

## 风险评估

## 北京市丰台区居民主要膳食镉暴露评估

肖贵勇<sup>1,2</sup>, 王佳佳<sup>2</sup>, 安军静<sup>2</sup>, 张雪<sup>2</sup>, 冯月明<sup>2</sup>, 赵建忠<sup>2</sup>, 李洁<sup>2</sup>, 郭秀花<sup>1</sup>

(1. 首都医科大学公共卫生学院, 北京 100069; 2. 北京市丰台区疾病预防控制中心, 北京 100071)

**摘要:**目的 分析丰台区主要食品中镉含量水平, 对该区居民通过膳食途径暴露镉的健康风险进行初步评估。方法 2011—2012年在全区监测6类食品共215份样品, 采用石墨炉原子吸收光谱法测定食品中镉的含量, 结合居民膳食消费数据, 比照镉的暂定每月耐受摄入量(PTMI)及安全限值(MOS), 初步评估丰台区居民主要食品的镉暴露风险。结果 6类食品中食用菌及其制品的镉含量最高, 为2.2778 mg/kg。按照食品消费量均值估算, 丰台区居民每月6类主要食品的镉暴露量为0.00146 mg/kg BW, 未超过PTMI(0.025 mg/kg BW), MOS值为17.2。镉贡献率最大的3类食品分别为蔬菜及其制品(52.4%)、谷物及其制品(25.8%)和食用菌及其制品(13.4%)。虽然食用菌和动物内脏的消费量很低, 但因其镉污染严重, 所以贡献率较高。因此, 食用菌和动物内脏为镉暴露高风险食品。结论 丰台居民6类主要食品镉的暴露水平未超过PTMI值, MOS值>1, 居民膳食镉暴露水平总体上安全, 但有必要加强食用菌及动物内脏可能的污染问题研究。

**关键词:** 食品安全; 食品污染物; 镉; 暴露评估中图分类号: R155.5; TS201.6; O614.24<sup>+</sup>2 文献标志码: A 文章编号: 1004-8456(2014)01-0088-04**Assessment on the dietary exposure of cadmium in Fengtai District residents**XIAO Gui-yong, WANG Jia-jia, AN Jun-jing, ZHANG Xue, FENG Yue-ming,  
ZHAO Jian-zhong, LI Jie, GUO Xiu-hua

(School of Public Health, Capital Medical University, Beijing 100069, China)

**Abstract: Objective** To analyze the cadmium level in main food, and preliminarily assess the risk of dietary cadmium exposure of people in Fengtai District. **Methods** In 2011–2012, 215 samples of 6 food categories were collected from Fengtai District. Cadmium contents in food were determined by graphite furnace atomic absorption method and the cadmium exposure was estimated by the food consumption data. The health risk was assessed by comparing the cadmium exposure with provisional tolerable monthly intake (PTMI) and the margins of safety (MOS) of cadmium. **Results** The concentration of cadmium in edible mushrooms and their products was 2.2778 mg/kg, which was the highest among the 6 food categories being tested. Respectively, in accordance with the mean value of food consumption estimates, the cadmium exposure of Fengtai District residents from 6 major food categories were 0.00146 mg/kg BW·m, did not exceed PTMI (0.025 mg/kg BW·m), and the MOS values were 17.2. The highest contributions were from vegetable products (52.4%), grain and its product (25.8%), edible mushroom and their products (13.4%). Although consumption of edible mushroom and animal visceral was very low, the contribution was high due to the serious cadmium contamination. Therefore, edible mushroom and animal visceral were high risk food for cadmium exposure. **Conclusion** The average dietary cadmium exposure from 6 food categories did not exceed the PTMI, the MOS was bigger than 1, so the level of dietary cadmium exposure was safe in general. However, more attention should be paid to the possible cadmium contamination in mushrooms and animal visceral.

**Key words:** Food safety; food contaminants; cadmium; exposure assessment

收稿日期: 2013-07-09

基金项目: 北京市科委计划项目(Z111107056811042); 北京市自然科学基金资助项目(7131002)

作者简介: 肖贵勇 男 硕士生 研究方向为食品安全监测评估预警 E-mail: xgy19801115@163.com

通讯作者: 郭秀花 女 教授 研究方向为流行病学与卫生统计学 E-mail: guoxiuh@ccmu.edu.cn

赵建忠 男 副主任医师 研究方向为公共卫生监测评估预警 E-mail: zhaojzh@126.com

镉是人体非必需微量元素,广泛存在于环境中,具有生物富集性,通过生物链最终进入人体。镉的半衰期长达10~35年<sup>[1]</sup>,人体可通过食物、水、空气和吸烟等多种途径接触镉。除了职业暴露者和吸烟者外,普通人群体内的镉主要来自于食物<sup>[2]</sup>。早在1974年联合国环境规划署(UNEP)便将镉定为重点化学污染物。世界卫生组织(WHO)和联合国粮农组织(FAO)联合发起全球环境监测规划—食品污染物监测计划(GEMS-FOOD),该计划把食品中污染物镉列入重点监测项目,并通过多种方法对镉的膳食暴露危险性进行评估。我国也曾进行膳食镉暴露量评估<sup>[3]</sup>。

丰台区既往对食品污染物的监测发现,主要食品中镉检出率较高。本研究拟通过2011—2012年食品污染物监测样品,分析丰台区主要食品中镉的含量水平,结合2010年居民食品消费数据,分析主要食品对居民膳食镉暴露的贡献水平,为系统开展食品中镉对健康危害的风险评估提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

#### 1.1.1 样品来源及分类

样品采集:采取分层随机抽样方法,2011—2012年在丰台区采集6类215份市售食品样品;样品采集的场所包括商场超市(70.2%)、批发市场(20.5%)和农贸市场(9.3%);样品产地包括北京(36.3%)、河北(8.4%)、黑龙江(8.4%)、江苏(5.1%)等19个省份。

样品分类:采集6大类(包括豆类及其制品、谷物及其制品、动物内脏、食用菌及其制品、蔬菜及其制品、水产动物及其制品)16小类(大米、面粉、杂粮、豆类、叶类蔬菜、豆类蔬菜、茎类蔬菜、鲜食用菌、干食用菌、块根蔬菜、其他蔬菜、鱼类、甲壳类、其他水产制品、猪肝脏、猪肾脏)食品样品共215份。其中,将叶类蔬菜、豆类蔬菜、茎类蔬菜、块根蔬菜和其他蔬菜归为蔬菜及其制品;将鱼类、甲壳类及其他水产制品归类为水产动物及其制品;将猪肝脏、猪肾脏等归类为动物内脏类、鲜食用菌和干食用菌归类为食用菌及其制品。

#### 1.1.2 主要仪器与试剂

日立Z-2000型石墨炉原子吸收光谱仪、微波消解仪。超纯水,硝酸(GR)、高氯酸(GR)、磷酸二氢铵溶液(20 g/L):称取2.0 g磷酸铵,以超纯水溶解稀释至100 ml。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 食品中镉含量的测定

#### 1.2.1.1 检测方法

粮食、豆类去杂质后,磨碎,过20目筛,储于塑料瓶中,保存备用。蔬菜、鱼类、动物内脏、水产动物等水分含量高的鲜样用匀浆机打成匀浆,储于塑料瓶中,保存备用。依据GB/T 5009.15—2003《食物中镉的测定方法》<sup>[4]</sup>规定的石墨炉原子吸收光谱法检测样品中的镉含量,检出限为0.000 18 mg/kg。依据GB 2762—2012《食物中污染物限量标准》<sup>[5]</sup>对样品中镉的含量水平进行评价。

#### 1.2.1.2 质量控制

样品采集后(蔬菜、水产品等样品采集后迅速置于2~8℃的保温箱内)及时送至实验室进行测定。试验过程的质控措施包括平行样、标准物质法和加标回收试验,确保检测数据的准确性。

#### 1.2.2 膳食消费量调查方法

参照《中国居民营养与健康状况监测工作手册》<sup>[6]</sup>,采用多阶段分层随机抽样方法,共在全区街乡镇中抽取6个村(居)委会,其中4个居委会代表城镇人口,2个村委会代表农村人口,与丰台区城镇和乡村常住人口比例大致相同。共抽取180户家庭,合计600人,其中2岁以上人口596人。调查内容按照“中国居民营养与健康状况调查的总体方案”,膳食调查采用24 h膳食回顾法,收集家庭中2岁及以上居民连续3 d(含1个休息日)的各类食品消费量<sup>[7]</sup>。采用称重记账法记录家庭调味品消费量数据,获得个体实际的膳食摄入数据。所有调查员参加北京市组织的统一培训合格后方能上岗。

#### 1.2.3 暴露评估方法

采用点评估方法,慢性暴露评估常用的模型为 $EXP = \sum_{k=1}^p \frac{X_k C_k}{bw} \times f$ ,EXP指每月膳食镉暴露量(mg/kg BW)。其中 $X_k$ 为第 $k$ 类食品的消费量(g/d); $C_k$ 为第 $k$ 类食品中镉的含量(mg/kg); $p$ 为消费的食品种类的数目; $bw$ 为被评估人群的平均体重(kg),通过分析2010年丰台区居民营养与健康状况监测结果,得出本研究目标人群的平均体重为62 kg; $f$ 为加工因子,本研究中未考虑食品加工过程中镉含量的变化,取 $f=1$ 。

根据2010年FAO/WHO食物添加剂联合专家委员会(JECFA)修订的镉的暂定每月允许摄入量(PTMI)为0.025 mg/kg BW<sup>[8]</sup>,计算不同类别及主要膳食镉的安全限值(margin of safety, MOS)<sup>[9]</sup>并进行初步风险评估: $MOS = \frac{PTMI}{EXP}$ , $MOS > 1$ ,该物质对人体健康的风险是可以接受的; $MOS \leq 1$ ,该物质对人体健康的风险超过了可以接受的限度,应当采取适当的风险管理措施。

### 1.3 数据处理及统计分析

采样调查表和实验室检测数据用 Epidata 3.0 软件双录入,由专人核对数据输入的准确性。采用 SPSS 17.0 软件对主要食品中镉含量进行统计分析。

## 2 结果

### 2.1 食品中镉含量检测结果

2011—2012 年丰台区 6 类食品的镉含量见表 1,

食用菌及其制品、动物内脏的镉含量较高,分别为 0.376 9 和 0.044 5 mg/kg,其他各类食品中镉含量均 < 0.020 0 mg/kg。6 类食品的镉含量均未超标,但镉含量差异有统计学意义 ( $\chi^2 = 63.042, P < 0.001$ );食用菌及其制品的镉含量与其他 5 类食品中镉含量比较,差异均有统计学意义 ( $P < 0.001$ );其他 5 类食品间镉含量差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。

表 1 2011—2012 年丰台区 6 类食品中镉含量

Table 1 Cadmium content of 6 kinds of food in Fengtai District in 2011 - 2012

样品分类	样品 /份	检出率 /%	均值 / (mg/kg)	标准差	P25 / (mg/kg)	P50 / (mg/kg)	P75 / (mg/kg)	P97.5 / (mg/kg)	最大值 / (mg/kg)	限量值 (MLs) / (mg/kg)
豆类及其制品	10	50.0	0.018 3	0.027 2	0.000 9	0.002 1	0.044 2	0.076 5	0.076 5	0.20
谷物及其制品	81	71.6	0.009 8	0.016 8	0.000 2	0.002 3	0.015 0	0.072 7	0.103 8	0.10 ~ 0.2
动物内脏	20	100.0	0.044 5	0.033 0	0.021 0	0.031 0	0.057 5	0.130 0	0.130 0	0.50 ~ 1.0
食用菌及其制品	29	100.0	0.376 9	0.577 5	0.005 7	0.046 0	0.580 6	2.277 8	2.277 8	0.20 ~ 0.5
蔬菜及其制品	35	82.9	0.009 0	0.009 8	0.001 0	0.006 1	0.015 0	0.036 0	0.036 0	0.05 ~ 0.2
水产动物及其制品	40	60.0	0.010 3	0.018 5	0.000 9	0.002 3	0.009 8	0.079 5	0.080 0	0.10 ~ 0.3

注:限量标准依据 GB 2762—2012;按 2000 年 WHO 推荐方法,当未检出率 < 60% 时,将未检出值赋值为 1/2 LOD<sup>[10]</sup>

### 2.2 全人群膳食消费量

2010 年对 596 名丰台区居民进行的食品消费量调查结果表明,丰台区居民食用谷物及其制品、蔬菜及其制品较多,人均日消费量分别为 337.1 和 258.5 g/d,动物内脏消费量最小,见表 2。6 类食品的消费

量差异有统计学意义 ( $\chi^2 = 2 558.932, P < 0.001$ );谷物及其制品与其他 5 类食品的消费量差异均有统计学意义 ( $P < 0.001$ );蔬菜及其制品与其他 5 类食品的消费量差异均有统计学意义 ( $P < 0.001$ ),其他 4 类食品的消费量差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。

表 2 2010 年丰台区全人群膳食消费量

Table 2 Food consumption of general population in Fengtai District in 2010

食品分类	居民/人	消费量均值 / (g/d)	标准差	最小值 / (g/d)	中位数 / (g/d)	P97.5 / (g/d)	最大值 / (g/d)
豆类及其制品	596	11.0	19.2	0.0	5.4	72.3	211.9
谷物及其制品	596	337.1	143.9	41.7	316.5	679.9	1 078.1
动物内脏	596	6.0	16.0	0.0	0.0	52.1	126.6
食用菌及其制品	596	8.7	18.4	0.0	0.0	72.1	113.9
蔬菜及其制品	596	258.5	178.8	0.0	211.3	716.6	1 346.0
水产动物及其制品	596	20.2	43.2	0.0	0.0	151.2	337.6

### 2.3 丰台区城乡居民主要膳食镉暴露风险评估

以各类食品中镉含量的中位数值<sup>[11]</sup>,结合 2010 年丰台区居民膳食营养与健康状况调查数据进行膳食暴露估计,再结合 PTMI 值对居民膳食镉暴露风险进行初步评估,见表 3。评估结果显示,按照食品消费量均值计算,丰台区居民每月 6 类主要食品镉暴露量均值为 0.001 46 mg/kg BW,均未超过 PTMI(0.025 mg/kg BW),MOS 值为 17.2。贡献率最大的 3 类食品分别为蔬菜及其制品(52.4%)、谷物及其制品(25.8%)和食用菌及其制品(13.4%)。

表 3 2011—2012 年丰台区居民月主要膳食镉暴露风险评估

Table 3 Risk assessment of monthly dietary cadmium exposure from major foods by residents in Fengtai District in 2011 - 2012

食品分类	消费量均值 / (g/d)	镉含量中位数 / (mg/kg)	平均暴露量 / (mg/kg BW)	贡献率 /%	MOS
豆类及其制品	11.0	0.002 1	0.000 01	0.8	2 241.4
谷物及其制品	337.1	0.002 3	0.000 38	25.8	66.6
动物内脏	6.0	0.031 0	0.000 09	6.2	278.4
食用菌及其制品	8.7	0.046 0	0.000 19	13.4	128.5
蔬菜及其制品	258.5	0.006 1	0.000 76	52.4	32.8
水产动物及其制品	20.2	0.002 3	0.000 02	1.5	1 114.3
合计	641.5	0.089 8	0.001 46	100.0	17.2

注:暴露量 = 30 × 消费量 × 镉含量 / 62 / 1 000; MOS = PTMI / 暴露量

## 3 讨论

普通人群可通过环境中多种途径接触镉。以往调查结果显示无论是镉污染区还是非镉污染区,膳食暴露是人群镉暴露的主要来源<sup>[12]</sup>,因此普通居民的膳食镉暴露量大致相当于其环境镉接触总量。

3.1 对丰台区居民膳食镉暴露量贡献率高的食品蔬菜及其制品、谷物及其制品和食用菌及其制品是丰台区城乡居民膳食镉暴露的主要来源,这与赵黎芳<sup>[3]</sup>等对上海市闵行区部分食品镉污染

暴露评估结论基本一致。虽然蔬菜和谷类中镉含量远远低于动物内脏和食用菌中的镉含量,但因为前两者的消费量较高,所以膳食贡献率较高。另一方面,虽然食用菌和动物内脏的消费量很低,但因其镉污染严重,所以贡献率也较高。

### 3.2 评估时镉浓度的选择

正确选择用于膳食暴露评估的化学物浓度数据是一个很重要的问题,对于点估计,可能会使用基于所有数据获得的均数或中位数。之前已有研究者在评估时选用均数进行评估<sup>[3,13]</sup>,本研究根据丰台区监测数据的分布和FAO/WHO的建议<sup>[11]</sup>,选用了镉含量中位数进行评估。

### 3.3 评估结果的不确定性分析

本研究利用2010年丰台区居民营养与健康状况调查的结果计算膳食摄入量,但因为中国居民营养与健康状况调查的采样点不能代表所在采样点的食品消费量水平,所以丰台地区采样点的消费量不能代表丰台地区的居民食品消费量水平。本研究主要针对膳食消费量高及镉含量高的食品进行评估(将主要食品归为6类),并且研究过程中未充分考虑生物利用率的问题,未考虑食品加工过程中镉含量的可能变化,因此一定程度上可能高估了居民膳食总镉暴露水平,评估结果存在一定的不确定性。

### 3.4 建议

人体一旦受到镉的损害将很难恢复,因此应密切关注食品中镉污染问题,加强对食品中镉的监测,开展精确的居民膳食镉暴露风险评估<sup>[9]</sup>,及时了解镉对居民健康影响的风险,为有效减少食品镉污染提供科学依据。

(志谢:在撰写本文过程中,国家食品安全风险评估中心评估二部张磊副主任曾多次给予指导,特此感谢!)

### 参考文献

- [1] Satarug S, Baker J R, Reilly P E B, et al. Evidence for a synergistic interaction between cadmium and endotoxin toxicity and for nitric oxide and cadmium displacement of metals in the kidney[J]. Nitric Oxide, 2000, 4: 431-440.
- [2] Nawrot T, Plusquin M, Hogervorst J, et al. Environmental exposure to cadmium and risk of cancer: a prospective population based study[J]. Lancet Oncol, 2006, 7: 119-126.
- [3] 赵黎芳, 汤红梅, 陈建平, 等. 上海市闵行区部分食品镉污染暴露评估[J]. 中国食品卫生杂志, 2011, 23(6): 501-505.
- [4] 中华人民共和国卫生部. GB 5009. 15—2003 食品中镉的测定法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [5] 中华人民共和国卫生部. GB 2762—2012 食品中污染物限量[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [6] 卫生部疾病预防控制局, 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所. 中国居民营养与健康状况监测工作手册[Z]. 2010: 14-16.
- [7] 王陇德. 中国居民营养与健康状况调查报告之一——2002 综合报告[R]. 北京: 人民卫生出版社, 2005: 4-6.
- [8] Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). Summary and conclusions of the seventy-third meeting of joint FAO/WHO expert committee on food additives [R]. Geneva: FAO/WHO, 2010: 1-17.
- [9] 罗炜. 食品安全风险分析化学危害评估[M]. 北京: 中国质检出版社, 2012: 64-89.
- [10] 王绪卿, 吴永宁, 陈君石. 食物污染监测低水平数据处理问题[J]. 中华预防医学杂志, 2002, 36(4): 278-279.
- [11] 刘兆平, 李凤琴, 贾旭东, 等. 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: 187-188.
- [12] Nogawa K, Kobayashi E, Okubo Y, et al. Environmental cadmium exposure, adverse effects and preventive measures in Japan[J]. Bio Metals, 2004, 17: 581-587.
- [13] 王桂安, 梁春穗, 黄琼, 等. 广东省居民主要膳食镉暴露风险的初步评估[J]. 中国食品卫生杂志, 2012, 24(4): 353-357.

## · 公告 ·

# 关于批准裸藻等8种新食品原料的公告

(2013年第4号)

根据《中华人民共和国食品安全法》和《新食品原料安全性审查管理办法》有关规定,现批准裸藻、1,6-二磷酸果糖三钠盐、丹凤牡丹花、狭基线纹香茶菜、长柄扁桃油、光皮楝木果油、青钱柳叶、低聚甘露糖为新食品原料。生产经营上述食品应当符合有关法律、法规、标准规定。

特此公告。

附件:裸藻等8种新食品原料.doc(略)

(相关链接:<http://www.moh.gov.cn/sps/s7890/201311/533ed8492dd04ff3aa63c7e7dd40c256.shtml>)