

## 论著

## 上海市居民面制品中铝暴露的概率评估

刘弘,秦璐昕,罗宝章,方亚敏,吴春峰,袁微嘉  
(上海市疾病预防控制中心,上海 200336)

**摘要:**目的 了解上海市居民面制品中铝的暴露水平,评估上海市面制品铝污染的健康风险。方法 对上海市面制品铝含量进行监测,结合上海市居民面制品摄入量调查,采用世界卫生组织(WHO)/联合国粮食与农业组织(FAO)的《食品中化学物风险评估的原则和方法》推荐的概率评估法,进行上海市居民面制品中铝的暴露评估。结果 上海市居民平均每周从面制品中摄入铝 3.51 mg/kg BW,为暂定的每周可耐受摄入量(PTWI)的 3.51 倍;其中 <3 岁的婴幼儿、3~17 岁儿童青少年、≥18 岁成人、孕妇平均每周从面制品中摄入铝分别为 5.93、3.30、1.80、1.78 mg/kg BW,分别为 PTWI 的 5.93、3.30、1.80、1.78 倍。上海市居民每周从面制品中摄入铝 P90 为 8.26 mg/kg BW,为 PTWI 的 8.26 倍;其中 <3 岁的婴幼儿、3~17 岁儿童青少年、≥18 岁成人、孕妇每周从面制品中摄入铝 P90 分别为 13.86、7.68、4.23、4.12 mg/kg BW,分别为 PTWI 的 13.86、7.68、4.23、4.12 倍。结论 上海市居民从面制品中摄入铝的量已大大超过 PTWI,存在很大的风险,其中以婴幼儿风险最大、儿童青少年次之。

**关键词:**面制品;铝;膳食暴露;概率评估;食品污染物;食品安全

中图分类号:R995;R155.5 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2011)06-0497-05

### Assessment on the probability of aluminum exposure from flour products in Shanghai residents

Liu Hong, Qin Luxin, Luo Baozhang, Fang Yamin, Wu Chunfeng, Yuan Weijia  
(Shanghai Municipal Center for Disease Control & Prevention, Shanghai 200336, China)

**Abstract: Objective** To obtain the basic data of aluminum exposure from flour products in Shanghai residents, and to estimate its health risks. **Methods** For the assessment of aluminum exposure from flour products in Shanghai residents, the probabilistic estimate method recommended by WHO/FAO on “Principles and methods for the risk assessment of chemicals in food” was applied. Monitoring the concentration of aluminum in flour products combined with a survey on flour products intake of Shanghai residents was conducted. **Results** The average aluminum exposure from flour products per week for Shanghai residents was estimated to be 3.51 mg/kg BW, reached 3.51 times of provisional tolerable weekly intake (PTWI). The average aluminum exposure from flour products per week for <3 year-old infants, 3~17 year-old children and adolescents, ≥18 year-old adults and pregnant women were estimated to be 5.93, 3.30, 1.80 and 1.78 mg/kg BW, respectively, reached 5.93, 3.30, 1.80 and 1.78 times of PTWI. The upper 90th percentile aluminum exposure from flour products per week for Shanghai residents was estimated to be 8.26 mg/kg BW, reached 8.26 times of PTWI. The upper 90th percentile aluminum exposure from flour products per week for <3 year-old infants, 3~17 year-old children and adolescents, ≥18 year-old adults, and pregnant women were estimated to be 13.86, 7.68, 4.23 and 4.12 mg/kg BW, reached 13.86, 7.68, 4.23 and 4.12 times of PTWI, respectively. **Conclusion** The level of aluminum exposure from flour products in Shanghai residents was greatly higher than PTWI. It was a very high health risk to Shanghai residents, particularly infants and children.

**Key words:** Flour products; aluminum; dietary exposure; probabilistic assessment; food contaminants; food safety

铝(aluminum)是地壳中含量第3位的元素,也是含量最高的金属元素,约占地壳重量的8%,可广泛地存在于动植物食品、水、土壤和空气中。铝金属可用于各种炊具和容器、食品包装材料,而铝化合物可用作食品添加剂、水质处理混凝剂、药物抗酸剂及用

于化妆品制造等。人体对铝的摄入主要来自食物,食物中的铝:一是食品本身含有,二是人为地加入<sup>[1-3]</sup>。

一般认为铝不具有急性毒性,但铝可积累于人脑组织及神经细胞内,损害记忆,使思维迟钝,甚至导致神经麻痹。高铝摄入还会干扰人体对磷的吸收及破坏钙磷平衡,导致骨质软化、骨营养不良等骨科疾病。很多研究表明,铝中毒与老年痴呆症有关,但鉴于研究结果不能证明铝与老年痴呆症有直接因果关联,WHO至今对此持保留意见<sup>[4-5]</sup>。

收稿日期:2011-05-03

作者简介:刘弘 男 硕士 主任医师 研究方向为营养与食品卫生 E-mail: hliu@scdc.sh.cn

1989 年 WHO/FAO 食品添加剂联合专家委员会 (JECFA) 首次将铝确定为食品污染物加以限制, 设定食品中铝的暂定每周可耐受摄入量 (PTWI) 为 7 mg/ kg BW。2006 年 JECFA 鉴于世界范围内不断有研究说明低于 7 mg/ kg BW 的铝摄入已经能对人体的神经系统及生殖系统造成影响, 认为有必要对 PTWI 进行修改, 并最终在 JECFA 第 67 次会议发表的报告中, 将食品中铝的 PTWI 修改为 1 mg / kg BW, 并指出儿童及食用豆奶配方奶粉的婴幼儿摄入的铝可能超过 PTWI<sup>[4, 6]</sup>。

在我国, 高铝含量食物中的铝, 以人为添加为主, 面制品是含铝添加剂较高的食品<sup>[7]</sup>。在上海, 面制品也是居民摄入量比较大的一种食品。鉴于许多研究都说明铝对人类健康有害, 有必要对面制品中铝的污染情况及上海市居民从面制品中摄入铝的量进行评估, 为保障上海市居民面制品的食用安全, 为政府部门监管及决策提供依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 上海市面制品铝含量监测

自 2006 年至 2010 年, 参照 WHO/FAO 的 GEMS/FOOD 方法<sup>[8]</sup>, 按面条、面粉、馒头、油条及油饼、糕点及面包 5 类面制品, 采用分层随机抽样的方法, 每年对上海市集贸市场、超市销售的面制品进行采样、检测共 589 件, 按国家标准 GB/T 5009.182—2003《面制食品中铝的测定方法》<sup>[9]</sup> 检测铝含量。

#### 1.2 上海市居民面制品摄入量调查

2009 年, 采用多阶段随机抽样方法抽取 3 029 名上海市居民, 采用食物频率法进行面制品摄入量调查。

#### 1.3 上海市居民面制品中铝的暴露评估

采用 FAO/WHO 推荐的《食品中化学物质膳食暴露评估》<sup>[10-11]</sup> 方法中“概率评估法”, 应用 @ Risk 软件, 以上海市面制品中铝含量监测、居民面制品摄入量调查结果作为参数, 按正态分布, 使用拉丁超立方抽样方法 (Latin Hypercube), 取 0 以上部分, 进行蒙特卡洛 50 000 次模拟迭代, 分别模拟上海市面制品中铝含量水平、居民面制品摄入量水平概率分布, 再进行模拟分布叠加。

面制品铝暴露水平分布 = 面制品中铝含量水平分布 × 面制品摄入量水平分布 / 体重。

按 JECFA 制定的食品中铝的 PTWI (1 mg / kg BW) 进行评估。

#### 1.4 质量控制及数据分析

对调查、采样、检测人员、数据录入人员进行培

训, 对检测人员进行盲样考核, 对调查问卷抽取 10% 进行核实, 数据采取二次录入; 采用 EXCEL2003 和 SAS 软件包进行数据汇总和分析; 用 @ Risk 软件进行模拟分布及叠加。

### 2 结果

#### 2.1 上海市面制品中铝含量

上海市面制品中铝含量平均为 95.76 mg/kg; 铝平均含量最高的是油条及油饼、馒头、糕点及面包, 分别为 176.18、83.43、33.66 mg/kg, 见表 1。

表 1 2006—2010 年上海市面制品中铝含量

面制品种类	样本数	面制品中铝含量 (mg/kg)			
		均数	标准差	第 50 百分位	第 90 百分位
油条、油饼	229	176.18	172.54	135.00	360.00
馒头	120	83.43	66.86	73.00	172.60
糕点、面包	128	33.66	49.66	25.00	64.60
面条	61	19.32	11.88	24.00	31.00
面粉	51	10.94	8.05	6.25	25.00
合计	589	95.76	132.74	31.00	300.80

#### 2.2 上海市居民面制品摄入量

上海市居民面制品摄入量平均 489.88 g/周, 其中 <3 岁的婴幼儿、3~17 岁的儿童青少年、≥18 岁的成人、孕妇分别为 340.14、575.26、513.24、532.39 g/周, 见表 2。

表 2 2009 年上海市居民面制品摄入量

组别	人数	面制品摄入量 (g/周)			
		均数	标准差	第 50 百分位	第 90 百分位
<3 岁	704	340.14	399.88	244.08	794.46
3~17 岁	701	575.26	556.20	411.54	1101.92
≥18 岁	1225	513.24	634.39	360.19	1052.88
孕妇	399	532.39	470.70	400.96	1052.88
合计	3029	489.88	554.80	358.65	1052.88

按每公斤体重计, 上海市居民面制品摄入量平均 14.94 g/周, 其中 <3 岁的婴幼儿、3~17 岁的儿童青少年、≥18 岁的成人、孕妇分别为 28.12、16.60、8.26、9.28 g/周, 见表 3。

表 3 上海市居民面制品摄入量 (以每公斤体重计)

组别	人数	面制品摄入量 (g/kg·BW)			
		均数	标准差	第 50 百分位	第 90 百分位
<3 岁	704	28.12	33.27	19.37	66.65
3~17 岁	701	16.60	17.76	12.53	31.48
≥18 岁	1225	8.26	10.34	5.87	16.47
孕妇	399	9.28	9.20	7.05	18.80
合计	3029	14.94	21.16	8.84	33.72

### 2.3 上海市居民面制品中铝的暴露评估

以上海市面制品中铝平均含量监测结果、不同人群居民面制品摄入量调查结果作为参数,按正态分布,使用拉丁超立方抽样,取0以上部分,进行蒙特卡洛50 000次模拟迭代、分布叠加。上海市居民面制品中铝暴露水平概率分布,见图1。上海市<3岁的婴幼儿、3~17岁的儿童青少年、≥18岁的成人、孕妇面制品铝暴露水平概率分布,分别见图2~5。

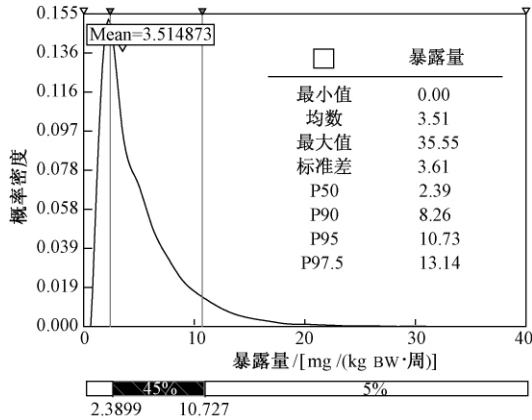


图1 上海市居民面制品中铝的暴露水平概率分布  
Figure 1 Probability distribution of aluminum exposure from flour products for Shanghai residents

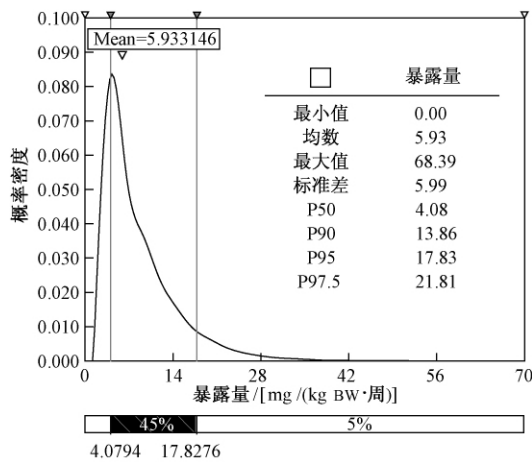


图2 上海市<3岁的婴、幼儿面制品铝暴露水平概率分布  
Figure 2 Probability distribution of aluminum exposure from flour products for <3 year-old infants in Shanghai

上海市居民面制品中铝膳食暴露量平均每周3.51 mg/kg BW, P90 每周为8.26 mg/kg BW。其中<3岁的婴幼儿、3~17岁的儿童青少年、≥18岁的成人、孕妇平均每周分别为5.93、3.30、1.80、1.78 mg/kg BW, P90 每周分别为13.86、7.68、4.23、4.12 mg/kg BW, 见表4。

按WHO/FAO的PTWI 1 mg/kg BW标准评估,上海市居民面制品中铝膳食暴露量平均是PTWI的3.51倍, P90是PTWI的8.26倍。上海市婴幼儿、儿童青少年、成人、孕妇面制品中铝暴露量平均分别是PTWI的5.93、3.30、1.80、1.78倍, P90分别

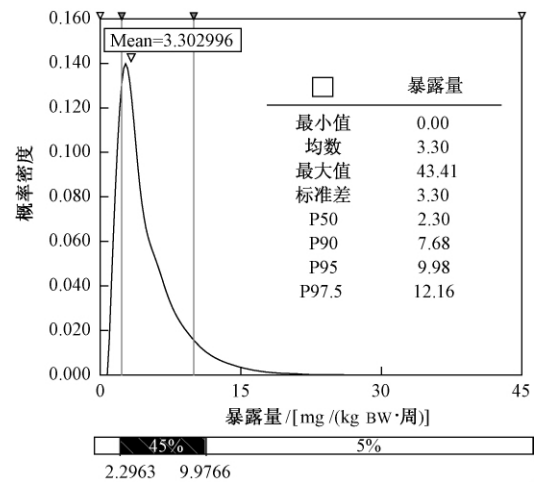


图3 上海市3~17岁的儿童、青少年面制品铝暴露水平概率分布  
Figure 3 Probability distribution of aluminum exposure from flour products for 3-17 year-old children and adolescents in Shanghai

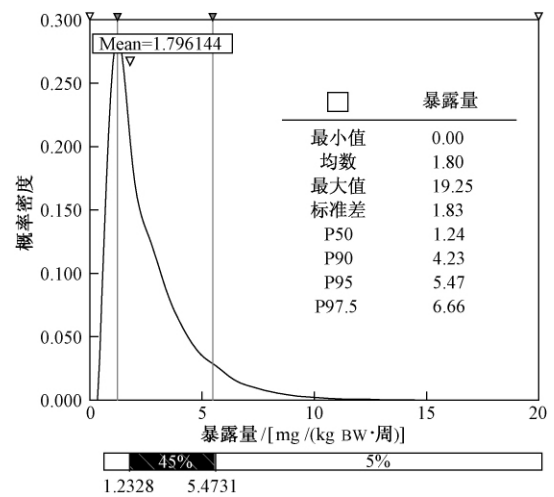


图4 上海市≥18岁的成人面制品铝暴露水平概率分布  
Figure 4 Probability distribution of aluminum exposure from flour products for ≥18 year-old adults in Shanghai

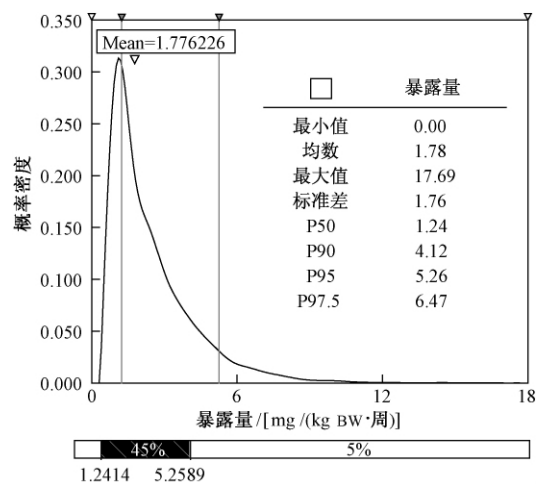


图5 上海市孕妇面制品铝暴露水平概率分布  
Figure 5 Probability distribution of aluminum exposure from flour products for pregnant women in Shanghai

表4 上海市居民面制品中铝暴露水平  
Table 4 Assessment on aluminum exposure from flour products in Shanghai residents

组别	暴露水平 / [mg/(kg BW·周)]			
	均数	标准差	第50百分位	第90百分位
<3岁	5.93	5.99	4.08	13.86
3~17岁	3.30	3.30	2.30	7.68
≥18岁	1.80	1.83	1.24	4.23
孕妇	1.78	1.76	1.24	4.12
合计	3.51	3.61	2.39	8.26

是PTWI的13.86、7.68、4.23、4.12倍,其中以婴幼儿风险最大、儿童青少年次之。

### 3 讨论

#### 3.1 上海市面制品中铝含量及来源

根据现行国家标准 GB 15202—2003《面制食品中铝限量卫生标准》 $\leq 100$  mg/kg 判定<sup>[12]</sup>,上海市面制品中铝平均含量值接近限量,中位数含量为限量的1/3,P90含量为限量的3倍,说明上海市面制品中铝总体接近限量,部分面制品超标,超标的品种很不均衡,个别品种超标严重。上海市面制品中铝含量最高的是油条油饼,均数、中位数都超过限量,P90是限量的3.6倍,说明油条油饼的超标现象非常突出;其次是馒头,均数、中位数比较接近,虽然没有超过限量,但P90已是限量的1.7倍,说明一些馒头存在过量添加现象。

根据一些文献报道,我国面制品是食源性铝的最主要来源,面制品中的铝主要来源于含铝食品添加剂<sup>[2-3,7]</sup>,我国新发布的 GB 2760—2011《食品添加剂使用标准》<sup>[13]</sup>规定在小麦粉及其制品中可用钾明矾(硫酸铝钾,化学分子式:  $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ ,俗称明矾)、铵明矾作为膨松剂及稳定剂,在面糊、裹粉、煎炸粉中可用酸性磷酸铝钠作为膨松剂、用辛烯基琥珀酸铝淀粉作为增稠剂、抗结剂、乳化剂,这些含铝食品添加剂都规定可以“按生产需要适量使用”,虽然在规定了干品中铝的残留量必须 $\leq 100$  mg/kg,但“按生产需要适量使用”的说法,可能埋下含铝食品添加剂滥用的隐患。

#### 3.2 上海市居民面制品中铝的暴露水平

上海市居民从面制品中摄入的铝平均是JECFA规定的PTWI的3.51倍,P90是JECFA规定的PTWI的8.26倍,说明上海市居民面制品中铝暴露水平已非常高。从各年龄组看,婴幼儿从面制品中摄入的铝平均暴露水平是JECFA规定的PTWI的5.93倍、P90是JECFA规定的PTWI的13.86倍,是各年龄组中暴露水平最高的,也是风险最大的。

根据与有关文献报道数据比较<sup>[14-15]</sup>,上海市成年居民平均每周从面制品中摄入的铝为108 mg,不

到全国成人平均每周从食物摄入铝238 mg的一半,但仍远远高于西方发达国家成人平均每周从食物摄入铝(德国56~77 mg、美国49~63 mg、英国37.8 mg、日本31.5 mg、澳大利亚13.3~16.8 mg、法国11 mg)的水平。

#### 3.3 食源性摄入的其他来源

虽然面制品是铝含量较高的食品,但一些文献报道其他还有一些含铝量较高的食品,如:茶叶含铝平均940 mg/kg<sup>[7]</sup>、粉条含铝平均80 mg/kg<sup>[16]</sup>、膨化食品含铝中位数63 mg/kg<sup>[17]</sup>,铝制炊具也会有一定的铝溶出,一些药物也可能含有一定量的铝,甚至水中也可含有微量的铝<sup>[3,14]</sup>。

#### 3.4 本次评估的局限性

上海市居民面制品中铝的暴露水平评估,采用了比“点评估法”更为准确的“概率评估法”,在面制品铝含量、居民面制品摄入量数据获得上,采用了面制品铝含量监测结合居民面制品摄入量食物频率调查的方法,虽然这些方法比较准确,但本次评估中面制品铝污染检测数据的代表性还有一定缺陷,一些面制品品种如高铝含量的油条油饼样本量高于其他食品,被抽中的概率较高,而且面粉面条等的加工因素也未考虑,这些都可能造成评估结果一定的高估,而调查的消费人群与实际消费模式的差异,也存在一定的不确定性。

#### 3.5 建议

建议修订相关的食品安全标准尤其是含铝添加剂使用标准,减少面制品中铝的使用量;有关部门加强对面制品中食品添加剂的使用量及面制品加工的监管;行业、面制品加工者加强自律,以降低面制品中铝污染水平。建议居民均衡饮食,适当减少高铝面制品(如:油条油饼)的摄入。

### 参考文献

- [1] IPCS. Environmental health criteria 194: aluminium [R]. Geneva: WHO, 1997.
- [2] 张加玲,刘桂英. 人体铝摄入的主要来源研究[J]. 中国卫生检验杂志 2007, 17(11): 1934-1935.
- [3] 邵笑梅,张启华. 食源性铝的摄入及其安全性探讨[J]. 检验检疫学刊 2010, 20(5): 69-71.
- [4] 盛明纯. 铝对人体健康影响的研究进展综述[J]. 安徽预防医学杂志 2006, 12(1): 46-48.
- [5] 傅洪军. 铝的神经毒性与老年性痴呆的研究进展[J]. 国外医学卫生学分册 2001, 28(6): 337-340.
- [6] JECFA. WHO technical report series 940: evaluation of certain food additives and contaminants, sixty-seventh report of the joint FAO/WHO expert committee on food additives [R]. Geneva: WHO 2007.
- [7] 王林,苏德昭,王永芳. 中国居民每日摄铝量及面制食品中铝限量标准研制[J]. 中国食品卫生杂志, 1996, 8(2): 1-5.

- [ 8 ] WHO. Global environment monitoring system—food contamination monitoring and assessment programme ( GEMS/Food) [ R ]. Geneva: WHO 2010.
- [ 9 ] 中华人民共和国卫生部. GB/T 5009. 182—2003 面制食品中铝的测定[S]. 北京: 中国标准出版社 2004.
- [10] FAO/WHO. Dietary exposure assessment of chemicals in food , Report of a Joint FAO/WHO Consultation [R]. Maryland: FAO/WHO 2005.
- [11] IPCS. Environmental health criteria 240: principles and methods for the risk assessment of chemicals in food [ R ]. Geneva: WHO 2009.
- [12] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB 15202—2003 面制食品中铝限量卫生标准[S]. 北京: 中国标准出版社 2004.
- [13] 中华人民共和国卫生部. GB 2760—2007 食品添加剂使用卫生标准[S]. 北京: 中国标准出版社 2004.
- [14] 香港食物安全中心. 化学危害物评估: 食物中的铝含量 , 风险评估研究第三十五号报告书 [R]. 香港: 香港特别行政区食物环境卫生署 2009.
- [15] 张磊 , 高俊全. 中国与一些发达国家膳食有害元素摄入状况比较[J]. 卫生研究 2003 , 32( 3) : 268-271.
- [16] 李解权 , 李光 , 赵士权 , 等. 粉丝中铝含量测定结果分析 [J]. 江苏预防医学 2008 , 19( 3) : 42.
- [17] 李泽国 , 延岩. 面制食品中铝的测定及监测与污染状况分析 [J]. 中国卫生检验杂志 2008 , 18( 10) : 2064-2065.

## 论著

# 上海市闵行区部分食品镉污染暴露评估

赵黎芳 , 汤红梅 , 陈建平 , 申惠国 , 杨胜琴  
( 上海市闵行区疾病预防控制中心 , 上海 201101)

**摘要:**目的 通过分析上海市闵行区居民膳食消费量及食品中镉污染物含量 , 了解我区居民通过膳食的镉暴露量 , 评估膳食的安全性。方法 采用食品类别选择性研究的方法 , 将 2009 年上海市居民食品消费量调查( 闵行区) 的数据和 2007—2010 年上海市闵行区 8 类食品污染物监测数据相结合 , 获得不同人群膳食镉暴露量 , 并对由膳食摄入的镉进行安全性评估。结果 ( 1) 8 类 130 件食品样品中镉的检出率为 91. 54% , 超标率 5. 62% , 超标食品主要是食用菌、猪肾及海水贝类; ( 2) 平均每月镉的暴露量为 0. 441 1 mg/人 , 占每月可耐受摄入量( PTMI) 的 39. 20% , 每月暴露镉量的第 90 百分位值为 1. 096 4 mg/人 , 占 PTMI 的 97. 46%; ( 3) 食用菌对镉暴露量的贡献率最高 , 为 42. 67% , 其次是动物内脏 , 为 20. 39% , 二类食品对镉暴露的贡献率占到 63. 06%; ( 4) 各类人群所摄食品对镉暴露的贡献率有所不同 , 3 岁以下儿童摄食的动物内脏对镉暴露的贡献率较高 , 而其他人群则为食用菌。结论 闵行区人群膳食总体处于安全状态; 膳食中食用菌、猪肾、海水贝类对镉暴露的风险较大 , 应采取针对性措施 , 提高食品安全性。

**关键词:** 食品; 镉; 暴露量; 暴露评估; 食品污染物; 食品安全

中图分类号: R155. 5; O614. 242 文献标识码: A 文章编号: 1004-8456( 2011) 06-0501-05

## Assessment on the exposure of cadmium from food in Minhang District of Shanghai

Zhao Lifang , Tang Hongmei , Chen Jianping , Shen Huiguo , Yang Chengqin  
( Minhang District Center for Disease Control and Prevention , Shanghai 201101 , China)

**Abstract: Objective** To understand the dietary intake and cadmium exposure of residents in Minhang District , and to assess the safety of diet. **Methods** Using selective study of food categories , combining the data of food consumption survey in Shanghai residents in 2009 with the data of monitoring food pollutant in eight categories of food in Minhang District ( 2007-2010) to obtain the exposure of cadmium from diet in different population and to evaluate the safety of diet. **Results** ( 1) Cadmium was detected in 119 of 130 samples ( 91. 54% ) from eight categories of foods. The exceeding standard rate was 5. 62% , mainly in edible fungi , pig kidney and sea shellfish. ( 2) The average cadmium exposure was 0. 441 1 mg per month , accounted for 39. 20% of provisional tolerable monthly intake ( PTMI) . The cadmium exposure level at the 90th percentile was 4. 298 9 mg per month per person , accounted for 382. 13% of PTMI. ( 3) The contribution

收稿日期: 2011-05-09

作者简介: 赵黎芳 女 主管医师 研究方向为食品卫生及食源性疾病预防 E-mail: zhaolifang0618@126.com