

# 厦门市 2010–2014 年高含铝食品铝残留量监测及居民膳食暴露评估

洪华荣, 陈剑锋, 王娟, 荣飏, 白艳艳

厦门市疾病预防控制中心, 福建 厦门 361021

**摘要:** **目的** 了解厦门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 2010–2014 年厦门市市售面制食品、藻类及其制品、水产及其制品、动物内脏、大米制品等高含铝食品中的铝残留量进行监测, 结合“2010 年中国居民营养与健康状况调查(厦门市监测点)”的居民膳食摄入量调查结果, 评估厦门市居民膳食中铝暴露水平。 **结果** 所监测的 202 份样品, 总超标率为 44.79% (73/163), 铝含量最高值为 882.00 mg/kg, 平均值和中位数分别为 167.13 mg/kg 和 62.00 mg/kg; 厦门市居民平均摄入铝的量为 13.59 mg/d, 即每周 1.585 5 mg/(kg · bw), 未超过 JECFA2011 年制定的食品中铝的 PTWI 2 mg/(kg · bw), 占 PTWI 的 79.3%, 其中面制食品铝的暴露量最高, 贡献率达 57.99%。 **结论** 2010–2014 年厦门市市售的油炸类面制品、蒸制类面制品、海蜇等食品铝超标严重, 居民膳食铝暴露高、风险大, 需要切实加强了对生产经营者合理使用含铝食品添加剂的技术指导, 以降低居民膳食铝暴露水平。

**关键词:** 食品; 铝; 含铝食品添加剂; 膳食; 风险评估; 食品安全

**中图分类号:** R155 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006–3110(2017)09–1068–04 **DOI:** 10.3969/j.issn.1006–3110.2017.09.012

## Surveillance on residual aluminum in high aluminum food and assessment of dietary exposure of aluminum among residents in Xiamen City, 2010–2014

**作者简介:** 洪华荣(1982–), 男, 福建南安人, 硕士, 主管医师, 主要从事公共营养与食品安全工作。

**通信作者:** 白艳艳, E-mail: 13775418@qq.com。

肥胖的危险性低于男性, 可能与成年男性生活应酬以及作息习惯存在直接的关系。洪鑫芳等<sup>[9]</sup>在“成人体重指数、腰围与血脂异常的相关性研究”中提出男性 BMI 和臀围均大于女性, 可能与男性饮酒及摄入高脂食物的机会多, 而女性比较注重自己的形象, 节制饮食有关。年龄对体型特征的影响较大, 可能与年龄越大身体越容易发生肥胖相关, 另外随着年龄的增长, 发生腹型肥胖的几率也愈高; 体力活动对 BMI、WHR 存在显著的影响, 是否进行体力活动会影响身体素质的好坏, 即使相同身高, 体力活动较多的人, 某种程度上也会影响体重相应增加及体型的变化。

结果显示体力活动、受教育程度、是否食用果蔬为 BMI 的保护因素, 与李伟等<sup>[10]</sup>对苏州市 6 个区 640 名 18 岁以上常住成年居民进行 BMI 影响因素的单因素和 logistic 多因素回归分析显示性别、年龄、学历和饮食行为对 BMI 的影响有显著性的结果相一致。受教育程度愈高的群体往往对健康保健有较高的认识, 因此发生肥胖的危险性相对较低。果蔬食用充足的人群发生超重或肥胖的危险性低于果蔬食用不足的人群, 体力活动促进以及果蔬食用正是居民平衡膳食所提倡的内容。

本次研究结果表明, 齐齐哈尔市双生子人群存在不同程度体型肥胖的问题, 在今后的管理与工作中, 双生子中的男性中、老年人, 以及体力活动少、教育程度低、食用果蔬少人群仍是今后关注的重点人群, 不应将双生子人群遗忘在角落, 各部门应重视这部分人群的预防和健康宣教工作, 提升人群自我保健意识, 减少各类慢性疾病的发生。

### 参考文献

- [1] 欧阳凤秀, 汪玲, 王文英. 对双生子肥胖度的研究[J]. 中华预防医学杂志, 1997, 31(6): 380–381.
- [2] 贺媛, 赵小兰, 曾强. 城市成人超重、肥胖、中心性肥胖的流行特征和相关危险因素分析[J]. 实用预防医学, 2015, 22(4): 390–394.
- [3] 陈捷, 赵秀凤, 武峰, 等. 我国 14 省市中老年人肥胖超重流行现状及其与高血压患病率的关系[J]. 中华医学杂志, 2005, 85(40): 2830–2834.
- [4] 吴伟风, 逢增昌, 马爱国. 青岛市成人双生子体型指征的遗传度研究[J]. 中国公共卫生 2005, 21(4): 413–415.
- [5] 董礼艳, 逢增昌, 钟进义. 双生子卵型鉴定方法[J]. 预防医学文献信息, 2003, 9(6): 700–701.
- [6] 任涛, 吴顶峰, 胡永华, 等. 双生子人群的代谢综合征相关指标的遗传度分析[J]. 中国慢性病预防与控制, 2003, 11(1): 13–15.
- [7] 李小燕, 唐久来, 吴德, 等. 双生子法探讨儿童身高、体质量和头围的遗传度研究[J]. 实用儿科临床杂志, 2008, 23(11): 841–843.
- [8] 李园, 翟凤英, 王惠君, 等. 膳食和体力活动因素对 BMI 影响的多水平分析研究[J]. 营养学报, 2008, 1(1): 21–23.
- [9] 洪鑫芳, 贺媛, 李红, 等. 成人体重指数、腰围与血脂异常的相关性研究[J]. 实用预防医学, 2015, 22(3): 277–279.
- [10] 李伟, 滕臣刚, 傅春玲. 苏州市成年居民体质指数现状及影响因素[J]. 中国初级卫生保健, 2011, 8(1): 11–13.

收稿日期: 2017–01–19

HONG Hua-rong, CHEN Jian-feng, WANG Juan, RONG Biao, BAI Yan-yan

Xiamen Municipal Center for Disease Control and Prevention, Xiamen, Fujian 361021, China

Corresponding author: BAI Yan-yan, E-mail: 13775418@qq.com

**Abstract:** **Objective** To investigate aluminum contamination in aluminum-rich food in Xiamen City, and to estimate the risk of dietary aluminum exposure in the residents. **Methods** Surveillance on the content of residual aluminum in flour products, algae food, aquatic products, animal viscus and rice products was conducted in Xiamen City from 2010 to 2014. Dietary exposure levels of aluminum in Xiamen residents were evaluated based on the results of dietary intake from Survey on Nutrition and Health Status of Residents in China in 2010 (Xiamen Monitoring Station). **Results** Two hundred and two food samples were tested, and the total exceeding standard rate of aluminum was 44.79% (73/163). The maximum, average and median values of residual aluminum were 882.00 mg/kg, 167.13 mg/kg and 62.00 mg/kg respectively. The average dietary intake of aluminum in Xiamen residents was estimated to be 13.59 mg/d, namely, 1.5855 mg/(kg · bw) per week, which did not exceed 2 mg/(kg · bw), the provisional tolerated weekly intake (PTWI) of aluminum in food recommended by JECFA in 2011, and accounted for 79.3% of PTWI. Aluminum exposure in flour products was the highest, with the contribution rate being 57.99%. **Conclusions** The residual aluminum in fried flour products, steamed flour products and jellyfish sold in Xiamen City during 2010–2014 is beyond the standard seriously, and it is a very high health risk to Xiamen residents. It is necessary to enhance the technical guidance on the rational use of aluminum-containing food additives among producers and marketers so as to reduce dietary intake of aluminum.

**Key words:** food; aluminum; aluminum-containing food additive; diet; risk assessment; food safety

铝是一种人体非必需微量元素,在环境中广泛存在,且具有生物蓄积性,是一种重要的食品污染物。普通人群的铝暴露来源主要有饮用水、空气和食物。JECFA 报告认为,膳食是普通人群的铝暴露最主要的来源,而含铝食品添加剂已成为铝膳食暴露最主要的来源<sup>[1]</sup>。我国含铝食品添加剂的使用历史悠久且广泛。本研究利用 2010–2014 年厦门市市售食品铝含量监测结果,结合“2010 年中国居民营养与健康状况调查(厦门市监测点)”的食物消费量数据,对厦门市居民膳食铝暴露进行初步评估研究,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 样品采集与检测** 2010–2014 年,采用分层随机抽样的方法,根据厦门市六个区的居民数量和食品消费量特点,在厦门市六个区超市/食品店、农贸市场、餐饮单位等居民主要购买点,采集具有本地代表性的各类食品共 202 份,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。对于大于零而小于检出限(LOD)的数据均按 1/2LOD 计算摄入量<sup>[3]</sup>。

**1.2 居民食物消费量调查** 2010 年,采用多阶段随机抽样方法抽取厦门市思明区 5 个街道 6 个社区居委会的 332 个家庭户 933 位居民,进行食物消费量调查。其中 180 个家庭户采用 24 h 膳食回顾法,连续 3 d 对

家庭成员采用面对面询问调查,让被调查者回忆调查前 24 h 实际的膳食摄入状况,并采用称重法记录该调查家庭 3 d 内各种食用油、盐、味精等主要调味品的消费量,共询问调查 520 位居民;另 152 个家庭户采用定量食物频率法,对家庭成员采用面对面询问调查,让被调查者回忆过去 12 个月的主要食物消费频率和食用量,共询问调查 413 位居民。

**1.3 居民膳食铝摄入量计算** 根据测定的食物样品中铝含量及每人每日实际食物消费量,按进餐人员热能需要量,规定相对进餐系数,以成年轻体力劳动男子每日热能需要量(2 400 kcal)的进餐系数为 1.0,将不同性别、年龄、劳动强度下的每人每日实际食物消费量折算为成年轻体力劳动男子每日实际食物消费量,得出铝的标准人均日摄入量。

**1.4 居民膳食铝的暴露量评估** 采用 FAO/WHO 推荐的《食品中化学物质膳食暴露评估》方法中“点评估法”<sup>[4]</sup>,计算厦门市居民膳食中铝暴露量及各类市售食品的铝贡献率。各年龄组体重根据 2010 年中国居民营养与健康状况监测工作中厦门市居民体重数据。膳食中暴露量 =  $\sum$ (食品中含量 × 膳食摄入量)/体重,某类食品贡献率 = 某类食品中暴露量/各类食品中暴露总量。

## 2 结果

**2.1 食品中铝含量监测结果** 所监测的厦门代表性的市售高含铝食品样品分为 5 类,分别为:面制品、藻类及其制品、水产品及其制品、肉及肉制品、大米制品。共检测 202 份样品,总超标率为 44.79% (73/

163),铝含量最高值为 882.00 mg/kg,平均值和中位数分别为 167.13 mg/kg 和 62.00 mg/kg。见表 1。

2.2 居民膳食铝暴露量及来源 见表 2。厦门市居民从上述 5 类高含铝食品中平均摄入铝的量为 13.59 mg/d,即每周 13.59 \* 7/60=1.59 mg/(kg · bw),未超

表 1 高含铝食品铝残留量监测结果

食品类别	食品品种	样品数	铝残留量/(mg/kg)				检出		超标	
			均数±标准差	检测值范围	P <sub>50</sub>	P <sub>95</sub>	份数	率(%)	份数	率(%)
面制食品	面条类面制品	32	19.92±15.11	6.05~71.00	13.45	47.22	32	100.00	0	0.00
	油炸类面制品	70	284.49±169.90	5.53~882.00	333.50	480.30	70	100.00	54	77.14
	蒸制类面制品	17	97.58±110.05	5.80~416.00	36.10	293.60	17	100.00	7	41.18
	焙烤食品	13	32.71±17.45	11.50~72.40	25.50	63.70	13	100.00	0	0.00
	膨化食品	9	36.90±19.64	8.80~62.00	38.60	60.12	9	100.00	0	0.00
	小计	141	162.89±175.75	5.53~882.00	57.90	420.00	141	100.00	61	43.26
藻类及其制品	紫菜海带(干品)	10	462.86±320.57	148.00~859.00	345.00	827.90	10	100.00	—	—
	紫菜海带(鲜品)	10	163.00±34.70	123.00~185.00	157.00	184.60	10	100.00	—	—
水产品及其制品	海蜇	12	361.00±31.61	331.00~394.00	358.00	390.40	12	100.00	12	100.00
	海水鱼	10	19.60±10.31	ND~30.30	23.40	29.46	8	80.00	0	0.00
	小计	22	205.82±110.31	ND~394.00	331.00	393.40	20	90.91	22	54.55
	畜禽肝	10	36.77±25.02	ND~75.60	36.05	71.14	8	80.00	—	—
大米制品	粉丝米粉	12	17.60±11.61	10.60~31.00	11.20	29.02	12	100.00	—	—
合计	—	202	167.13±188.31	ND~882.00	62.00	439.08	198	98.02 (198/202)	73	44.79 (73/163)

注: ND 表示未检出;检测结果低于方法的 LOD 时以 1/2LOD 计,有效数字保留多 1 位。

表 2 居民膳食铝暴露量及来源

食品类别	食品品种	铝平均含	日摄入量	日暴露量	贡献率
		量(mg/kg)	(g/d)	(mg/d)	(%)
面制食品	面条类面制品	19.92	27.55	0.55	4.04
	油炸类面制品	284.49	8.39	2.39	17.59
	蒸制类面制品	97.58	26.53	2.59	19.06
	焙烤食品	32.71	65.51	2.14	15.75
	膨化食品	36.90	5.67	0.21	1.55
	小计	—	—	7.88	57.99
藻类及其制品	紫菜海带(干品)	462.86	3.40	1.57	11.55
	紫菜海带(鲜品)	163.00	8.40	1.37	10.08
	小计	—	—	2.94	21.63
水产及其制品	海蜇	361.00	2.38	0.86	6.33
	海水鱼	19.60	52.2	1.02	7.51
	小计	—	—	1.88	13.84
肉及肉制品	畜禽肝	36.77	5.00	0.18	1.32
大米制品	粉丝米粉	17.60	40.10	0.71	5.22
合计	—	—	—	13.59	100.00

2.3 严格执行食品中铝残留限量标准对居民膳食铝暴露的影响 如果严格执行我国现行食品中 100 mg/kg 的铝残留限量标准,即禁止铝含量超过 100 mg/kg 的食品在市场上流通,并假设超过限量标准的食品被清除后留下的市场空白由合格食品(以最高值 100 mg/kg 计)取代,那么厦门市居民膳食铝的平均摄入量将由现在的每周 1.59 mg/(kg · bw) 下降至 0.99 mg/(kg · bw) [ 8.50 \* 7/60=0.99 mg/(kg · bw) ],可

过 JECFA2011 年制定的食品中铝的 PTWI 2 mg/(kg · bw),占 PTWI 的 79.3%。其中面制食品铝的暴露量最高,贡献率达 57.99%;其次为藻类及其制品和水产品及其制品,贡献率分别 21.63%和 13.84%。

见严格执行标准将会有效降低厦门市居民膳食铝摄入的风险。见表 3。

表 3 严格执行食品中铝残留限量标准居民膳食铝暴露量

食品类别	食品品种	铝平均含量	日摄入量	日暴露量
		(mg/kg)	(g/d)	(mg/d)
面制食品	面条类面制品	19.92	27.55	0.55
	油炸类面制品	89.43	8.39	0.75
	蒸制类面制品	57.48	26.53	1.52
	焙烤食品	32.71	65.51	2.14
	膨化食品	36.90	5.67	0.21
	小计	—	—	5.17
藻类及其制品	紫菜海带(干品)	100.00	3.40	0.34
	紫菜海带(鲜品)	100.00	8.40	0.84
	小计	—	—	1.18
水产及其制品	海蜇	100.00	2.38	0.24
	海水鱼	19.60	52.2	1.02
	小计	—	—	1.26
肉及肉制品	畜禽肝	36.77	5.00	0.18
大米制品	粉丝米粉	17.60	40.10	0.71
合计	—	—	—	8.50

2.4 各种高含铝食品的安全消费水平 以 FAO/WHO 制定的铝的 PTWI 和各种食品中铝的平均含量,计算铝摄入量不超过 PTWI 的每种食品的安全消费量。厦门市高含铝食品的每周安全消费量分别为:紫菜海带(干品)259 g,海蜇 332 g,油炸类面制品 421 g,紫菜海带(鲜品)736 g,蒸制类面制品 1 230 g,膨化食



品 3 252 g, 畜禽肝 3 264 g, 焙烤食品 3 669 g, 面条类面制品 6 024 g, 海水鱼 6 122 g, 粉丝米粉 6 818 g, 即每周仅消耗任何一种食品相应的重量, 其膳食铝摄入量就可超过 PTWI。见表 4。

表 4 高含铝食品的每周最大消费量

食品类别	食品品种	铝残留量均值 (mg/kg)	最大消费量 (g/标准人日)
面制食品	面条类面制品	19.92	6 024
	油炸类面制品	284.49	421
	蒸制类面制品	97.58	1 230
	焙烤食品	32.71	3 669
	膨化食品	36.90	3 252
藻类及其制品	紫菜海带(干品)	462.86	259
	紫菜海带(鲜品)	163.00	736
水产及其制品	海蜇	361.00	332
	海水鱼	19.60	6 122
肉及肉制品	畜禽肝	36.77	3 264
大米制品	粉丝米粉	17.60	6 818

### 3 讨论

根据样品采集时国家执行的标准 GB 2760-2011《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》<sup>[5]</sup>  $\leq 100$  mg/kg 判定, 本次监测表明, 厦门市部分市售食品中铝含量超过国家限量标准, 即食海蜇、油炸类面制食品(油条油饼)、蒸制类面制食品(馒头包子)中铝超标率分别为 100%、77.14% 和 41.18%, 说明即食海蜇、油炸类面制食品和蒸制类面制食品过量使用含铝食品添加剂的现象普遍存在<sup>[6]</sup>。藻类及其制品中铝含量全部超过 100 mg/kg, 有可能为海藻类植物具有富集铝特性<sup>[7]</sup>, 导致铝本底值高, 抑或是因为加工制作过程中超范围添加含铝食品添加剂(明矾等), 有待进一步查证。

食物的天然本底铝含量一般  $< 10$  mg/kg, 如蒋立新等<sup>[8]</sup>对深圳市主要食品中的铝污染状况调查结果表明, 1 021 份食品样品铝的  $P_{50}$  为 4.15 mg/kg。而本次监测表明, 盐渍海蜇、面制食品(包括膨化食品、焙烤食品等)、藻类及其制品、动物内脏、海水鱼、大米制品等食品或源于含铝食品添加剂(明矾等)的滥用, 或源于对铝的富集蓄积, 这几类食品的铝含量明显高于天然本底铝含量, 这些高含铝食品是厦门市居民膳食铝暴露最主要来源。本研究显示厦门市居民上述 5 类高含铝食品的铝平均暴露量达 1.585 5 mg/(kg·bw), 略低于 FAO/WHO 制定的 PTWI 2 mg/(kg·bw), 相当于 PTWI 的 79.3%, 这说明当前厦门市一般居民食用这些高含铝食品对健康造成不良影响的机会可能不大, 但由于厦门市居民面制食品平均消费量约为主食的 1/3<sup>[9]</sup>, 因此对于一些经常食用面制食品的厦门市居民, 则存在铝的毒性将影响其健康的风险。而海蜇和藻类及其制品是厦门市特色食品, 由于这两类食品铝

含量较高, 成人只要每周吃 259 g 以上的紫菜海带(干品)或 332 g 的海蜇, 其铝的摄入量就会超过健康指导值, 因此对于经常食用海蜇或藻类的居民也需要提醒注意。

鉴于铝摄入过量对健康的危害, FAO/WHO 多次对饮食中的铝进行评价。2006 年, 将铝的 PTWI 由原来制定的 7 mg/(kg·bw) 大幅调低到 1 mg/(kg·bw) (2011 年再次调整为 2 mg/(kg·bw)), 说明铝的生理毒性和健康危害不容忽视<sup>[10]</sup>。这一形势已引起我国食品安全监管部门的关注, 并采取了相应监管对策与措施<sup>[11]</sup>, 如: (1) 加强对市售油条等油炸类面制品和馒头等蒸制类面制品的检测与监管, 杜绝铝超标食品进入市场; (2) 加大食品中铝监测覆盖范围和频次, 形成完善的监测体系, 更全面客观地反映食品中铝污染的现状和评估其人群暴露量, 为修订和降低食品中含铝食品添加剂的使用限量标准做好技术准备; (3) 加强居民合理膳食指导, 建议消费者尽量减少食用铝含量较高的几类面制食品, 防止摄入过量的铝。此外, 鉴于含铝添加剂食品是我国居民膳食铝暴露的主要来源, 占经食物暴露铝总量的 75%<sup>[12]</sup>, 严格含铝添加剂的审批, 限制含铝添加剂的使用范围和使用量; 对食品生产企业含铝添加剂用量进行有效控制, 要求其采用干酵母或新型无铝膨松剂等改良的面制品制作方法; 研制无铝添加剂代替有铝添加剂, 开展高铝食品(如海蜇、藻类)加工新技术的研究, 是目前降低我国居民膳食铝摄入的重要措施。

致谢: 感谢厦门市疾病预防控制中心理化检测实验室所有参与检测工作的同志的大力协助。

### 参考文献

- [1] JECFA. Evaluation of certain food additives and contaminants [R]. WHO Technical Report Series, 2011 (966): 1-136.
- [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] 高俊全, 李筱薇, 赵京玲. 2000 年中国总膳食研究-膳食铝、镉摄入量 [J]. 卫生研究, 2006, 35(6): 750-754.
- [4] FAO/WHO. Evaluation of certain food additives and contaminants; Thirty-third Report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives [R]. WHO Technical Report Series, 1989: 776.
- [5] 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.
- [6] 陈剑锋, 洪华荣, 荣飏, 等. 厦门市面制食品铝污染状况分析 [J]. 预防医学情报杂志, 2016, 32(8): 870-872.
- [7] 白艳艳, 周娜, 王文伟. 厦门市 2009-2011 年市售食品铝残留监测结果 [J]. 海峡预防医学杂志, 2013, 19(1): 64-66.
- [8] 蒋立新, 杨梅, 黄慧萍, 等. 深圳市居民铝的膳食暴露评估 [J]. 中华预防医学杂志, 2013, 47(7): 667-668.
- [9] 洪华荣, 骆和东, 荣飏, 等. 厦门市城区居民营养与健康状况调查 [J]. 营养学报, 2014, 36(5): 435-440.
- [10] 蒋琦, 黄琼, 张永慧. 膳食铝暴露评估研究现状 [J]. 中国食品卫生杂志, 2013, 25(1): 102-106.
- [11] 洪华荣, 陈剑锋, 王娟, 等. 2006-2011 年厦门市居民面制食品中铝的暴露评估 [J]. 实用预防医学, 2016, 23(2): 178-180.
- [12] 国家食品安全风险评估专家委员会. 中国居民膳食铝暴露风险评估 [R]. No. 2011-002.

收稿日期: 2017-01-26