

国农业部. GB 2763—2014 食品中农药最大残留限量[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.

[15] JMPR. Inventory of IPCS and other WHO pesticide evaluations and summary of toxicological evaluations performed by the Joint Meeting on Pesticide Residues (JMPR) [EB/OL]. (1992-01-01) [2016-07-07]. <http://www.inchem.org/documents/jmpr/jmpmono/092pr12.htm>.

[16] EPA (U. S. Environmental Protection Agency). Organophosphorus cumulative risk assessment [EB/OL]. (2002-04-17) [2016-06-07]. http://www.epa.gov/pesticides/cumulative/pra-op/rpf_final.htm.

[17] YU Y, YANG A, ZHANG J, et al. Maternal exposure to the mixture of organophosphorus pesticides induces reproductive dysfunction in the offspring[J]. Environ Toxicol, 2013, 28(9): 507-515.

[18] Wilkinson C F, Christoph G R, Julien E, et al. Assessing the risk of exposures to multiple chemicals with a common mechanism of toxicity: how to cumulate? [J]. Regul Toxicol Pharmacol, 2000, 31(1): 31-43.

风险评估

湖南居民主要食品中锑的污染及暴露评估

谭湘武¹, 马金辉¹, 萧福元¹, 彭蔚¹, 谭伊曼², 肖胜蓝¹
(1. 湖南省湘潭市疾病预防控制中心, 湖南 湘潭 411100;
2. 湘潭医卫职业技术学院, 湖南 湘潭 411100)

摘要:目的 掌握湖南省主要食品中锑的污染水平, 评估湖南居民膳食中锑暴露安全性。方法 运用湖南省常住居民营养与健康状况现状分析数据和 2014—2015 年湖南主要食品污染物监测数据, 获得湖南地区居民膳食中锑暴露量, 采用世界卫生组织规定锑的每日耐受摄入量(TDI)的限值, 评价湖南居民从食物中摄入锑的安全性。结果 粮食、蔬菜、水果、肉类、水产品、饮料、乳制品 7 类共 1 445 份食品样品中, 锑检出率为 80.8% (1 168/1 445), 食品中锑含量的范围为 ND~0.20 mg/kg, 平均数为 (0.046±0.17) mg/kg, 中位数为 0.008 4 mg/kg; 湖南地区居民通过 7 类主要食品的锑暴露量为 0.65 μg/kg BW, 安全限值(MOS)为 9.2。蔬菜是膳食中锑暴露的主要来源, 其贡献率为 83.09%。结论 湖南地区主要食品中锑的暴露水平未超过 TDI 值, MOS 值>1, 居民膳食中锑暴露水平总体处于安全状态, 但膳食中蔬菜类对锑暴露的贡献较大, 值得关注。

关键词: 粮食; 蔬菜; 水果; 肉类; 水产品; 饮料; 锑; 食品污染物; 摄入量; 暴露评估; 风险评估

中图分类号: R155 文献标志码: A 文章编号: 1004-8456(2016)04-0528-05
DOI: 10.13590/j.cjfh.2016.04.025

Dietary exposure assessment of antimony in Hunan

TAN Xiang-wu, MA Jin-hui, XIAO Fu-yuan, PENG Wei, TAN Yi-man, Xiao Sheng-lan
(Xiangtan Center for Disease Control and Prevention, Hunan Xiangtan 411100, China)

Abstract: Objective To obtain the information of antimony pollution level in main food and evaluate the dietary exposure level in Hunan Province. **Methods** Based on the data from Nutrition and Health Status in Hunan Province in 2002 and food contamination monitoring in 2014 and 2015, the dietary exposure level of antimony in Hunan Province was calculated, and the safety of antimony intake was evaluated by the TDI established by WHO. **Results** 1 445 samples from 7 food categories were analyzed. The total detection rate was 80.8% (1 168/1 445). The detection values were ND-0.20 mg/kg. The median was 0.008 4 mg/kg, daily dietary intake of antimony by the general population was 0.65 μg/kg BW, and the MOS values was 9.2. The main resource of antimony was vegetable which contributed 83.09% of the exposure. **Conclusion** The average dietary antimony exposure from 7 food categories did not exceed the TDI, the MOS was bigger than 1 as the exposure was safe in general. However, the vegetables had a high risk to the residents, which should be paid attention to.

Key words: Grain; vegetable; fruits; meat; aquatic product; drink; antimony; food contaminant; intake; exposure assessment; risk assessment

锑是一种广泛存在于自然界,对人体健康有毒有害的痕量元素。早在 1976 年和 1979 年被欧盟及美国国家环保局列为优先控制污染物^[1]。锑及其化合物的毒性试验证实,锑与细胞中的巯基发生不可逆的结合,抑制琥珀酸氧化酶等活性,破坏细胞内离子平衡,使细胞内缺钾,引起体内代谢紊乱,导致肺、肝、心、肾等组织损伤^[2];某些锑化合物如三氧化二锑和三硫化二锑可引起 DNA 损伤,具有基因毒性和致癌性^[3];另外,有许多研究者认为,锑化合物对人体免疫、神经系统、发育等具有潜在毒性^[4]。中国是一个产锑大国,湖南拥有世界上最大的锑矿之一。由于锑的广泛使用致使锑的污染程度越来越严重,环境中的高含量锑可被农作物进一步富集^[5],继而通过食物链在人体内积累危害健康。据流行病学调查,在贵州省黔南地区长期生活在锑矿区的居民中发现了许多慢性锑中毒患者^[6]。

目前国内关于锑的研究主要集中在毒性作用与代谢机制以及对职业人群健康影响等方面,而关于锑的膳食暴露评估方面的研究较少^[7]。为了更好地保护人群健康,有效地收集有关食品中锑的相关数据成为控制食源性疾病与食源性危害的基础性工作,对社会经济发展和人们身心健康有重要作用和现实指导意义。因此,有必要系统地开展本地区食品中锑的污染监测与膳食暴露评估。为此,本研究从 2014 年开始,对湖南各地区主要食品中锑的含量进行了检测,并在此基础上对湖南居民膳食暴露情况进行了分析评估。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 样品来源及种类

采取分层随机抽样方法,于 2014—2015 年收集湖南省各市(州)、县的超市、批发市场、农贸市场等市售食品样品。样品种类共 7 类 1 445 份样品,其中粮食类包括大米(为当地原粮,涵盖 6 个农业县、区)、小米、面条、玉米等 4 种;新鲜蔬菜类包括深色蔬菜、浅色蔬菜等 47 种;新鲜水果类 17 种;新鲜肉类包括猪肉、牛肉、羊肉、鸡肉、猪肝、牛肝、羊肝等 7 种;新鲜淡水产品类包括鱼、虾、蟹、螺 4 种;饮料类为含乳饮料 1 种;乳制品类为婴幼儿配方奶粉 1 种;以上为湖南省 14 个市(州)的监测样品。

1.1.2 主要仪器与试剂

AFS-230E 型双道原子荧光光度计(北京科创海光仪器有限公司);锑空心阴极灯(北京有色金属研究总院)。

100 μg/ml 锑单元素标准溶液[13090478,

GBW(E)082126,钢铁研究总院分析测试研究所钢研纳克检测技术有限公司],生物成分分析标准物质圆白菜(GBW10014)、菠菜(GBW10015)、苹果(GBW10019)、大米(GBW10045)、芹菜(GBW10048)、大虾(GBW10050)、猪肝(GBW10051)由国家标准物质中心提供,盐酸、20 g/L 硼氢化钾、50 g/L 硫脲均为分析纯,硝酸、过氧化氢、5 g/L 氢氧化钠、100 g/L 碘化钾溶液均为优级纯。试验用气为纯度 > 99.999 % 的氩气。试验用水为电阻率为 18.2 MΩ·cm(25 ℃)的去离子水。

1.2 方法

1.2.1 食品中锑含量的测定

采集后的食品样品取可食部分切碎、搅拌、混匀,称取 0.5 ~ 2 g(精确至 0.001 g)鲜样于微波消解罐内,加 4 ml 硝酸和 2 ml 过氧化氢,放置 30 min,旋紧密闭内罐置微波炉内,按程序升温方式(第一步:功率 1 500 W,时间 10 min,温度 150 ℃;第二步:功率 1 500 W,时间 10 min,温度 180 ℃)进行消解。同时作试剂空白。按 GB 5009.137—2003《食品中锑的测定》^[8]中的原子荧光光谱法测定样品中的锑含量。其检出限为 0.1 ng/ml。

1.2.2 质量控制

通过标准曲线法测定样品中总锑含量,样品测定前以及每 20 份样品测定后都进行生物成分分析标准物质的测定,同时进行 10% 的平行样测定,并且进行留样复测及实验室比对。确保检测数据的准确性。

1.2.3 食物消费量

本次食物消费量引用湖南省常住居民营养与健康状况现状分析数据^[9]。该数据为湖南省 2002 年城乡居民每标准人日各类食物摄入量。其调查方法采用多阶段分层整群随机抽样法,调查了 1 个中小城市、2 个二类农村和 2 个四类农村,共 5 个抽样点、2 716 户,总计 7 583 人,涵盖全人群。

1.2.4 限量标准

国家未颁布食品中锑的限量标准。本研究参考香港公众健康与市政服务条例(PHMSO)中的评价标准^[7],其锑的最高限量值为 1.0 mg/kg。检出率以超出检出限的份数除以总份数。超标率以超出 PHMSO 限量(1.0 mg/kg)的份数除以总份数。

1.2.5 膳食暴露评估方法

采用点评估方法,根据某类食品的标准人平均消费量和相对应食品中锑含量,计算某类食品中锑的暴露量,再累计得各类食品总暴露量,并计算不同类型食品锑的贡献率。然后依据世界卫生组织

(WHO) 锑的耐受摄入量 (TDI, 6.0 μg/kg BW)^[10], 计算居民膳食中锑的安全限值 (MOS)^[11], MOS > 1, 表示该物质对居民健康风险可以接受, MOS < 1, 表示该物质对居民健康风险较高, 超过了可以接受的限度, 应当采取适当的风险管理措施。慢性暴露点评估数学模型计算公式:

$$EXP = \sum_{K=1}^P \frac{X_{K, average} C_{K, average}}{BW} f$$

式中 EXP 表示居民每日膳食锑暴露量 (μg/kg BW); X_K 表示第 K 类食品居民每日平均消费量 (g); C_K 表示第 K 类食品锑的平均含量 (mg/kg); BW 为居民平均体重 (kg), 取标准人^[12] 体重 60 kg; P 为食品种类数目, f 为加工因子, 本研究未考虑食品加工前后锑含量变化, 取 $f=1$ 。

各类食品贡献率 (%) = 某一食物的污染物暴露量/各类食物污染物暴露量之和; MOS = 每日每公斤体重耐受摄入量 (TDI)/居民每日膳食锑暴露量 (EXP)。

1.3 数据处理与统计分析

对低于检出限的数据, 根据 WHO 对未检出数据的处理原则^[13], 即未检出数据的比例 ≤ 60%, 按检出限的 50% 计算; 当未检出数据的比例 > 60% 时, 所有未检出数据用检出限替代。

采用 SPSS 13.0 软件包进行数据汇总和分析。所有检测数据均进行正态性检验 (Kolmogorov-

Smirnov 检验)。呈正态分布的数据, 采用平均数 ± 相对标准偏差 ($\bar{x} \pm s$) 表示平均水平, 呈偏态分布的数据, 采用中位数表示平均水平。以 P5 ~ P95 表示所检测数据组的范围。检出率、超标率等计数资料以百分数表示。

2 结果

2.1 食品中锑的含量分析

对 2014—2015 年粮食类、蔬菜类、水果类、乳制品类、淡水产品类、肉类、含乳饮料类等 7 类 1 445 份食品样品进行锑含量监测, 超出检出限的食品样品共 1 168 份, 检出率为 80.8%。最小值为未检出 (ND), 最大值 3.12 mg/kg。锑含量高于 PHMSO 限量标准 (1.0 mg/kg) 有 7 份, 总超标率为 0.5%, 其中深色蔬菜类样品超标率为 1.1%。测定值经 Kolmogorov-Smirnov 检验 ($Z = 15.608, P = 0.000 < 0.05$) 显示不符合正态分布, 故采用中位数表示平均水平, 以 P5 ~ P95 表示食品样品的参考范围。本次调查结果, 食品锑含量的中位数为 0.008 4 mg/kg, P5 ~ P95 为 ND ~ 0.20 mg/kg。在各类食品样品中, 深色蔬菜的锑含量中位数最高, 为 0.019 mg/kg, 奶粉类锑含量中位数为 ND。组间差异经非参数检验 (Kruskal-Wallis 检验, $H = 3.142, P = 0.004 < 0.05$) 为差异有统计学意义, 见表 1。

表 1 湖南地区主要食品中锑含量监测结果 ($\bar{x} \pm s$, mg/kg)
Table 1 Surveillance results of antimony contents in main food in Hunan

样品类型	样品数 /份	含量	中位数 /(mg/kg)	范围 (P5 ~ P95) /(mg/kg)	检出率 /%	超标率* /%
粮食类	241	0.012 ± 0.019	0.006 5	ND ~ 0.043	69.7 (168/241)	0.0 (0/241)
深色蔬菜	528	0.081 ± 0.016	0.019	ND ~ 0.23	94.1 (497/528)	1.1 (6/528)
浅色蔬菜	175	0.096 ± 0.013	0.014	ND ~ 0.18	74.9 (131/175)	0.6 (1/175)
猪肉	53	0.007 5 ± 0.004 6	0.006 6	ND ~ 0.017	88.7 (47/53)	0.0 (0/53)
其他畜类	42	0.008 5 ± 0.005 4	0.005 8	ND ~ 0.025	76.2 (32/42)	0.0 (0/42)
动物内脏	50	0.015 ± 0.015	0.011	ND ~ 0.037	90.0 (45/50)	0.0 (0/50)
水产品	97	0.011 ± 0.012	0.007 8	ND ~ 0.034	83.5 (81/97)	0.0 (0/97)
水果类	194	0.005 6 ± 0.006 3	0.003 8	ND ~ 0.019	62.4 (121/194)	0.0 (0/194)
乳饮料	39	0.013 ± 0.006 6	0.013	ND ~ 0.024	92.3 (36/39)	0.0 (0/39)
奶粉类	26	0.005 0 ± 0.007 0	ND	ND ~ 0.018	38.5 (10/26)	0.0 (0/26)
合计	1 445	0.046 ± 0.17	0.008 4	ND ~ 0.20	80.8 (1 168/1 445)	0.5 (7/1 445)

注: * 限量标准参考 PHMSO 值为 1.0 mg/kg; 检出限为 0.1 ng/ml

2.2 湖南人群锑膳食暴露评估

本次膳食暴露评估以食品中锑含量的平均数^[14]和参考湖南省常住居民营养与健康状况现状分析居民食物消费量数据, 进行膳食暴露评估, 再采用世界卫生组织的 TDI 值对居民膳食中锑暴露风险进行初步评估。结果显示, 湖南居民从食物中摄取锑的暴露量为 0.65 μg/kg BW。远低于 TDI 限量 (6.0 μg/kg BW), 其 MOS 为 9.2, 表明经膳食摄入锑的暴露风险较小, 对居民健康风险可以接受。在

所检的主要食品样品中, 蔬菜类中锑的贡献率为 83.09%, 粮食类中锑的贡献率为 11.50%, 水果类中锑的贡献率为 2.16%, 见表 2。

3 讨论

3.1 食品中锑的限量标准

目前, 关于食品中锑的限量标准, 国际上仅少数几个国家或地区有食品限量标准, 如澳大利亚^[8]规定饮料中锑 < 0.15 mg/L, 其他食品 <

表 2 居民主要食物中锑暴露量

Table 2 Antimony contents in resident main diet					
食品类型	食物消 费量 *	锑含量 平均数	锑日暴 露量	贡献 率/%	MOS
	/(g/标准人·d)	/(mg/kg)	/(μg/kg BW)		
粮食类	374.17	0.012	0.074 8	11.50	80.2
深色蔬菜	104.97	0.081	0.141 7	21.77	42.3
浅色蔬菜	249.45	0.096	0.399 1	61.32	15.0
猪肉	74.91	0.007 5	0.009 4	1.44	638.3
其他畜类	9.86	0.008 5	0.001 4	0.21	4 285.7
动物内脏	6.64	0.015	0.001 7	0.26	3 529.4
水果类	76.81	0.011	0.014 1	2.16	425.5
水产品	35.42	0.005 6	0.003 3	0.51	1 818.2
含乳饮料类 **	18.07	0.013	0.003 9	0.60	1 538.5
奶粉类	18.07	0.005	0.001 5	0.23	4 000.0
合计	—	—	0.65	100.0	9.2

注：* 食物消费量来源于湖南省常住居民营养与健康状况现状分析^[9]数据(g/标准人·d)；* * 含乳饮料类食物消费量数据按奶粉类计；锑日暴露量=食物消费量×食物中锑含量的平均数/60；MOS=TDI/锑日暴露量；—表示该项不统计

1.5 mg/kg;新西兰^[8]则规定饮料<0.15 mg/L,其他食品<1.0 mg/kg;中国香港^[7]规定食品<1.0 mg/kg。在国内有生活饮用水的限量标准(5 μg/L),没有食品安全国家标准。因此在对食品中锑的污染评价和暴露评估中虽然可借用其他地区的标准限量,但不能直接作为食品中锑的安全评估依据。所以,建议开展中国居民膳食中锑的风险评估,作为制定国家食品安全限量标准的依据。

3.2 与国内外其他地区膳食中锑暴露水平比较

国内外有关从食物中摄入锑的研究报道不多。1998 年澳洲^[15]的报道为<0.01~0.08 μg/kg BW;2003 年英国人^[16]平均从食物摄入锑约为0.05 μg/kg BW;2005 年法国人^[17]平均从食物摄入锑约为0.017 μg/kg BW;2007 年中国香港中学生^[7]则为0.036 μg/kg BW。本次暴露评估结果显示:湖南居民每日每公斤体重从食物摄入锑约为0.65 μg/kg BW,高于英国、法国、澳大利亚、中国香港等地区居民锑的摄入量,占TDI的10.83%,其居民膳食中锑的安全限值(MOS)为9.2。因此,对湖南普通居民来说,食物中锑积累的暴露水平位于安全限值以内,通过膳食摄入锑风险较低。

3.3 不确定性分析

本次研究初步掌握湖南地区主要食品中锑含量的污染水平,了解湖南居民膳食在锑暴露的总体状况,但存在不确定性因素,主要原因如下:(1)监测食品种类、样品量未统一匹配,某些样品种类和数量偏少(如饮料类、奶粉类),因此不能完全代表某类食品中锑含量的整体水平,对暴露评估结果产生一定的不确定性。(2)没有对居民膳食消费量进行现况调查,仍采用2002年湖南省常住居民营养与健康状况现状分析数据,忽略了多年居民膳食消费

结构的改变,可能造成消费量数据偏倚。(3)暴露评估方法的局限性。本次评估采用点评估方法,其方法本身不考虑污染物在食品中存在的概率,不同食品中污染物的含量水平不同,不同个体的食物消费量亦不同,因此,点评估不能反映暴露量的个体差异,仅仅是一种保守的估计。

综上所述,通过对湖南省主要食品中锑的污染监测和膳食暴露评估分析,湖南省主要食品中锑含量中位数为0.0084 mg/kg,居民从食物中摄入锑的量为0.65 μg/kg BW,低于WHO的规定限量,其膳食总体处于安全状态,但膳食中的蔬菜类对锑暴露贡献较大,值得关注。

参考文献

[1] 何孟常,万红艳.环境中锑的分布、存在形态及毒性和生物有效性[J].化学进展,2004,16(1):131-135.

[2] 戈兆凤,韦朝阳.锑环境健康效应的研究进展[J].环境与健康,2011,28(7):649-653.

[3] Beyersmann D,Hartwig A. Carcinogenic metal compounds: recent insight into molecular and cellular mechanisms[J]. Arch Toxicol, 2008,82(8):493-512.

[4] 宁增平,肖唐付.锑的表生地球化学行为与环境危害效应[J].地球与环境,2007,35(2):176-182.

[5] 冯人伟,韦朝阳,涂书新.植物对锑的吸收和代谢及其毒性的研究进展[J].植物学报,2012,47(3):302-308.

[6] 岑荣光,李溥,韦绍英,等.慢性锑中毒与肝纤维化相关性研究[J].标记免疫分析与临床,2007,14(2):106-107.

[7] Cheung Chung S W,Kwong K P,Yau J C,et al. Dietary exposure to antimony, lead and mercury of secondary school student in Hong Kong[J]. Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess,2008,25(7):831-840.

[8] 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会. GB/T 5009.137—2003 食品中锑的测定[S]. 北京:中国标准出版社,2003.

[9] 林敏,李光春,刘加吾,等.湖南省常住居民营养与健康状况现状分析[J].实用预防医学,2004,11(6):1112-1115.

[10] WHO. Antimony in drinking-water. Background document for preparation of WHO guidelines for drinking-water quality[R]. Geneva:World Health Organization,2003.

[11] 罗祎,吴永宁.食品安全风险分析化学危害评估[M]. 北京:中国标准出版社,2012:48-141.

[12] 杨晓光,李艳平,马冠生,等.中国2002年居民身高和体重水平及近10年变化趋势分析[J].中国流行病学杂志,2005,26(7):489-493.

[13] World Health Organization. Second workshop on reliable evaluation of low-level contamination of food[R]. Rome: WHO,1995.

[14] 张磊,刘兆平.食品化学物风险评估中一些重要参数的选择和使用[J].中国食品卫生杂志,2015,27(3):308-311.

[15] UK Ministry of Agriculture Fisheries and Food (MAFF). 1994 total diet study (part 2)-dietary intakes of metals and other elements. Joint food safety and standards group-food surveillance information sheet No. 149[R]. London:MAFF,1998.

- [16] Food Standards Australia New Zealand (FSANZ). The 20th Australian total diet survey a total diet survey of pesticide residues and contaminants[R]. Canberra:FSANZ,2003.
- [17] Leblanc J C, Guérin T, Noël L, et al. Dietary estimates of 18 elements from the 1st French total diet study[J]. Food Additives and Contaminants,2005,22(7):624-641.

风险评估

济南市市售蔬菜中农药残留及慢性膳食暴露风险评估

刘守钦,杨柳,孙延斌,刘素华,胡光春,刘岚铮
(济南市疾病预防控制中心,山东 济南 250021)

摘要:目的 了解济南市市售蔬菜中农药残留情况,评估蔬菜中农药残留的慢性膳食暴露风险。**方法** 对 2010—2012 年济南市市售蔬菜的农药残留情况进行分析,以 2002 年山东省居民营养与健康状况调查和中国居民膳食指南中推荐的蔬菜摄入量及 JMPR 制定的 ADI 为参数,应用国际每日膳食摄入评估法对济南市居民蔬菜中农药残留的慢性膳食暴露风险进行评估。**结果** 共监测样品 675 份,有机磷类农药(乐果和乙酰甲胺磷)的检出率为 3.93% (13/331),超标率为 2.11% (7/331);拟除虫菊酯类农药(甲氰菊酯和氯菊酯)的检出率为 9.91% (21/212),超标率为 6.60% (14/212);氨基甲酸酯类农药(抗蚜威和异丙威)的检出率为 7.58% (10/132),超标率为 5.30% (7/132)。经评估各类农药的摄入量均小于 ADI。**结论** 济南市市售蔬菜农药残留量在安全限制之内,居民蔬菜中农药残留的慢性膳食暴露风险小,但农药残留超标现象普遍,应规范和加强农药的使用和管理。

关键词: 农药; 监测; 膳食暴露; 点评估; 食品安全; 风险评估

中图分类号:R155 文献标志码:A 文章编号:1004-8456(2016)04-0532-04

DOI:10.13590/j.cjfh.2016.04.026

Surveillance on pesticide residues in vegetables in Jinan and the risk assessment of dietary exposure
LIU Shou-qin, YANG Liu, SUN Yan-bin, LIU Su-hua, HU Guang-chun, LIU Lan-zheng
(Jinan Center for Disease Control and Prevention, Shandong Jinan 250021, China)

Abstract: **Objective** To assess the risk of dietary exposure to pesticides. **Methods** Surveillance on pesticides in vegetables was conducted in Jinan from 2010 to 2012. According to the average vegetable intake and the ADI of pesticides in vegetables established by JMPR, the point assessment method was applied to assess the risk of exposure. **Results** 675 vegetable samples and 6 pesticides (dimethoate, acephate, fenpropathrin, permethrin, pirimicarb, and isoprocarb) were tested. The detection rates of organophosphorus pesticide, pyrethroids pesticide and carbamate pesticide were 3.93%, 9.91%, and 7.58%. The violation rates were 2.11%, 6.60%, and 5.30%. The pesticides intakes were lower than ADI. **Conclusion** The pesticides in commercial vegetables in Jinan were within the safety limit, but the violation rates should be taken seriously, and the application of pesticides should be strengthened.

Key words: Pesticides; surveillance; dietary exposure; point estimation; food safety; risk assessment

农药的使用在人类农业快速发展的过程中起到了重要作用,但农药的过度及不合理使用对人群的健康造成威胁。目前,农药残留成为世界各国关注且敏感的食品安全问题。据有关机构测算,作为化学物质,农药用量和接触范围要远比医药大的多,农药对环境和人体健康的影响也比医

药来的深远^[1]。

本研究利用 2010—2012 年济南市市售蔬菜中 6 种农药残留的监测数据,分别应用 2002 年山东省居民营养与健康状况调查^[2]中居民蔬菜摄入量及中国居民膳食指南^[3]中居民膳食每日蔬菜推荐摄入量对居民经蔬菜摄入农药残留的慢性暴露进行点评估,以了解济南市市售蔬菜农药残留情况及居民膳食暴露风险,为开展蔬菜农药残留的防治工作和食品安全风险管理工作提供科学依据。