~34岁男性组高暴露量人群可能存在一定的健康风险,大米是广西居民的主要食品,大米的安全问题需加以关注。

**关键词:**膳食暴露;砷;风险评估;暴露限值;简单分布评估;食品污染物

中图分类号:R155 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2017)06-0745-05

DOI:10.13590/j.cjfh.2017.06.022

Risk assessment on the dietary exposure of arsenic in Guangxi residents

JIANG Yu-yan, MENG Hao-yang, CHEN Hui, CHENG Heng-yi, TANG Zhen-zhu

(Guangxi Center for Disease Control and Prevention, Nanning Guangxi 530028, China)

**Abstract:** **Objective** To analyze the arsenic level in main food, and assess the risk of dietary inorganic arsenic exposure of residents in Guangxi. **Methods** Based on the concentration data of arsenic in 2010-2015 and food consumption data from Guangxi, the dietary exposure of arsenic was estimated by simple distribution model. The margin of exposure (MOE) method was adopted to assess the potential health risks of dietary inorganic arsenic exposure. **Results** 16 567 samples were analyzed, and the total arsenic detection rate was 42.71% (4 735/11 087), the inorganic arsenic detection rate was 48.07% (2 634/5 480). The average concentration of total arsenic in marine shellfish was the highest, followed by marine fish and mollush. The average concentration of inorganic arsenic was 0.018-0.072 mg/kg, and was the highest in rice. Rice, fresh fruits, eggs, animal offal and its products were calculated directly with the inorganic arsenic detection result. Other foods were calculated with the total arsenic detection result of which were converted to inorganic arsenic. The MOE of mean dietary inorganic arsenic exposure was above 1. However, the MOE values were less than or equal to 1 in the high consumption (P95) of the 18-34 years male group. The main sources of dietary inorganic arsenic was rice, whose contribution rate was much higher than the other food. **Conclusion** The level of dietary inorganic arsenic exposure in Guangxi residents is safe. However, there might be some potential health risks to the high exposure residents of the 18-34 years male group. Rice was the main food of Guangxi residents, which need further consideration.

**Key words:** Dietary exposure; arsenic; risk assessment; margin of exposure; simple distribution model; food contaminant

收稿日期:2017-09-04

基金项目:广西壮族自治区卫生厅科研项目(Z2014165、Z2016441);广西科学研究与技术开发计划项目(桂科攻1598012-9)

作者简介:蒋玉艳 女 副主任医师 研究方向为食品监测与污染物风险评估 E-mail:jiangyy1017@163.com

通信作者:唐振柱 男 主任医师 研究方向为公共卫生 E-mail:tangzhzh@163.com

砷是一种广泛存在于土壤、空气和水中的类金属元素,环境中以无机和有机状态存在,一般认为无机砷比有机砷具有更强的毒性作用。人体砷暴露可对皮肤、循环系统、胃肠道、肝脏和肾脏等器官产生急、慢性毒性作用,无机砷及其化合物已被国际癌症研究机构(IARC)确认为人类I类致癌物<sup>[1]</sup>。2010年联合国粮农组织/世界卫生组织(FAO/

WHO)食品添加剂联合专家委员会(JECFA)撤销了砷的暂定每周耐受摄入量(PTWI)15 μg/kg BW 的健康指导值,认为目前无法确定一个保护健康的暴露阈值<sup>[2]</sup>,建议减少砷的摄入。饮水和膳食摄入是砷暴露的主要途径,砷通过食物进入人体,可在体内蓄积并产生危害<sup>[3]</sup>,因此,为更好的保护人群健康,开展食品中砷污染分析及膳食暴露评估至关重要。本研究利用 2010—2015 年广西监测食品中砷含量数据,结合 2010—2012 年广西居民营养与健康状况调查数据,对广西居民膳食中砷暴露进行风险评估。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 食品中砷含量数据来源

食品中总砷和无机砷含量数据来源于 2010—2015 年广西各地食品样品风险监测的结果,经整理后主要包括谷物及其制品、蔬菜及其制品、水果及其制品、水产动物及其制品、肉与肉制品、食用菌、坚果及籽类、蛋与蛋制品、乳及其制品等 9 类 19 种食品类别,共计样品 16 567 份,其中总砷 11 087 份,无机砷 5 480 份。检测总砷和无机砷的食品样品相互独立。各地所检测样品均为当地市场销售的食品,代表了当地居民实际消费的食品品种。

1.1.2 食物消费量数据来源

食物消费量数据均来自 2010—2012 年广西居民营养与健康状况调查<sup>[4]</sup>,食物消费量数据采用 3 d 24 h 膳食回顾法收集,共调查 6 岁及以上人群 2 344 人。

1.2 方法

1.2.1 食品中砷含量检测方法

食品中砷含量检测方法按照 GB 5009.11—2014《食品安全国家标准 食品中总砷及无机砷的测定》<sup>[5]</sup>方法统一进行,主要以第一法为主,但实际检测中,各实验室间及不同食物类型的检出限(LOD)存在着一定的差异,实际 LOD 范围:总砷为 0.001 ~ 0.05 mg/kg,无机砷为 0.001 ~ 0.05 mg/kg,符合评估需求。按 GB 2762—2012《食品安全国家标准 食品中污染物限量》<sup>[6]</sup>进行食品中总砷及无机砷超标情况的判定。

1.2.2 暴露评估方法

本研究采用简单分布模型,计算每个个体每天每公斤体重砷的膳食暴露量,计算公式为:

$$EXP = \sum_{i=1}^n \frac{(F_i \times C_i)}{W}$$

其中:EXP 为某个体每天每公斤体重砷的摄入量,

μg/kg BW; $F_i$  为某个体第  $i$  种食物的消费量,g/d。 $C_i$  为第  $i$  种食物中砷含量均数,mg/kg; $W$  为某个体的体重,kg。

评估方法由于目前尚无法确定一个可有效保护健康的无机砷暴露阈值,所以本次评估采用暴露限值(MOE)方法对膳食无机砷暴露的潜在危害进行风险评估,计算公式为: $MOE = BMDL_{0.5} / \text{暴露量}$ 。以无机砷产生肺癌发生作为毒性效应终点,其基准剂量下限值( $BMDL_{0.5}$ )为 3 ~ 5 μg/kg BW<sup>[7]</sup>,从保守评估考虑,选择 3 μg/kg BW 作为  $BMDL_{0.5}$  的计算值。MOE 值越大,表示风险越低,当  $MOE > 1$  时,可认为健康风险相对较低;当  $MOE \leq 1$  时,就认为存在着一定的健康风险。

1.3 数据处理与统计学分析

根据 WHO 全球环境监测系统/食品污染监测与评估规划(GEMS/FOOD)第二次会议上提出的“食品中低水平污染物可信评价”原则,当未检出数据的比例低于 60% 时,所有未检出数据用 1/2LOD 替代;当未检出数据的比例高于 60% 时,所有未检出数据用 LOD 替代<sup>[8]</sup>。本研究对未检出的数据均赋予 1/2LOD 值进行统计计算。由于无机砷比有机砷具有更强的毒性,国际上对砷的安全性评价均以无机砷为依据,所以本研究主要针对食品中无机砷进行膳食暴露评估,对食品中检测无机砷的结果直接采用无机砷数据,而对食品中检测总砷的结果均按 70% 的比例转换为无机砷进行暴露量计算<sup>[9]</sup>。采用 SPSS 22.0 软件进行数据的统计分析。

2 结果

2.1 不同种类食品中砷含量分析

在检测的 16 567 份食品样品中,其中总砷样品 11 087 份,检出率为 42.71%;无机砷样品 5 480 份,检出率为 48.07%。总砷平均含量以海洋甲壳类最高,为 0.578 mg/kg,其次是海水鱼类和软体动物,分别为 0.525 和 0.501 mg/kg,其余食品总砷含量均在 0.009 ~ 0.137 mg/kg 之间;检测无机砷食品样品中,平均含量为 0.018 ~ 0.072 mg/kg,其中以大米无机砷平均含量最高。按照 GB 2762—2012 的限量规定,食用菌总砷超标率最高(2.84%),其次是畜禽内脏(1.20%);而无机砷样品中,大米无机砷含量和检出率均为检测样品中最高,详见表 1 和 2。

2.2 暴露评估所用食品中无机砷含量和消费量水平

暴露评估中除大米、新鲜水果、蛋及其制品、畜禽内脏直接采用其检测的无机砷结果外,其他食品由于检测无机砷的样品量少,而对检测总砷的样品

表 1 不同种类食品中总砷含量

| Table 1 Analysis of total arsenic in different foods |        |              |       |       |                     |               |
|------------------------------------------------------|--------|--------------|-------|-------|---------------------|---------------|
| 食品类别                                                 | 样品份数   | 总砷含量/(mg/kg) |       |       | 检出率/%               | 超标率/%         |
|                                                      |        | 均数           | P50   | P95   |                     |               |
| 海洋甲壳类                                                | 472    | 0.578        | 0.105 | 3.209 | 81.14(383/472)      | —             |
| 海水鱼类                                                 | 604    | 0.525        | 0.063 | 2.030 | 78.64(475/604)      | —             |
| 软体动物                                                 | 401    | 0.501        | 0.196 | 2.080 | 85.79(344/401)      | —             |
| 淡水甲壳类                                                | 114    | 0.137        | 0.038 | 0.295 | 75.44(86/114)       | —             |
| 食用菌                                                  | 176    | 0.097        | 0.018 | 0.282 | 66.48(117/176)      | 2.84(5/176)   |
| 淡水鱼类                                                 | 780    | 0.081        | 0.005 | 0.343 | 39.74(310/780)      | —             |
| 大米                                                   | 784    | 0.055        | 0.042 | 0.147 | 74.36(583/784)      | —             |
| 畜禽内脏                                                 | 333    | 0.026        | 0.005 | 0.100 | 44.44(148/333)      | 1.20(4/333)   |
| 畜肉                                                   | 261    | 0.019        | 0.009 | 0.084 | 41.76(109/261)      | 0.00(0/261)   |
| 叶菜类蔬菜                                                | 1 617  | 0.018        | 0.006 | 0.067 | 38.34(620/1 617)    | 0.49(8/1 617) |
| 蛋及其制品                                                | 266    | 0.016        | 0.012 | 0.061 | 26.69(71/266)       | —             |
| 面粉及其制品                                               | 437    | 0.015        | 0.004 | 0.045 | 31.35(137/437)      | 0.46(2/437)   |
| 禽肉                                                   | 126    | 0.014        | 0.007 | 0.042 | 48.41(61/126)       | 0.00(0/126)   |
| 根茎类蔬菜                                                | 1521   | 0.014        | 0.004 | 0.050 | 29.13(443/1 521)    | 0.20(3/1 521) |
| 茄瓜类蔬菜                                                | 476    | 0.014        | 0.004 | 0.043 | 32.35(154/476)      | 0.00(0/476)   |
| 新鲜水果                                                 | 1 861  | 0.013        | 0.004 | 0.041 | 28.64(533/1 861)    | —             |
| 其他谷物类                                                | 342    | 0.013        | 0.004 | 0.051 | 25.15(86/342)       | 0.00(0/342)   |
| 坚果及籽类                                                | 197    | 0.011        | 0.004 | 0.040 | 23.35(46/197)       | —             |
| 乳及其制品                                                | 319    | 0.009        | 0.004 | 0.018 | 9.09(29/319)        | 0.63(2/319)   |
| 合计                                                   | 11 087 | 0.094        | 0.007 | 0.287 | 42.71(4 735/11 087) | —             |

注:—表示无相应国家限量标准或该项不进行合计

表 2 不同种类食品中无机砷含量

| Table 2 Analysis of inorganic arsenic in different foods |       |               |       |       |                    |                 |
|----------------------------------------------------------|-------|---------------|-------|-------|--------------------|-----------------|
| 食品类别                                                     | 样品份数  | 无机砷含量/(mg/kg) |       |       | 检出率/%              | 超标率/%           |
|                                                          |       | 均数            | P50   | P95   |                    |                 |
| 大米                                                       | 4 188 | 0.072         | 0.060 | 0.180 | 59.57(2 495/4 188) | 4.15(174/4 188) |
| 海洋甲壳类                                                    | 27    | 0.055         | 0.020 | 0.256 | 29.63(8/27)        | 0.00(0/27)      |
| 畜禽内脏                                                     | 110   | 0.054         | 0.025 | 0.245 | 20.91(23/110)      | —               |
| 叶菜类蔬菜                                                    | 74    | 0.029         | 0.025 | 0.063 | 9.46(7/74)         | —               |
| 海水鱼类                                                     | 22    | 0.026         | 0.015 | 0.107 | 18.18(4/22)        | 4.55(1/22)      |
| 根茎类蔬菜                                                    | 112   | 0.024         | 0.025 | 0.052 | 9.82(11/112)       | —               |
| 乳及其制品                                                    | 22    | 0.022         | 0.025 | 0.025 | 0.00(0/22)         | —               |
| 新鲜水果                                                     | 255   | 0.021         | 0.020 | 0.020 | 1.96(5/255)        | —               |
| 蛋及其制品                                                    | 522   | 0.020         | 0.020 | 0.046 | 15.13(79/522)      | —               |
| 其他谷物类                                                    | 61    | 0.019         | 0.020 | 0.025 | 0.00(0/61)         | —               |
| 畜肉                                                       | 66    | 0.019         | 0.020 | 0.025 | 3.03(2/66)         | —               |
| 面粉及其制品                                                   | 21    | 0.018         | 0.020 | 0.025 | 0.00(0/21)         | —               |
| 合计                                                       | 5 480 | 0.061         | 0.025 | 0.170 | 48.07(2 634/5 480) | —               |

注:—表示无相应国家限量标准或该项不进行合计

结果均参照欧洲食品安全局评估报告<sup>[9]</sup>按 70% 的比例转换为无机砷后再合并进行暴露量计算,结果见表 3。转换后以海洋甲壳类无机砷含量最高,其次是海水鱼类和软体动物。全人群主要食物平均消费量中,以大米消费量为最高,为 4.82 g/kg BW,其次是叶菜类蔬菜、新鲜水果、茄瓜类蔬菜、畜肉等,消费量均>2 g/kg BW,淡水甲壳类水产品消费量最低,为 0.02 g/kg BW。

2.3 人群膳食砷暴露水平分析

暴露评估结果显示,全人群膳食无机砷的平均每天暴露量为 1.04 μg/kg BW,MOE>1,以 18~34 岁男性组平均暴露量最高,为 1.42 μg/kg BW,其次是 6~17 岁男性和女性组,45~59 岁男性组平均暴

露量最低,为 0.89 μg/kg BW,各年龄组间男性和女性膳食中无机砷暴露水平基本相当;全人群高消费量每天无机砷暴露量(P95)为 2.37 μg/kg BW,MOE>1,其中,18~34 岁男性组高消费量人群每天无机砷暴露量最高,其 MOE≤1,6~17 岁男性组和女性组高消费量人群无机砷暴露量的 MOE 均>1,其余人群每天无机砷暴露量均数、P50 和 P95 的 MOE 均>1,结果见表 4。

2.4 膳食中砷暴露的食物贡献率分析

本次评估所检测的各类食物对人群膳食中无机砷暴露的贡献率见图 1。由图可见,大米的贡献率远高于其他食物,是居民膳食中无机砷的主要来源,占总膳食暴露量的 40.11%,其次为软体动

表 3 暴露评估用食品无机砷含量和消费量

| 食品类别   | 消费量/(g/kg BW) |      |      |       |            | 无机砷平均含量<br>/(mg/kg) |
|--------|---------------|------|------|-------|------------|---------------------|
|        | 均数            | 中位数  | P90  | P95   | 范围         |                     |
| 海洋甲壳类  | 0.18          | 0.00 | 0.65 | 1.08  | 0.00~3.57  | 0.549               |
| 海水鱼类   | 0.10          | 0.00 | 0.31 | 0.49  | 0.00~2.60  | 0.508               |
| 軟體动物   | 0.20          | 0.00 | 0.92 | 1.32  | 0.00~3.57  | 0.501               |
| 淡水甲壳类  | 0.02          | 0.00 | 0.01 | 0.05  | 0.00~3.15  | 0.137               |
| 食用菌    | 0.25          | 0.05 | 0.88 | 1.14  | 0.00~2.61  | 0.097               |
| 淡水鱼类   | 0.24          | 0.07 | 0.56 | 1.01  | 0.00~7.14  | 0.081               |
| 大米     | 4.82          | 4.48 | 8.28 | 9.69  | 0.44~21.80 | 0.072               |
| 畜禽内脏   | 0.08          | 0.00 | 0.23 | 0.63  | 0.00~4.17  | 0.054               |
| 新鲜水果   | 2.51          | 0.00 | 7.79 | 13.66 | 0.00~25.1  | 0.021               |
| 蛋及其制品  | 0.26          | 0.00 | 0.82 | 1.14  | 0.00~7.57  | 0.020               |
| 叶菜类蔬菜  | 3.41          | 2.77 | 6.86 | 8.61  | 0.00~32.51 | 0.019               |
| 畜肉     | 2.03          | 1.76 | 3.89 | 4.75  | 0.00~11.6  | 0.019               |
| 面粉及其制品 | 0.44          | 0.00 | 1.33 | 1.96  | 0.00~7.64  | 0.016               |
| 根茎类蔬菜  | 0.40          | 0.16 | 1.30 | 1.63  | 0.00~3.57  | 0.015               |
| 茄瓜类蔬菜  | 2.23          | 1.73 | 5.00 | 6.27  | 0.00~14.29 | 0.014               |
| 禽肉     | 0.66          | 0.41 | 1.81 | 2.29  | 0.00~9.49  | 0.014               |
| 其他谷物类  | 0.17          | 0.00 | 0.50 | 0.97  | 0.00~35.00 | 0.014               |
| 坚果及籽类  | 0.08          | 0.00 | 0.21 | 0.56  | 0.00~4.43  | 0.011               |
| 乳及其制品  | 0.30          | 0.00 | 0.00 | 1.90  | 0.00~14.9  | 0.010               |

表 4 不同性别-年龄组人群膳食中无机砷暴露量及分布

| 人群分组     | 人数    | 膳食中无机砷暴露量/(μg/kg BW) |      |      |      |           | MOE  |      |      | MOE≤1 的个体<br>比例/% |
|----------|-------|----------------------|------|------|------|-----------|------|------|------|-------------------|
|          |       | 均数                   | P50  | P90  | P95  | 范围        | 均数   | P50  | P95  |                   |
| 6~17 岁男  | 157   | 1.28                 | 1.14 | 2.08 | 2.66 | 0.38~4.00 | 2.34 | 2.63 | 1.13 | 4.46(7/157)       |
| 6~17 岁女  | 124   | 1.25                 | 1.02 | 2.04 | 2.88 | 0.29~5.93 | 2.40 | 2.94 | 1.04 | 4.03(5/124)       |
| 18~34 岁男 | 193   | 1.42                 | 0.95 | 3.61 | 4.29 | 0.23~5.54 | 2.11 | 3.15 | 0.70 | 11.92(23/193)     |
| 18~34 岁女 | 227   | 0.95                 | 0.78 | 1.66 | 1.86 | 0.26~4.95 | 3.16 | 3.85 | 1.61 | 1.32(3/227)       |
| 35~44 岁男 | 188   | 0.99                 | 0.78 | 1.76 | 2.23 | 0.23~4.15 | 3.03 | 3.85 | 1.35 | 2.13(4/188)       |
| 35~44 岁女 | 207   | 0.96                 | 0.82 | 1.65 | 1.91 | 0.23~8.28 | 3.13 | 3.66 | 1.57 | 0.48(1/207)       |
| 45~59 岁男 | 277   | 0.89                 | 0.78 | 1.55 | 1.92 | 0.16~2.93 | 3.37 | 3.85 | 1.56 | 0.00(0/277)       |
| 45~59 岁女 | 331   | 0.97                 | 0.81 | 1.78 | 2.24 | 0.14~3.52 | 3.09 | 3.70 | 1.34 | 1.21(4/331)       |
| ≥60 岁男   | 282   | 1.01                 | 0.76 | 1.85 | 2.41 | 0.18~7.08 | 2.97 | 3.95 | 1.24 | 2.84(8/282)       |
| ≥60 岁女   | 358   | 1.00                 | 0.76 | 1.95 | 2.46 | 0.11~5.44 | 3.00 | 3.95 | 1.22 | 2.51(9/358)       |
| 全人群      | 2 344 | 1.04                 | 0.81 | 1.86 | 2.37 | 0.11~8.28 | 2.88 | 3.70 | 1.27 | 2.73(64/2 344)    |

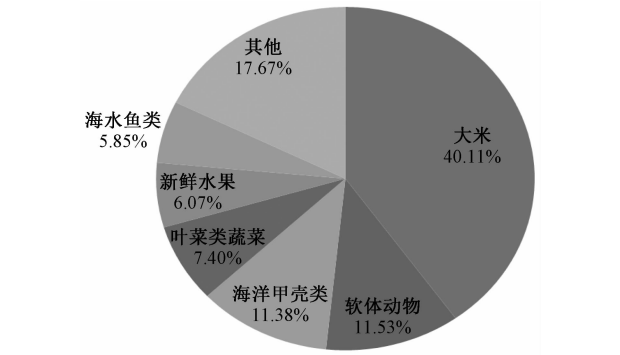


图 1 不同食物对膳食中无机砷暴露的贡献率  
Figure 1 Contribution of dietary exposure to inorganic arsenic in different foods

物、海洋甲壳类、叶菜类蔬菜、新鲜水果和海水鱼类,分别占总膳食暴露量的 11.53%、11.38%、7.40%、6.07%、5.85%,其余食物的贡献率均低于 5%,合并为其他表示。

3 讨论

砷的毒性及其暴露对人群健康的影响受到了人们广泛关注,不少学者对砷中毒及暴露的机制进行了综合分析<sup>[10-12]</sup>,研究<sup>[13]</sup>认为,世界上约有 2 亿人存在急性或慢性砷中毒,从而引起癌症、心血管疾病、皮肤病变等。砷的毒性大小与其浓度、形态和氧化状态有关,无机砷毒性远高于有机砷<sup>[14]</sup>。研究报道<sup>[15]</sup>,不同食品类别中砷的含量有所不同,2014 年陕西省调查的粮食、蔬菜、水果、肉类、蛋类和奶类食品中,以粮食类总砷含量最高,含量均值为 0.025 g/kg,总体风险较低。赵晓亮等<sup>[16]</sup>对 2015 年宝鸡市市售水果、蔬菜、大米、小麦、蛋类、淡水鱼和肝肾食品中总砷含量评价认为,各类食品均已存在砷污染,以大米和淡水鱼类检出较高。广东省各类食品中总砷的总体平均含量为 0.32 mg/kg,含量



水平较高的是海水鱼、软体类水产及大米<sup>[17]</sup>。以上省市的研究均未对食品中无机砷进行检测,是通过总砷含量不超过无机砷限量值时,来推断认为砷污染对人群健康尚未产生风险。本研究检测了食品中的总砷及部分食品中的无机砷,结果显示,总砷平均含量水平较高的为海洋甲壳类、海水鱼类、软体动物类食品,无机砷平均含量水平最高的为大米,根据 GB 2762—2012 对不同食品总砷、无机砷限量标准的规定,发现大米无机砷超标率最高,食用菌和畜禽内脏总砷的超标率相对较高,这与上述国内其他省市研究结果基本一致。

膳食暴露评估结果显示,广西全人群膳食中无机砷暴露量为 1.04 μg/kg BW,其 MOE 为 2.88;高消费量人群每天无机砷暴露量为 2.37 μg/kg BW,其 MOE 为 1.27;表明目前膳食中无机砷暴露水平对广西居民健康造成的风险较低,是可接受的。不同性别-年龄组人群膳食暴露评估结果显示,除18~34 岁男性组高消费量人群每天无机砷暴露量的 MOE <1 外,其余各性别-年龄组人群每天无机砷暴露量的均数、中位数及 P95 的 MOE 均 >1,健康风险均相对较低。全人群中有 2.73% 的个体 MOE <1,存在一定的健康风险。本研究发现大米是广西居民膳食中无机砷暴露的主要来源,贡献率达 40.11%,其次为软体动物、海洋甲壳类、叶菜类蔬菜、新鲜水果和海水鱼类,贡献率均在 5% 以上。研究发现 18~34 岁男性组人群膳食中无机砷暴露量较高,其次为 6~17 岁年龄组,分析发现其对大米及海洋甲壳类等水产动物及制品的消费量较高所致,因此,加强对大米及水产动物制品的监测与监管,防止超标食品进入市场,同时,进一步开展污染来源的研究,从源头控制污染,从而降低人群膳食中无机砷暴露风险,尤其是高消费量人群的健康风险。

本次研究存在一定的不确定性。一是研究所使用的无机砷含量数据多数为总砷浓度转化而来,然而实际情况是无机砷对人群健康的危害更大,而由于无机砷检测能力的影响,本研究约有 30% 的数据开展了无机砷检测,提示应加强对无机砷检测技术的研发及不同食品中砷形态学的研究;二是研究所使用的食品虽包含了绝大多数食品种类,但并未包括所有可能含砷的食品在内;三是本研究仅限于膳食途径的无机砷暴露量评估,并未将空气、土壤、水等其他途径无机砷暴露量纳入进行综合考虑等。这些均可能会影响评估结果的精确性,今后仍需进一步开展相关研究。

参考文献

[ 1 ] IARC. A review of human carcinogens: arsenic, metals, fibres, and dusts ( monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans)[ M]. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer, 2012: 41-93.

[ 2 ] WHO. Evaluation of certain contaminants in food ( seventy-second report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on food additives)[ R]. WHO Technical Reports Series, 2011.

[ 3 ] 叶峻. 食品重金属污染及其防止措施[ J]. 公共卫生与预防医学, 2010, 21( 3) : 54-56.

[ 4 ] 唐振柱, 方志峰. 2010—2012 年广西壮族自治区居民营养健康状况调查报告[ M]. 南宁: 广西科学技术出版社, 2015: 191-221.

[ 5 ] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中总砷及无机砷的测定: GB 5009. 11—2014[ S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.

[ 6 ] 中华人民共和国卫生部. 食品安全国家标准 食品中污染物限量: GB 2762—2012[ S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.

[ 7 ] WHO. Safety evaluation of certain contaminants in food ( prepared by the seventy-second meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on food additives ) [ R]. WHO Technical Reports Series, 2011.

[ 8 ] 王绪卿, 吴永宁, 陈君石. 食品污染监测低水平数据处理问题[ J]. 中国预防医学杂志, 2002, 36( 4) : 278-279.

[ 9 ] European Food Safety Authority ( EFSA). Dietary exposure to inorganic arsenic in the European population [ R]. Scientific report of EFSA, 2014.

[ 10 ] 易秋荣, 李昕. 砷暴露对脂代谢影响及其机制研究进展[ J]. 中国公共卫生, 2016, 32( 6) : 874-877.

[ 11 ] LU T H, TSENG T J, SU C C, et al. Arsenic induces reactive oxygen species-caused neuronal cell apoptosis through JNK/ERK-mediated mitochondria-dependent and GRP 78/CHOP-regulated pathways[ J]. Toxicology Letters, 2014, 224( 1) : 130-140.

[ 12 ] SEOW W J, KILE M L, BACCARELLI A A, et al. Epigenome-wide DNA methylation changes with development of arsenic-induced skin lesions in Bangladesh: a case-control follow-up study[ J]. Environ Mol Mutagen, 2014, 55( 6) : 449-456.

[ 13 ] JOMOVE K, JENISOVA Z, FESZTEROVA M, et al. Arsenic: toxicity, oxidative stress and human disease [ J]. Journal of Applied Toxicology, 2011, 31( 2) : 95-107.

[ 14 ] European Food Safety Authority Panel on Contaminants in the Food Chain CONTAM. Scientific opinion on arsenic in food[ J]. Journal of European Food Safety Authority, 2009, 7( 10) : 1351-1549.

[ 15 ] 聂晓玲, 程国霞, 王敏娟, 等. 2014 年陕西省市售食品中重金属污染调查及评价[ J]. 中国食品卫生杂志, 2016, 28( 2) : 240-243.

[ 16 ] 赵晓亮, 许欢, 张克俭, 等. 2015 年宝鸡市市售食品中砷的污染调查及健康风险评估[ J]. 职业与健康, 2016, 32( 13) : 1786-1788.

[ 17 ] 蔡文华, 胡曙光, 苏祖俭, 等. 2007—2014 广东省膳食中铅、镉、砷、汞元素的人群健康风险评估[ J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6( 6) : 2308-2316.