

## 风险评估

## 济南市高含铝食品铝残留量监测及人群暴露评估

孙延斌, 孙婷, 李士凯, 刘素华, 曹小丽

(济南市疾病预防控制中心, 山东 济南 250021)

**摘要:**目的 了解济南市高含铝食品中铝的污染状况, 评估居民膳食铝暴露的风险。方法 对2011—2012年济南市面制食品、水产类制品、动物内脏、淀粉类制品中的铝残留量进行监测, 以“2002年山东省居民营养与健康状况调查”的居民食物平均消费量数据和JECFA 2011年制定的食品中铝的暂定每周耐受摄入量(PTWI)2 mg/kg BW为健康指导值, 按《食品安全风险分析—化学危害评估》推荐的点评估方法进行评估, 并推算每日安全摄入量。结果 共监测食品样品4类190份, 铝平均残留量为263.58 mg/kg, 总检出率为65.79% (125/190), 总超标率为43.68% (83/190)。其中面制食品铝平均残留量为203.79 mg/kg, 最高残留量为1 260.90 mg/kg, 检出率为58.68% (71/121), 超标率为33.06% (40/121), 以油条超标最为严重, 馒头类制品检出率低且无超标。干腌制水产品铝平均残留量为484.53 mg/kg, 最高残留量为2 815.00 mg/kg, 检出率为74.47% (35/47), 超标率为70.21% (33/47), 海蜇、紫菜两种食品超标率均为100.00%, 且铝残留量极高。粉条粉丝制品铝平均残留量为80.65 mg/kg, 最高残留量为423.00 mg/kg, 检出率为75.00% (9/12)。动物内脏铝平均残留量为168.10 mg/kg, 最高残留量为251.00 mg/kg, 检出率、超标率均为100.00%。居民四类膳食食品中铝平均每周摄入量为9.07 mg/kg BW, 是PTWI的4.54倍。其中面制食品铝的暴露量最高, 干腌制水产品次之, 铝每周平均摄入量分别为6.33和2.24 mg/kg BW, 是PTWI的3.17倍和1.12倍。结论 济南市加工销售的油条、海蜇、紫菜、动物内脏等食品铝超标严重, 居民膳食铝暴露水平高、风险大, 应加强对生产经营者科学合理使用含铝添加剂的技术指导, 以降低居民膳食铝的摄入量。

**关键词:** 铝; 含铝食品添加剂; 高含铝食品; 铝残留量; 暴露评估; 食品安全

中图分类号: TS201.6 文献标识码: A 文章编号: 1004-8456(2013)06-0564-04

### Surveillance on aluminum residuals in high aluminum food and dietary exposure assessment in Jinan

SUN Yan-bin, SUN Ting, LI Shi-kai, LIU Su-hua, CAO Xiao-li

(Jinan Center for Disease Control and Prevention, Shandong Jinan 250021, China)

**Abstract: Objective** To understand the condition of aluminum contamination in high aluminum food, and to assess the risk of dietary exposure to aluminum in Jinan. **Methods** Surveillance on aluminum residuals in flour products, aquatic products, animal offal and starch products was conducted in Jinan from 2011 to 2012. According to average food consumption from “nutritional and health status survey of Shandong residents in 2002” and the aluminum PTWI (provisional tolerated weekly intake) 2 mg/kg BW in food established by JECFA in 2011, the point assessment method recommended by *Food Safety Risk Analysis-Chemical Hazard Assessment* was applied for exposure assessment and safely daily intake estimation. **Results** 190 food samples of four categories were tested. The average aluminum residual was 263.58 mg/kg, the total detection rate was 65.79% (125/190) and the violation rate was 43.68% (83/190). The average aluminum residual of flour products was 203.79 mg/kg, the maximum residual was 1 260.90 mg/kg, the detection rate was 58.68% (71/121) and the violation rate was 33.06% (40/121). The violation rate of fried bread stick was the highest, the detection rate of steam bread was the lowest and no sample exceeded the standard. The average aluminum residual of dried/salted aquatic products was 484.53 mg/kg, the maximum residual was 2 815.00 mg/kg, the detection rate was 74.47% (35/47) and the violation rate was 70.21% (33/47). The violation rate of jellyfish and laver was 100%. The average aluminum residual of glass noodle products was 80.65 mg/kg, the maximum residual was 423.00 mg/kg and the detection rate was 75.00% (9/12). The average aluminum residual of animal viscera was 168.10 mg/kg, the maximum residual was 251.00 mg/kg and the detection rate and violation rate were 100.00%. The weekly average aluminum intake from four food categories was 9.07 mg/kg BW, 4.54 times of PTWI. Aluminum exposure

收稿日期: 2013-08-29

基金项目: 济南市科学技术发展计划项目(201121055)

作者简介: 孙延斌 男 副主任医师 研究方向为营养与食品安全 E-mail: shipinsyb@163.com

通讯作者: 李士凯 男 副主任技师 研究方向为食品安全 E-mail: lishikai@163.com

from flour products was the highest, and dried/salted aquatic products was the second, which estimated to 6.33 and 2.24 mg/kg BW, 3.17 and 1.12 times of PTWI, respectively. **Conclusion** The aluminum residuals of fried bread stick, jellyfish, laver and animal viscera were serious in Jinan. The dietary exposure to aluminum was high which put high risk upon local residents. In order to reduce dietary intake of aluminum, technical guidance on how to use aluminum-containing food additives scientifically and rationally should be strengthened.

**Key words:** Aluminum; aluminum-containing food additives; high aluminum food; aluminum residuals; exposure assessment; food safety

我国含铝食品添加剂的使用历史悠久,早在宋、元朝时期已应用于面制食品、水产品加工以及蔬菜、水果贮藏等方面,尤以具有膨松、稳定作用的硫酸铝钾和硫酸铝铵(统称明矾)应用最为广泛。随着科技的进步和发展,铝对人体潜在的毒性危害逐渐被揭开。研究表明<sup>[1]</sup>,铝离子在人体内可干扰大脑的记忆功能,妨碍钙、锌、铁、镁等元素的消化吸收,导致神经行为损害、记忆减退、骨软化症、老年性痴呆等疾病。

本文应用2011—2012年济南市面制食品、水产类制品、动物内脏、淀粉类制品中铝残留量的监测数据,对居民膳食铝暴露水平进行了分析评估,旨在了解济南市高含铝食品中铝残留量的基础数据,评估居民膳食铝暴露的风险,为指导居民消费和政府采取措施降低含铝添加剂的使用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 样品来源及种类

抽样方法按照《全国食品安全风险监测工作手册》中规定的采样技术要求执行。监测样品主要源于济南市居民早餐供应点、农贸市场和超市,共监测食品样品4类190份。其中面制食品包括馒头(含面制花卷等)、油条、膨化食品(含虾味片、薯条、沙琪玛和米饼等);干腌制水产品包括海蜇、紫菜、海米、烤鱼片、鱿鱼丝、虾皮和蛤蜊肉等;淀粉类制品包括粉条、粉丝和粉皮等;动物内脏包括猪肝和鸡肝。

### 1.2 检验方法

采用铬青天S比色法,按国家《食品中化学污染物及有害因素监测技术手册》规定的《面制品及海蜇中铝测定 分光光度法》的标准操作程序进行检验<sup>[2]</sup>,以干样品Al计,铝残留检出限(LOD) < 10 mg/kg。

### 1.3 评价标准

按GB 2760—2011《食品添加剂使用标准》<sup>[3]</sup>规定的使用范围、限量标准判定。面制食品、水产类制品铝残留限量≤100 mg/kg为合格。含铝食品添加剂的使用范围不包括动物内脏制品,其铝的残留量按检出限判定,未检出(LOD < 10 mg/kg)即为合格。明矾禁止在淀粉类制品的生产加工过程中使用(卫生部2009年185号和2008年508号公告),但硅铝酸钠可在淀粉类制品中使用,且无限量规

定,故对粉条、粉丝、粉皮制品中铝残留量不做判定。

### 1.4 暴露评估

采用世界粮农组织/世界卫生组织食品添加剂联合专家委员会(JECFA)2011年制定的食品中铝的暂定每周耐受摄入量(PTWI)2 mg/kg BW作为暴露量评估标准<sup>[4]</sup>。

引用“2002年山东省居民营养与健康状况调查”居民各类食品的平均消费量数据作为暴露评估参数<sup>[5]</sup>。其中面及面类制品(含膨化食品)平均消费量为266.4 g/标准人日,水产品及其制品平均消费量为39.7 g/标准人日,动物内脏类制品平均消费量为2.7 g/标准人日,淀粉类制品(按薯类)平均消费量为48.2 g/标准人日。居民体重统一按60 kg标准计算;铝残留量低于检出限的食品样品按检出限的1/2计算,统计计算值为5 mg/kg。膳食调查时将膨化食品列入焙烤食品,并按面制品统计,故本次暴露评估将其列入面制食品计算(以下暂称的面制食品含膨化食品)。

按《食品安全风险分析—化学危害评估》推荐的点评估方法进行评估<sup>[6]</sup>。根据某种食品在人群中每人每天的平均消费量和相对应食品中铝的残留浓度,计算某种食品铝的暴露量,然后累加得到各种食品的总暴露量,以实现对人体摄入铝的定量评估。根据JECFA规定的铝的PTWI和食品中铝的暴露量,推算每日安全摄入食品量。计算公式:

$$\text{食品中铝的每周平均暴露量(mg/kg BW)} = \sum [\text{某类食品的消费量(g)} \times \text{同类食品中铝的平均检测值(mg/kg)}] / \text{体重(kg)}$$
$$\text{每日安全摄入食品量(g)} = \text{铝的每日允许摄入量(ADI,mg/kg BW)} \times \text{体重(kg)} / \text{同类食品中铝的检测值(mg/kg)}$$
$$\text{膳食铝的贡献率(\%)} = \text{某类食品铝暴露量} / \text{各类食品铝暴露量之和}$$

## 2 结果

### 2.1 铝残留量监测结果

共监测4类190份样品,铝平均残留量为263.58 mg/kg,总检出率为65.79%(125/190),总超标率为43.68%(83/190),其他检测结果见表1。

表1 居民膳食铝残留量监测结果

Table 1 Surveillance results of aluminum residuals in resident diet

食品类别	食品品种	检出率/%	超标率/%	铝残留量/(mg/kg)				监测值范围
				均数 ± 标准差	P50	P90	P95	
面制食品	油条	95.74(45/47)	78.72(37/47)	482.45 ± 338.99	444.70	971.76	1115.92	LOD ~ 1 260.90
	馒头	8.82(3/34)	0.00(0/34)	6.05 ± 3.58	5.00	8.40	19.40	LOD ~ 19.40
	膨化食品(虾条等)	57.50(23/40)	7.50(3/40)	44.44 ± 38.94	38.60	78.76	134.74	LOD ~ 179.30
	小计	58.68(71/121)	33.06(40/121)	203.79 ± 307.41	33.40	741.14	889.22	LOD ~ 1 260.90
干腌制水产品	紫菜	100.00(14/14)	100.00(14/14)	715.00 ± 317.23	750.50	1 220.50	1 348.00	356.00 ~ 1 348.00
	海蜇	100.00(13/13)	100.00(13/13)	872.23 ± 626.24	755.00	2 113.00	2 815.00	314.00 ~ 2 815.00
	其它水产品	40.00(8/20)	30.00(6/20)	71.20 ± 110.16	5.00	275.70	363.50	LOD ~ 368.00
	小计	74.47(35/47)	70.21(33/47)	484.53 ± 518.35	411.00	1 016.00	1 246.00	LOD ~ 2 815.00
淀粉制品	粉条粉丝	75.00(9/12)	0.00(0/12)	80.65 ± 115.21	50.25	334.02	423.00	LOD ~ 423.00
动物内脏	猪肝鸡肝	100.00(10/10)	100.00(10/10)	168.10 ± 56.01	165.50	269.00	271.00	100.00 ~ 251.00
合计		65.79(125/190)	43.68(83/190)	263.58 ± 378.62	63.25	826.45	991.23	LOD ~ 2 815.00

## 2.2 暴露评估结果

以“2002年山东省居民营养与健康状况调查”居民各类食品的平均消费量数据和本次监测的与其相对应的食品中铝残留量为参数,对济南市居民膳食食品中铝残留量进行暴露评估。济南市居民4类膳食食品中铝平均每周摄入量为9.07 mg/kg BW。其中面制食品铝的暴露量最高,干腌制水产品铝的暴露量次之,平均每周摄入量分别为6.33和2.24 mg/kg BW,见表2。

表2 居民膳食铝暴露量评估结果

Table 2 Assessment results of aluminum residuals in resident diet

食品类别	平均消费量 /(g/标准人日)	每周平均暴露量 /(mg/kg BW)	贡献率 /%
面制食品	266.4	6.33	69.79
干腌制水产品	39.7	2.24	24.70
淀粉制品	48.2	0.45	4.96
动物内脏	2.7	0.05	0.55
合计	357.0	9.07	100.00

按JECFA 2011年制定的食品中铝的PTWI 2 mg/kg BW暴露量标准进行比对,济南市居民4类膳食食品中铝的每周平均摄入量是PTWI的4.54倍。面制食品、干腌制水产品铝的平均每周摄入量分别是PTWI的3.17和1.12倍。

## 2.3 高含铝食品的安全限值

应用本次监测的食品中铝残留量和JECFA 2011年制定的食品中铝的PTWI 2 mg/kg BW暴露量标准为参数,假设铝的每日允许摄入量全部贡献给一种食品,基于60 kg体重,推算济南市居民膳食某种食品的每人每日最大消费量。铝的ADI为0.285 7 mg/kg BW,即17.14 mg/标准人日,见表3。

## 3 讨论

1989年,JECFA将低毒级金属元素铝正式确定为食品污染物,并控制其在食品中的使用<sup>[7]</sup>。我

表3 高含铝食品的每日最大消费量

Table 3 Daily maximal consumption of high aluminum food

食品种类	铝残留量 /(mg/kg)		最大消费量 /(g/标准人日)	
	均数	P90	均数	P90
油条	482.45	971.76	35.53	17.64
膨化食品	44.44	78.76	385.75	217.70
紫菜	715.00	1 220.50	23.98	14.05
海蜇	872.23	2 113.00	19.65	8.11
粉条粉丝	80.65	334.02	212.56	51.32
猪肝鸡肝	168.10	269.00	101.98	63.73

国现行的GB 2760—2011《食品添加剂使用标准》<sup>[3]</sup>规定的含铝食品添加剂有14种之多,有关部门正在修订或撤销食品中含铝添加剂的使用范围,这对降低膳食铝暴露风险将起决定性的作用。

据文献报道<sup>[8-10]</sup>,盐渍海蜇、油条、膨化食品、焙烤食品和动物内脏等高含铝食品中,膳食铝的暴露主要源于含铝食品添加剂明矾的滥用。本次监测结果显示,济南市加工销售的馒头类制品在P95位数时铝残留量尚未超过标准值,膨化食品在P95位数时超过标准值,但超标率低,说明该两种食品在生产加工过程中,违规超量添加明矾的现象极少存在。而油条、海蜇和动物内脏食品中铝残留量检出率、超标率极高,铝残留量的均数、P50、P90和P95均超过GB 2760—2011《食品添加剂使用标准》限量值的几倍至几十倍,表明食品中超范围、过量使用明矾的现象极为严重。针对面制食品使用膨松剂情况现场调查发现,油条是济南市居民喜爱的早餐食品之一,食用的人数多,但制作油条多添加明矾且用量大,很少使用无铝膨松剂,而蒸制小麦粉馒头使用酵母发酵居多。另外,据有关报道<sup>[3,8,11]</sup>,一般情况下天然食物中铝含量较低,而紫菜等海藻类植物具有富集特性,导致铝本底值高;含铝食品添加剂硅铝酸钠可在粉条、粉皮等制品中无限量使用。故对紫菜、粉条而言,其铝来源是否与明矾添加有关,有待进一步查证。

暴露评估结果显示,济南市居民4类膳食食品中铝的每周平均摄入量为9.07 mg/kg BW,是JECFA 2011年制定的铝暴露量标准PTWI的4.54倍,说明济南市居民膳食铝的暴露水平高、风险大,按正常消费量摄入即存在较大的安全隐患。据刘弘、庞洁等<sup>[12-13]</sup>报道,上海、广西居民膳食中面制食品非主食,所占比例低,铝每周平均暴露量分别为3.51和1.41 mg/kg BW。而面制食品是济南市居民的主要膳食之一,其消费量所占比例较高,对居民膳食铝的贡献率最高,铝每周平均摄入量为6.33 mg/kg BW,是上海、广西居民面制食品膳食中铝平均每周暴露量的1.80、4.49倍,是JECFA的PTWI标准3.17倍,提示济南市居民膳食铝暴露水平远高于上海、广西,且与面制食品的消费量存有较大的关联,消费量越大,膳食铝暴露量就越高,故在调整面制食品含铝添加剂使用标准时,应充分考虑居民的膳食结构和消费量。

本次推算的每人每日食品安全消费量仅针对单一食品而言,但实际上,食物中铝的来源有多种,除含铝食品添加剂外,还可能来自茶叶、饮用水、含铝制品及食品包装材料中铝的转移等<sup>[8]</sup>,累计叠加其潜在的暴露量将远远超出每日允许摄入量。

点评估方法是利用居民食品消费量模式和食品污染物现状调查数据进行暴露评估,准确可靠的居民食品消费量基础数据是开展暴露评估必不可少的条件之一。采用点评估方法对济南市居民膳食食品进行铝残留量的监测推算,简便易行,应用范围广,其评估结果适用于大多数消费人群。但点评估方法也存在一定的局限性,忽略了个体间体重、消费量的差异以及污染物残留量摄入水平等方面的变异,不能对其之间存在的变异性和不确定性进行量化模拟分析,其评估结果较为粗糙<sup>[4]</sup>。同时,由于本次选择的是对高含铝食品中铝残留量的监测,尚未引入变异因子,且采用铝的最高残留值推算,在总体上可能高估了暴露的危险度。

本次监测的食品种类与引用的“2002年山东省居民营养与健康状况调查”中居民膳食摄入的食品

种类相比,尚未统一匹配,如膨化食品未单列分类统计;某些铝残留量较低的同类别食品未进行监测,如面制食品尚无小麦面粉、面条的监测数据,水产品无鲜冻水产品的监测数据等,这可能导致高含铝食品所占比例偏高,过高地估计了居民高含铝食品的消费量。另外,某些单一食品的样品数偏少,易产生抽样误差,其代表性存在一定的缺陷,可能对暴露评估的结果产生影响。需要指出的是,2002年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消费水平,所以,山东地区采样点的消费量,不能代表山东地区的居民消费水平。

## 参考文献

- [1] 张双灵,周德庆.水产品中铝的安全性监测与预警研究[J].食品科学,2004,25(11):240-244.
- [2] 王竹天,杨大进.食品中化学污染物及有害因素监测技术手册[M].北京:中国标准出版社,2011:86-88.
- [3] 中华人民共和国卫生部.GB 2760—2011 食品安全国家标准食品添加剂使用标准[S].北京:中国标准出版社,2011.
- [4] JECFA. Evaluation of certain food additives and contaminants [R]. WHO Technical Report Series,2011(966):7-97.
- [5] 周景洋,张俊黎.山东省居民膳食营养与健康状况[M].济南:山东电子音像出版社,2008:28-31.
- [6] 罗伟,吴永宁.食品安全风险分析—化学危害评估[M].北京:中国质检出版社,中国标准出版社,2012:48-90.
- [7] JECFA. Evaluation of certain food additives and contaminants [R]. WHO Technical Report Series,1989(776).
- [8] 王林,苏德昭,王永芳,等.中国居民每日摄入量及面制食品中铝限量卫生标准研究[J].中国食品卫生杂志,1996,8(2):1-5.
- [9] 胡贺文,陈秋丽,王玮琳,等.2010年281份面制食品和淀粉类食品中铝残留量调查[J].中国食品卫生杂志,2012,24(3):273-275.
- [10] 李建英.硫酸铝钾(铵)造成部分食品铝污染的研究[J].中国食品卫生杂志,2010,22(5):444-445.
- [11] 尚德荣,赵艳芳,宁劲松,等.海藻中铝的化学形态分析[J].水产学报,2011,35(4):539-542.
- [12] 刘弘,秦璐昕,罗玉章,等.上海市居民面制品中铝暴露的概率评估[J].中国食品卫生杂志,2011,23(6):497-501.
- [13] 庞洁,施向东,梁惠宁,等.2010年南宁市面制食品铝污染状况调查及人群暴露量评估[J].中国食品卫生杂志,2012,24(1):60-62.

(上接第539页)

### 三、加强使用可可粉食品生产企业监管

要加大对使用可可粉的食品生产企业的监督检查力度。在日常监督检查工作中重点检查原料进货渠道和进货台账,所用可可粉等原料的来源,原辅材料和添加剂使用是否符合要求;督促获证企业持续保持生产条件,进一步落实各项监督措施,对巡查发现的问题及时有效地进行处理,以保证从严监管和有效监管。

### 四、工作要求

各地食品药品监督管理局、质量技术监督局、检验检疫局要在当地政府的统一组织领导下,加强配合,结合今年开展的食品生产加工环节风险排查和整治工作,认真排查可可制品以及相关食品企业质量安全风险隐患;要注重发挥行业协会的作用,建立隐患排查和风险管控机制,推动建立社会共管共治机制;在日常监督检查中发现食品安全问题,要及时向当地政府和上级监管部门报告,并向相关部门通报信息。

国家食品药品监督管理局 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
二〇一三年十月二十三日