

辽宁省大米中甲基汞的安全性评价

韩晓鸥, 李颜岩, 张媛媛, 曹忠波*

(辽宁省疾病预防控制中心, 沈阳 110005)

摘要: 目的 评估辽宁地区大米中甲基汞对我国居民健康状况的潜在危险。**方法** 在辽宁地区大型商场和小型农贸市场共采集大米样品 200 份, 采用高效液相色谱-原子荧光法测定大米中甲基汞的含量。运用风险评估软件 RISK@7.5 建立大米中甲基汞风险评估模型, 结合急性膳食摄入风险、慢性膳食摄入风险等指标对辽宁地区大米中的甲基汞膳食摄入风险进行评估。**结果** 26 份样品检出甲基汞, 检出率为 21.7%, 超标样品量为 2 份, 超标率为 1.67%, 通过模型可以推断出辽宁地区大米中甲基汞检出样品种类大于 1 的平均概率大于 8.5% 小于 33.5%, 有一种样品超标的平均概率小于 5.5%。甲基汞的急性膳食摄入风险为 0.94%、甲基汞慢性膳食摄入风险为 0.11%。**结论** 辽宁地区大米中甲基汞均处于安全水平, 风险均为可接受, 但较高的检出率应该引起大众的重视。

关键词: 辽宁; 高效液相色谱-原子荧光法; 大米; 甲基汞; 风险评估

Safety evaluation of methylmercury in rice in Liaoning province

HAN Xiao-Ou, LI Yan-Yan, ZHANG Yuan-Yuan, CAO Zhong-Bo*

(Liaoning Provincial Center for Disease Control and Prevention, Shenyang 110005, China)

ABSTRACT: Objective To evaluate the potential risk of methylmercury in rice in Liaoning province to the health status of Chinese residents. **Methods** Totally 200 rice samples were collected from large shopping malls and small agricultural markets in Liaoning province. The content of methylmercury in rice was determined by high performance liquid chromatography atomic fluorescence spectrometry. Using risk assessment software RISK@7.5, the risk assessment model of methylmercury in rice was established, and the risk of dietary intake of methylmercury in rice in Liaoning province was evaluated by combining the risk of acute dietary intake and chronic dietary intake. **Results** Methylmercury was detected in 26 samples, the detection rate was 21.7%, the number of samples exceeded the standard was 2, and the rate of exceeding the standard was 1.67%. It could be inferred from the model that the average probability of detection of methylmercury in rice in Liaoning province was more than 8.5%, less than 33.5%, and the average probability of one sample exceeding the standard was less than 5.5%. The acute dietary intake risk of methylmercury was 0.94%, and the chronic dietary intake risk of methylmercury was 0.11%. **Conclusion** Methylmercury in rice in Liaoning province is at a safe level, and the risk is acceptable. However, the high detection rate should be paid attention to by the public.

KEY WORDS: Liaoning; high performance liquid chromatography-atomic fluorescence spectrometry; rice; methylmercury; risk assessment

*通讯作者: 曹忠波, 副主任技师, 主要研究方向为食品质量安全。E-mail: 147000840@qq.com

*Corresponding author: CAO Zhong-Bo, Associate Chief Technician, Liaoning Provincial Center for Disease Control and Prevention, 242 Shayang Road, Heping District, Shenyang City, Liaoning Province. E-mail: 147000840@qq.com

1 引言

甲基汞是一种神经毒素,甲基汞中毒后典型的症状有视野收缩、运动性共济失调、末梢感觉错乱、听觉错乱和震颤等,此外甲基汞还会对心血管、生殖系统和免疫系统产生影响^[1,2]。人类甲基汞最早发现暴露主要的途径是食用鱼类和其他水产品,同时某些家禽饲料以鱼肉及其内脏作为原料,此时甲基汞由食物链进入陆地动物体内,最后为人体所吸收^[3,4]。

近年来由于我国毒大米事件的发生,大米的安全问题受到了极大的重视^[1]。有研究表明稻米也是人类摄入甲基汞的主要来源之一^[5,6],我国国家标准 GB 2762-2017《食品安全国家标准 食品中污染物限量》中规定粮食(成品粮)中汞限量为 0.02 mg/kg,但是对于甲基汞并没有确定的限值^[7],因此对于大米中甲基汞含量的监测具有重要意义。目前国内有关于辽宁地区大米中甲基汞的风险评估报告很少,对于辽宁地区大米中甲基汞的风险评估还没有系统的记录。

鉴于此,为了解辽宁地区大米的风险状况,本研究建立了辽宁地区大米流通领域的暴露评估模型,对辽宁省大米中甲基汞的进行安全性评价以及膳食摄入风险评估,以期为相关部门和企业生产风险管理提供参考。

2 材料与方法

2.1 实验材料

2.1.1 材料与仪器

甲醇、氢氧化钠、氢氧化钾、硼氢化钾、过硫酸钾、乙酸铵、盐酸、氨水、L-半胱氨酸(色谱纯,国药集团化学试剂有限公司);甲基汞[(0.96±0.04) μg/g,中国计量科学研究院]。

E2695 液相色谱仪、ST16R 台式冷冻离心机(美国热电公司);AFS-9730 双道原子荧光光度计(北京海光仪器公司);KQ5200DB 超声仪(昆山市超声仪器有限公司);Synergy UV Mili-Q 超声纯水系统(美国 Milipore 公司);S25 涡旋混匀器(德国 IKA 公司);202-1A 数显电热恒温干燥箱(上海阳光实验仪器有限公司)。

2.1.2 样品来源

在辽宁省内各个典型城市购买样品共 120 份,其中包括内陆城市 40 份,沿海城市 40 份,沿江城市 20 份,山城 20 份,样品为当地销售大米,使用粉碎机粉碎成大米粉,过 4000 目筛,常温保存。

2.2 实验方法

2.2.1 样品前处理

称取样品 1.0 g(准确至 0.001 g),置于 15 mL 聚丙烯离心管中,加入 10 mL 的 5 mol/L 的盐酸溶液,放置过夜。室

温下超声水浴提取 60 min,期间振摇数次。4 °C 下以 10000 r/min 转速离心 15 min。准确吸取 20 mL 上清液至 5 mL 容量瓶中,逐滴加入 6 mol/L 氢氧化钠溶液,使样液 pH 在 2~7 之间。加入 0.2 mL 10 g/L 的 L-半胱氨酸溶液,最后用水定容至刻度。经 0.45 μm 有机滤膜过滤进样测定,同时做空白实验^[8]。

2.2.2 标准配制

甲基汞:用移液枪吸取 2.083 g 标准溶液,用 2% 甲醇/水定容到 2 mL 配制成 1 μg/mL 的标准使用液。吸取 1 mL 标准使用液,用 2% 甲醇/水定容到 10 mL,配制成 100 ng/mL 的标准使用液。

甲基汞吸取使用液(100 ng/mL)40、80、120、160、200 μL 加入流动相配制成 2.0 mL 标准使用液,配制成 2.0、4.0、6.0、8.0、10.0 ng/mL 的标准系列,取 100 μL 进样。以峰面积(Y)为纵坐标,目标物的质量浓度(X)为横坐标,绘制标准曲线。

2.2.3 色谱条件

色谱柱: C₁₈ 分析柱(150 mm×4.6 mm, 5 μm);液相条件:流动相: 5% 甲醇-0.05 mol/L 乙酸铵-0.1% L-半胱氨酸;流速: 0.8 mL/min;进样体积: 100 μL。原子荧光光谱条件: 负高压: 300 V;汞灯电流: 30 mA;原子化方式: 冷原子;载液: 10% 盐酸溶液,载液流速, 40 mL/min,还原剂: 2 g/L 硼氢化钾溶液,还原剂流速 40 mL/min,氯化剂流速 1.6 mL/min;载气流速: 500 mL/min;辅助气流速: 600 mL/min。

2.2.4 计算公式

高效液相色谱进样分析后,以标准曲线溶液的峰面积为纵坐标 Y,浓度为 X(ng/mL)为横坐标,进行标准曲线拟合,得出各物质标准曲线;样品的测定结果按下式计算:

$$x = \frac{(c - c_0) \times V \times 1000}{m \times 1000 \times 1000} \quad (1)$$

式中: X 为样品中甲基汞的含量, mg/kg; C 为经标准曲线得到测定溶液中甲基汞浓度, μg/L; C₀ 为空白溶液中甲基汞的浓度, μg/L; V 试液提取试剂的体积, mL; m 为样品称样量, g。

2.3 风险评估

2.3.1 建立危害暴露评估模型

建模型采用概率评估法,即用概率分布来描述模型中的参数或结果,以表示该参数的不确定性和变异性^[9]。模型采用 Monte Carlo 模拟技术,运用风险分析软件 @RISK7.5 运行与分析。

函数选择三角形分布有 3 个参数—最小值、最大值、最可能值,其表达方式为“RiskTriang(最小值,最可能值,最大值)”。根据以上数据提供的全部信息,计算各种可能的结果,甲基汞在辽宁地区检出的流行率,模拟为 RiskTriang(0.150, 0.217, 0.275),由此呈现风险的整个状况。模型的一次模拟进行 10000 次运算,每一次运算时采

用 Monte Carlo 抽样方法, 从模型各变量的概率分布中抽取 1 个值, 对这些随机抽取的数字进行计算。评估的结果以概率分布的形式描述。

2.3.2 膳食摄入风险评估

(1) 慢性膳食摄入风险评估

联合国粮农组织和世界卫生组织下的食品添加剂联合专家委员会(Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives JECFA)根据毒理实验结果, 于 1988 年推荐甲基汞暂定每周允许摄入量(provisional tolerable weekly intake, PTWI)为 3.3 $\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{bw}\cdot\text{周})$, 相当于每人每周耐受摄入量 198 μg , 每人每日耐受摄入量为 28.29 μg ^[10,11], 根据辽宁地区人均大米消费量 1.0 kg, 因此, 允许最大摄入量(acceptable daily intake, ADI)为 28.29 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (人体质量以 60 kg 计)。用公式计算出甲基汞的慢性膳食摄入风险(risk of chronic dietary intake, %ADI)。当%ADI \leq 100%时表示风险可以接受, 当%ADI>100%时表示风险不可接受^[12-15]。

$$\%ADI = \frac{STMR \times 1}{bw \times ADI} \times 100\% \quad (2)$$

其中 *STMR* 为规范实验残留中值, 取平均残留值, mg/kg; *ADI* 为每日允许最大摄入量, 28.29 $\mu\text{g}/\text{kg}$; *bw* 为体重, 按 60 kg 计。

(2) 急性膳食摄入风险评估

根据世界卫生组织数据^[11], 居民大米消费大餐值

(large portion consumed, LP)为 2.047 kg^[11], 按照公式(3)计算辽宁地区大米短期摄入量, 按照公式(4)计算大米急性膳食摄入风险(acute reference dose, %ARfD)。当%ARfD \leq 100%时表示风险可以接受, 当%ARfD>100%时表示有不可接受风险。

$$IESTI = \frac{(LP \times STMR - p)}{bw} \quad (3)$$

$$\%ARfD = \frac{IESTI}{ARfD} \times 100 \quad (4)$$

$$SM = \frac{ARfD \times bw}{LP} \quad (5)$$

其中, *IESTI* 为估计短期摄入量, mg/kg; *STMR-P* 为实验中检测中位残留量, mg/kg; *bw* 为体重, 按 60 kg 计; *ARfD* 为急性参考剂量, 选为白米中限量值 0.02 mg/kg; *SM* 为安全界限, mg/kg。

3 结果与分析

3.1 线性范围和检出限

标准品的色谱图如图 1 所示, 可见基质稳定, 无杂质峰。按照 2.2.2 方法配制标准储备液, 绘制标准曲线。在线性范围 0~10 ng/mL 内, 线性方程 $Y=981052X-50405$, 相关系数为 0.9997, 方法线性关系较好。方法检出限为 0.008 mg/kg, 定量限为 0.025 mg/kg, 方法灵敏度较高。

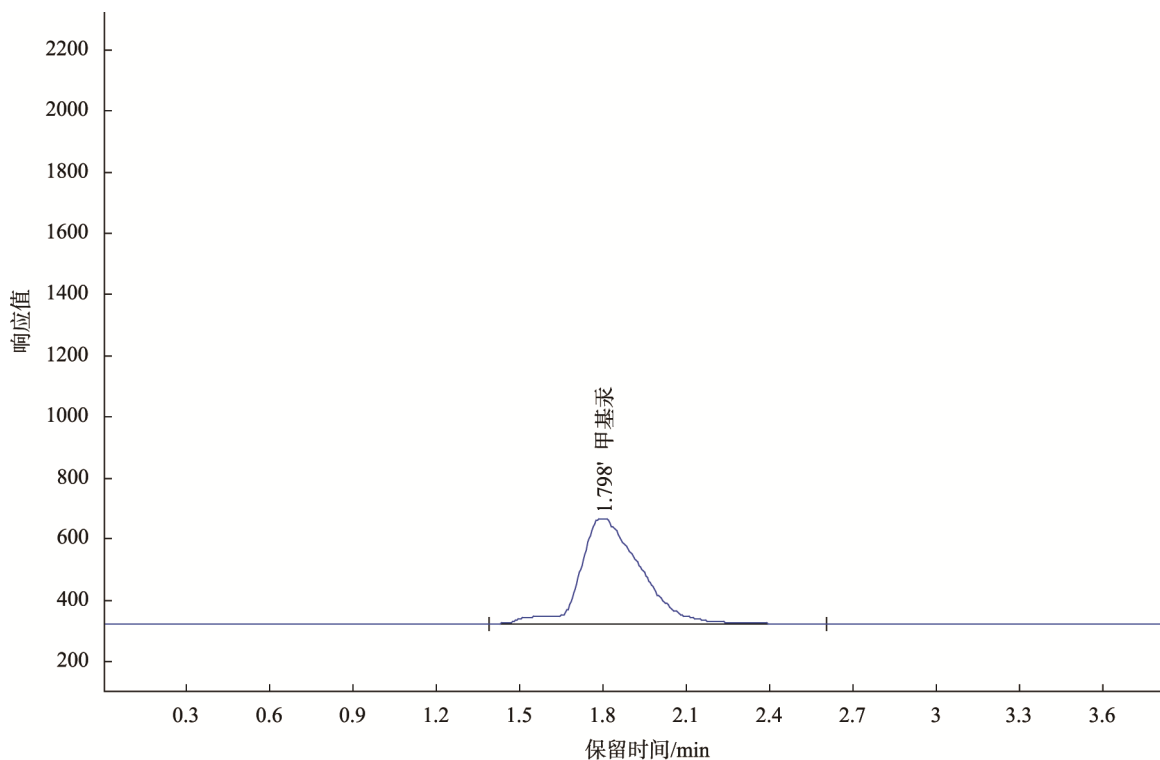


图 1 甲基汞标准色谱图

Fig.1 Standard chromatogram of methylmercury

3.2 实际样品分析

辽宁地区大米主要产地来源为黑龙江省、吉林省、辽宁省的广大平原地区，以及少量进口大米，其中包括五常大米、珍珠米、黑龙江特产江水大米、稻花香米等，在大型超市中以黑龙江省大米，吉林省大米，以及少量进口大米为主，种类在 50 种左右，小型农贸市场及早市中大米种类为 20 种左右，4 个城市中共采集样品 120 份，48 h 内，对样品甲基汞进行检测，结果见表 1、表 2。由结果分析可知辽宁地区大米存在一定的甲基汞污染现象，但总体并不严重。

表 1 样品检测结果
Table 1 Analytical results of samples

地区	甲基汞检出数量	甲基汞检出率/%
内陆	11	27.5
山城	9	22.5
沿海	3	15.0
沿江	3	15.0

通过对辽宁地区 4 个城市 120 份样品的监测结果分析得出，共有 26 批次样品不同程度检出甲基汞，其中内陆 11 份，山城 9 份，沿海城市 3 份，沿江城市 3 份，检出率内陆 27.5%、山城 22.5%、沿海 15.0%、沿江 15.0%，辽宁地区检出率为 21.7%，检出值范围 0.0007~0.0400 mg/kg，有 2 份残留超标，超标率为 1.67%。4 个城市中，内陆城市、山城检出率较高，而沿海城市、沿江城市检出率较低。虽然检出超标样品仅有 2 份，但较高的检出率应该使有关部门引起重视。

表 2 2017~2018 年大米中甲基汞残留结果分析
Table 2 Analysis of methyl mercury residue in rice from 2017 to 2018

检出批次数	检出值范围/(mg/kg)	平均值/(mg/kg)	中位值/(mg/kg)	检出率/%	超标样品数量	样品超标率/%
26	0.0007~0.0400	0.0019	0.0055	21.7	2	1.67

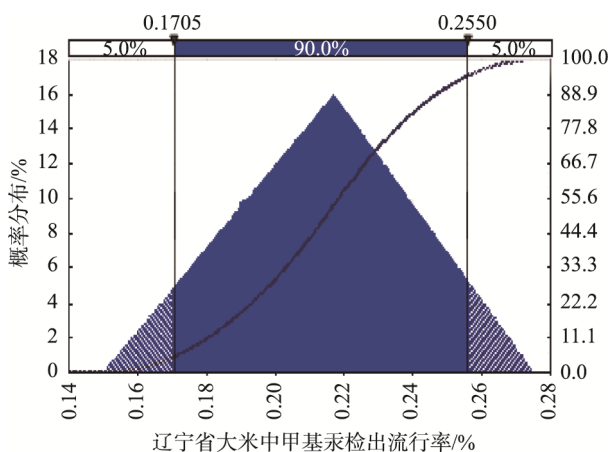


图 2 辽宁省甲基汞检出流行率模型

Fig.2 Prevalence model of methylmercury detection in Liaoning province

3.3 暴露评估模型结果与分析

大米是辽宁地区家家户户餐桌上必不可少的食品，成年男人每人每日摄入量为 1000 g 左右，女人和儿童每人每日摄入量为 300~500 g^[11]。虽然大米中甲基汞不是禁添加化合物，但由于消费群体庞大，人均摄入量，因此此次风险评估模型按照甲基汞检出种类的数量建立，模型分别模拟出辽宁地区大型商场中的超市、小型农贸市场及早市大米中检出甲基汞种类数量的概率，以及根据甲基汞超标率模拟出辽宁地区大型商场中以及小型超市、小型农贸市场及早市大米中甲基汞超标的种类数量的概率。

3.3.1 辽宁地区大米中甲基汞检出流行率模型建立

根据不同城市共采集样品 120 份，通过检出种类的统计，建立辽宁地区甲基汞检出的流行率模型，模拟为 RiskTriang (0.150, 0.217, 0.275)。该地区检出的流行率模型见图 2。由模型得出，辽宁省大米中甲基汞检出流行率在 17.50%~25.50%之间，有数据模型得出大米中甲基汞检出的流行率最大为 21.4%，因此定义大米中甲基汞样品检出流行率为 21.4%。

3.3.2 建立辽宁地区大型商场超市大米中甲基汞检出率预测模型

通过调查得出辽宁省一般大型商场超市中大米的种类为 50 种左右(包括不同城市同一种产品的各种批次)，根据甲基汞检出的流行率 21.4%，在这 50 种样品中有 1 种大米检出甲基汞的概率可以模拟为 RiskBinomial(50,0.214)，结果见图 3。由图 3 得出辽宁地区大型商场的超市中有一种大米样品甲基汞超标的概率大于 12%小于 32%。

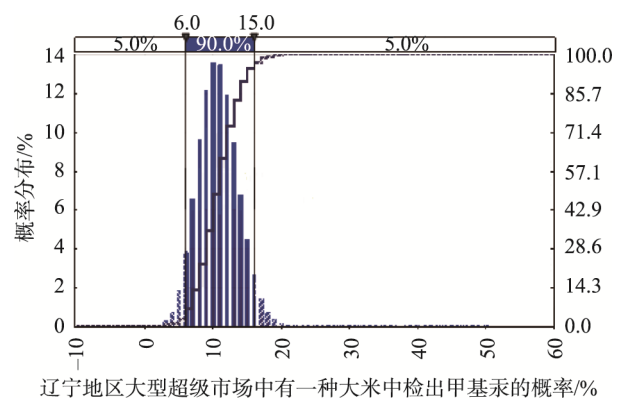


图 3 辽宁地区大型超市大米中检出甲基汞的概率模型

Fig.3 Probability model for detection of methylmercury in rice in large supermarkets in Liaoning province

3.3.3 建立辽宁地区中、小型农贸市场及早市大米中甲基汞检出率预测模型

根据调查, 辽宁地区中、小型农贸市场以及早市中大米的种类一般为 20 种左右, 根据大米产品流行率为 21.4%, 在这 20 种样品中有一种样品甲基汞检出种类的概率模拟为 RiskBinomial(20, 0.214), 结果见图 4。由图 4 得辽宁地区中、小型农贸市场及早市中有一种大米样品甲基汞超标的概率大于 5% 小于 35%。

3.3.4 建立辽宁地区大型商场超市大米中甲基汞超标率预测模型

根据国家标准 GB 2762-2017《食品安全国家标准 食品中污染物限量》^[7]中规定粮食(成品粮)中汞限量为 0.02 mg/kg, 超出标准的为超标样品, 样品检测后, 检出超标数量为 2 份, 甲基汞超标率为 1.67%, 辽宁地区大型商场

超市中 50 种样品甲基汞超标的概率可以通过软件模拟为 RiskBinomial(50, 0.0167), 结果见图 5。由图 5 得出辽宁地区大型商场超市中甲基汞样品有一种大米样品甲基汞超标的概率小于 6%。

3.3.5 建立辽宁地区中、小型商场超市及早市大米中甲基汞超标率预测模型

辽宁地区中、小型商场超市及早市中采集的 20 种样品甲基汞超标的概率可以通过软件模拟为 RiskBinomial(20,0.0167), 结果见图 6。由图 6 得出辽宁地区中、小型农贸市场及早市中甲基汞样品有一种样品甲基汞超标的概率小于 5%。

通过以上模型可以推断出辽宁地区大米中甲基汞检出样品种类大于 1 的平均概率大于 8.5% 小于 33.5%, 有一种样品超标的平均概率小于 5.5%。

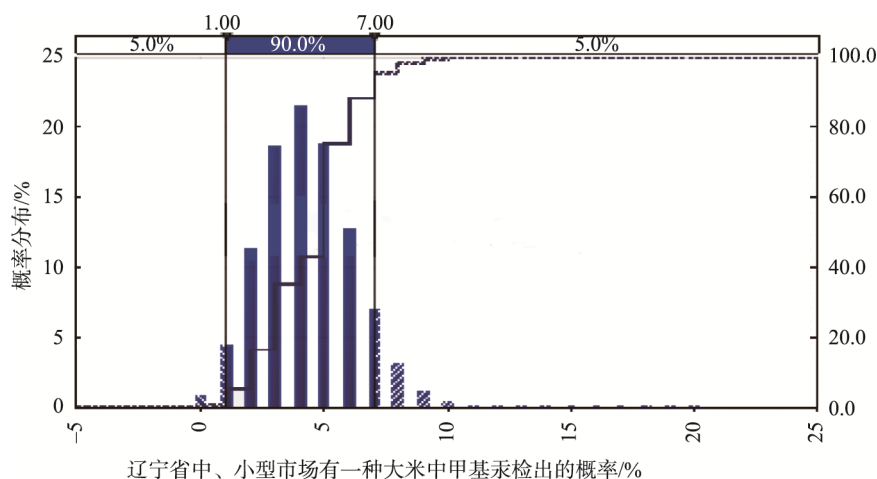


图 4 辽宁省中、小型市场大米中甲基汞检出的概率模型

Fig.4 Probability model of detection of methylmercury in rice in medium and small markets in Liaoning province

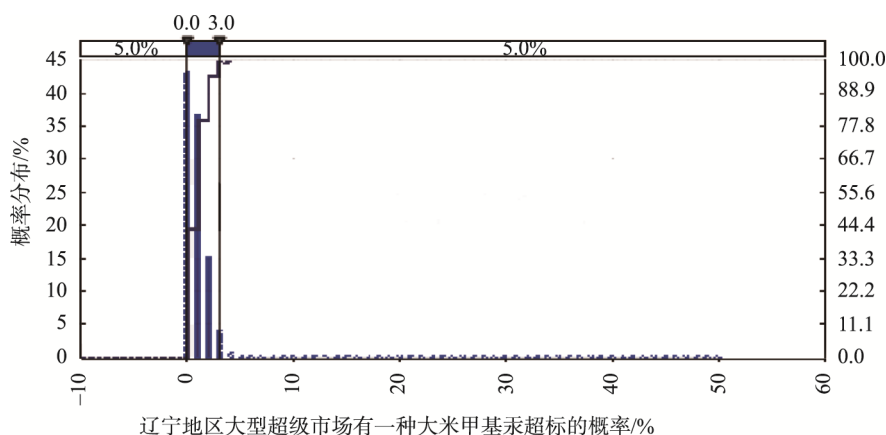


图 5 辽宁地区大型超级市场中大米甲基汞超标的概率模型

Fig.5 Probability model of excessive methylmercury in rice in large supermarkets in Liaoning province

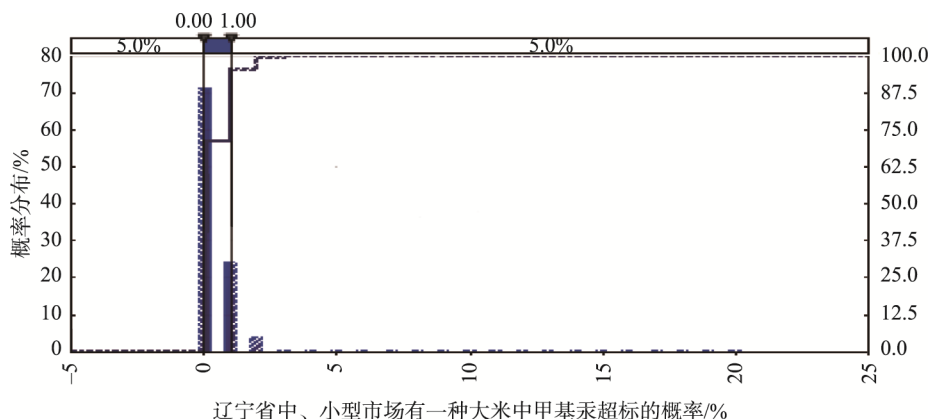


图 6 辽宁省中、小型市场及早市大米中甲基汞超标的概率模型

Fig.6 Probability model of excessive methylmercury in rice in medium and small markets in Liaoning province

3.3.6 风险评估暴露模型的分析

评估结果表明,辽宁省大米中甲基汞检出流行率为 21.4%,一般大型商场超市的甲基汞有一种样品检出的概率大于 12%小于 32%。一般中、小型超市及早市中大米检出甲基汞种类大于 1 的概率大于 5%小于 35%。因此,辽宁地区大米中甲基汞检出样品种类大于 1 的平均概率大于 8.5%小于 33.5%。大型商场超市中甲基汞样品有一种大米样品甲基汞超标的概率小于 6%,中、小型农贸市场及早市中有一种样品甲基汞超标的概率小于 5%。辽宁地区大米中甲基汞有一种样品超标的平均概率小于 5.5%。

3.4 膳食摄入风险评估

评估大米中甲基汞急性膳食风险及慢性风险,结果见表 3。运用公式(2)算得,大米中甲基汞慢性膳食摄入风险远低于 100%,为 0.11%。这表明,辽宁地区大米中甲基汞的慢性膳食摄入风险是可以接受的,而且很低,根据世界卫生组织(World Health Organization, WHO)数据库,以及公式(4)计算得出急性膳食摄入风险为 0.94%,远低于 100%,因此辽宁地大米中甲基汞的急性膳食摄入风险是可接受的,而且很低。从表 3 中可以看出,甲基汞最高残留量远小于安全界限,进一步说明甲基汞的急性膳食摄入风险很低。

表 3 甲基汞慢性风险评估和急性风险评估

Table 3 Chronic and acute risk assessment of methylmercury

评价指标	评价参数	甲基汞
慢性风险评估	每日允许摄入量/($\mu\text{g}/\text{kg}$)	28.29
	平均残留量/($\mu\text{g}/\text{kg}$)	0.0019
	估计短期摄入量/(mg/kg)	0.000188
	%ADI/	0.11
急性风险评估	最高残留量/(mg/kg)	0.0400
	ARfD/%	0.9382
	安全界限/(mg/kg)	0.586

世界卫生组织网站数据统计中没有大米中甲基汞的残留慢性膳食摄入量的记载,因此利用公式(2)算得。WHO 数据库中食物中甲基汞残留量急性参考计量值(ARfD)的数据记载,因此在计算中,急性参考计量值(ARfD)参考中国国家标准限量为 0.02 mg/kg。

4 结论与讨论

本研究对辽宁省大米中甲基汞的安全性进行了调查分析。通过对辽宁地区大米中甲基汞的监测结果进行风险评估分析、暴露评估模型建立以及膳食摄入风险分析,可知辽宁地区大米中甲基汞残留量风险较低,不足以对人们的健康构成严重威胁,但较高的检出率应该引起大众的重视。

参考文献

- [1] 程和发,高旭,罗晴. 大米汞污染与摄食大米甲基汞暴露研究进展[J]. 农业环境科学学报, 2019, 38(8): 1665-1676.
Cheng HF, Gao X, Luo Q. Research progress on mercury pollution in rice and exposure to methyl mercury in rice [J]. Acta Agric Environ Sci, 2019, 38(8): 1665-1676.
- [2] Hylander LD. Global mercury pollution and its expected decrease after a mercury trade ban [J]. Water Air Soil Pollut, 2001, 125(1): 331-334.
- [3] Hu Y, Cheng H. Control of mercury emissions from stationary coal combustion sources in China: Current status and recommendations [J]. Environ Pollut, 2016, (218): 1209-1221.
- [4] United Nations Environment Programme. Global mercury assessment 2018 [EB/OL]. [2019-03-25]. <https://www.unenvironment.org/resources/publication/global-mercury-assessment-2018>.
- [5] Qiu G, Feng X, Wang S, et al. Environmental contamination of mercury from Hg-mining areas in Wuchuan, northeastern Guizhou, China [J]. Environ Pollut, 2006, 142(3): 549-558.
- [6] Li P, Feng X, Qiu G, et al. Mercury exposure in the population from Wuchuan mercury mining area, Guizhou, China [J]. Sci Total Environ, 2008, 395(2-3): 72-79.
- [7] GB 2762-2017 食品安全国家标准 食品中污染物限量[S].
GB 2762-2017 National food safety standard-Limits of pollutants in food

- [S].
- [8] 杨华剑. 比例方程-氢化物发生原子荧光法测定昆布中 4 种有毒砷[J]. 中成药, 2016, 38(9): 2076–2079.
Yang HJ. Determination of four kinds of toxic arsenic in kelp by proportional equation hydride generation atomic fluorescence spectrometry [J]. Chin Patent Med, 2016, 38(9): 2076–2079.
- [9] 周艳明, 韩晓鸥. 亚硝酸盐在熟肉制品中的安全性评价[J]. 食品科学, 2008, 7(5): 101–105.
Zhou YM, Han XO. Safety evaluation of nitrite in cooked meat products [J]. Food Sci, 2008, 7(5): 101–105.
- [10] 刘守钦, 杨柳, 张军, 等. 济南市居民膳食中汞暴露评估[J]. 中国食品卫生杂志, 2016, 5(29): 676–679.
Liu SQ, Yang L, Zhang J, *et al.* Assessment of dietary mercury exposure in Jinan city [J]. Chin J Food Hyg, 2016, 5(29): 676–679.
- [11] WHO(World Health Organization). A template for the automatic calculation of the IESTI [EB/OL]. [2020-06-18]. www.who.int/entity/food_safety/chem/IESTI_calculation_13e.xlt.
- [12] 严红梅, 杜丽娟, 和丽忠. 云南省不同产地大米重金属污染风险分析[J]. 食品质量安全检测学报, 2017, 8(9): 3654–3663.
Yan HM, Du LJ, Li Z. Risk analysis of arsenic pollution in rice from different areas in Yunnan province [J]. J Food Qual Saf, 2017, 8(9): 3654–3663.
- [13] 梅光明, 严国, 常家琪. 浙江沿海海产品无机砷污染调查及食用风险分析[J]. 食品工业科技, 2019, 40(12): 218–229.
Mei GM, Yan G, Chang JQ. Investigation of inorganic arsenic pollution and edible risk analysis of marine products in Zhejiang province [J]. Food Ind Sci Technol, 2019, 40(12): 218–229.
- [14] 王冬群, 胡寅侠, 华晓霞. 慈溪市梨农药残留膳食摄入风险评估[J]. 江苏农业学报 2016, 32(3): 689–704.
Wang DQ, Hu YX, Hua XX. Risk assessment of dietary intake of pesticide residues in pears in Cixi city [J]. Jiangsu Agric J, 2016, 32(3): 689–704.
- [15] 王冬群, 华晓霞. 慈溪市葡萄农药残留膳食摄入风险评估[J]. 食品质量安全检测学报, 2017, 8(3): 1018–1024.
Wang DQ, Hua XX. Dietary intake risk assessment of grape pesticide residues in Cixi city [J]. J Food Qual Saf, 2017, 8(3): 1018–1024.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介



韩晓鸥, 副主任技师, 主要研究方向为食品质量安全。
E-mail: 147000840@qq.com

曹忠波, 副主任技师, 主要研究方向为食品质量安全。
E-mail: 147000840@qq.com