

2006-2011 年厦门市居民面制食品中铝的暴露评估

洪华荣, 陈剑锋, 王娟, 荣飏, 骆和东*

(厦门市疾病预防控制中心, 福建厦门 361021)

摘要:目的 了解厦门市面制食品中铝污染的状况, 并评估居民的铝暴露情况。

方法 对2006-2011年厦门市市售面制食品中铝的含量进行监测, 结合2010年厦

门市居民膳食消费量调查结果, 评估居民面制食品中铝的暴露量。**结果**141份样

品铝含量范围为5.53~882.00 mg/kg, 中位数(P25, P75)为57.90 (19.80, 339.00)

mg/kg。厦门市居民平均每周从面制食品中摄入的铝为 $0.92 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{bw}^{-1}$, 占

暂定每周可耐受摄入量 (PTWI) 的46.0%; 高端消费人群 (面制食品消费量第

90百分位数) 每周面制食品中铝暴露量为 $2.17 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{bw}^{-1}$, 占PTWI的108.5%。

结论 目前厦门市居民面制食品中的铝暴露量存在安全隐患, 需要切实加强面制食品的监督管理, 降低面制食品中铝含量。

关键词:面制食品; 铝; 膳食; 风险评估

Assessment of aluminum exposure from flour products in Xiamen residents

Hong Hua-rong, Chen Jian-feng, Rong Biao, Wang Juan, Luo He-dong

(Xiamen Municipal Center for Disease Control and Prevention, Fujian Xiamen

361021, China)

Abstract: Objective To obtain the contamination of aluminum in flour products in Xiamen city, and to estimate the health risk of aluminum exposure from flour products for Xiamen residents. **Methods** Surveillance on the content of aluminum in flour products combined with

a survey on dietary intake of Xiamen residents was conducted. **Results** 141 samples of flour foods were tested, the range of aluminum content were from 5.53 mg/kg to 882.00mg/kg, and the median(P25, P75) aluminum content was 57.90 (19.80,

Corresponding author: LUO He-dong, E-mail:luohedong@126.com

作者简介: 洪华荣 (1982-), 男, 福建泉州南安人, 汉族, 硕士, 主管医师, 主要研究方向为公共营养与食品安全

339.00) mg/kg. The average dietary aluminum exposure of Xiamen residents from flour products per week was estimated to be $0.92\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{bw}^{-1}$, accounted for 46.0% of provisional tolerable weekly intake(PTWI). The P_{90} of dietary aluminum exposure (the food consumption was higher than the upper 90th percentile) from flour products was estimated to be $2.17\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{bw}^{-1}$, accounted for 108.5% of PTWI.

Conclusions The evidence shows that it poses a safety hazard to Xiamen residents for the aluminum exposure from flour products. It needs to strengthen the supervision and management to reduce the aluminum content of flour products.

Key words: Flour products; aluminum; dietary; risk assessment

铝是一种人体非必需金属元素，在环境中广泛存在，且具有生物蓄积性。WHO/FAO于1989年将铝确定为食品污染物^[1]，并多次对饮食中的铝进行评价，2011年最新制定铝的暂定每周耐受摄入量（PTWI）为 $2\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{bw}^{-1}$ ^[2]。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^[2]。含铝食品添加剂主要用于面制食品，而面制食品是我国居民的重要膳食。2010年中国居民营养与健康状况调查（厦门市监测点）膳食调查结果表明，厦门市居民面制食品平均消费量约为主食的 $1/3$ ^[3]。本研究利用2006-2011年厦门市市售食品铝含量监测结果，结合2010年厦门市居民营养与健康状况监测面制食品的消费量数据，对2010年厦门市居民营养与健康状况监测的调查人群来源于面制食品的铝暴露进行初步评估研究。

1 材料与方法

1.1 样品采集与检测

2006-2011年，依据卫生部制定的《食品污染物监测技术操作手册》的相关规定，采用多级分层抽样，在厦门市6个区辖区内对当地居民主要购买点（包括各种类型的超市、农贸市场、餐饮单位、批发点、零售商店）的数量和分布、食品品种和类型进行摸底调查，从中选取监测点，抽样时再根据被监测食品抽样数量的要求按照随机原则从中挑选出在本地具有代表性、典型性和适时性的监测样品共5类：面条类面制品（面条、粉条、挂面等）、油炸类面制品（油条、

油饼、炸糕、麻团等）、蒸制类面制品（馒头）、焙烤食品（面包、饼干、蛋糕、其他糕点）、膨化食品（薯片、薯条、其他膨化食品）。共采集141份面制食品，按国家标准GB/T 5009.182-2003《面制食品中铝的测定》方法进行检测。对于大于零而小于检出限（LOD）的数据均按1/2LOD计算摄入量^[4]。

1.2 面制食品消费量调查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417个家庭户933位居民作为调查对象。采用定量食物频率法，对家庭户6岁及以上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，折合计算调查对象平均每日面制食品消费量。

1.3 居民面制食品铝暴露量评估

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”^[4]，计算厦门市居民面制食品中铝的暴露量及各类面制食品的贡献率，将所得结果与FAO/WHO制定的食品中铝的PTWI比较，进行风险特征描述。各年龄组体重根据2010年厦门市居民营养与健康状况监测结果。

膳食铝摄入量 = \sum （食品中铝含量 × 膳食消费量）/ 体重

膳食铝摄入量均值 = 食品中铝含量均值 × 膳食消费量均值

膳食铝摄入量_{P₉₀} = 食品中铝含量均值 × 膳食消费量_{P₉₀}

某类面制铝摄入食品贡献率 = 某类面制食品铝摄入量 / 各类面制食品铝摄入量之和

1.4 统计学分析

数据统计分析采用 SPSS13.0。检验水准 $\alpha=0.05$ (双侧)。

2 结果

2.1 面制食品中铝含量监测结果

全部 141 份样品铝含量为偏态分布 ($P<0.05$)，铝含量范围为 5.53~882.00 mg/kg，中位数(P25, P75)为 57.90 (19.80, 339.00) mg/kg。见表 1。

表1 各类面制食品中铝的含量及分布

食品类别	样品数 (n)	均数±标准差 (mg/kg)	检测结果范围 (mg/kg)	中位数(P25, P75) (mg/kg)
面条类面制品	32	19.92±15.11	6.05~71.00	13.45 (10.00, 25.18)
油炸类面制品	70	284.49±169.90	5.53~882.00	333.50 (179.88, 390.08)
蒸制类面制品	17	97.58±110.05	5.80~416.00	36.10 (19.80, 135.00)
焙烤食品	13	32.71±17.45	11.50~72.40	25.50 (24.10, 37.00)
膨化食品	9	36.90±19.64	8.80~62.00	38.60 (20.60, 51.20)
合计	141	162.89±175.75	5.53~882.00	57.90 (19.80, 339.00)

2.2 居民面制食品铝暴露量及来源

933位调查对象从各类面制食品中每日铝暴露量均值为7.88mg，每周摄入量为 $0.92\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{bw}^{-1}$ ，占PTWI的46.0%。面制食品高端消费人群 (P_{90}) 从各类面制食品中每日铝暴露量为18.59mg，每周摄入量为 $2.17\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{bw}^{-1}$ ，占PTWI的108.5%。尽管居民蒸制类面制品、油炸类面制品的消费量不高，但此两类食品却是居民面制食品铝暴露的重要来源，占总的暴露量53.17%。从面条类面制品和膨化食品摄入铝较少，均不足总的暴露量10%。见表2。

表2 居民面制食品铝暴露量及来源

食品种类	铝平均含量 (mg/kg)	消费量 (g/d)		日暴露量 (mg/d)		贡献率 (%)	
		平均	P_{90}	平均	P_{90}	平均	P_{90}
面条类面制品	19.92	27.55	52.93	0.55	1.05	6.97	5.67

油炸类面制品	284.49	8.39	23.50	2.39	6.69	30.30	35.96
蒸制类面制品	97.58	26.53	54.78	2.59	5.35	32.87	28.75
焙烤食品	32.71	65.51	142.58	2.14	4.66	27.21	25.09
膨化食品	36.90	5.67	22.79	0.21	0.84	2.66	4.52

2.3 基于 PTWI 计算的各种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。厦门市平均含量较高的两类面制食品的每日安全消费量分别为：油炸类面制品60.3g，蒸制类面制品175.7g，比较受居民欢迎的焙烤食品的每日安全消费量为524.1g。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。

3 讨论

3.1 尽管空气和饮用水也是除食物之外人体铝暴露的两个主要途径，但来自空气的铝暴露量大约仅为0.04 mg/d^[5]，而来源于饮用水的铝暴露最多为0.4 mg/d^[6]（笔者统计2010年厦门市75份居民末梢饮用水铝含量为0.0047 mg/l，以2 L/d饮水量计算，厦门市居民饮用水铝暴露为0.0047mg/l*2 l/d=0.0094 mg/d），因此膳食是人体铝暴露的绝对主要来源。膳食铝暴露主要包括3个来源：食物的天然本底铝含量，食品接触材料中的铝迁移以及含铝食品添加剂。除面制食品外，食物的天然本底铝含量一般小于10 mg/kg^[5]（尽管海带、紫菜、即食海蜇等食物铝含量也较高^[7-8]，但摄入量较少；蒋立新等^[9]对深圳市主要食品中的铝污染状况调查结果表明，1021份食品样品铝的P₅₀为4.15mg/kg）。而面制食品制作加工过程中使用含铝添加剂是造成面制食品铝含量较高的主要原因^[10]。因此，一般认为对于不使用含铝药物的普通人群来说，含铝食品添加剂是膳食铝暴露最主要来源。本研究显示厦门市居民面制食品的铝平均暴露量为0.92mg • kg⁻¹ • bw⁻¹，低于FAO/WHO制定的PTWI（2 mg • kg⁻¹ • bw⁻¹），相当于PTWI的46.0%；而面制食品高端消费分群（面制食品摄入量P₉₀值）的铝暴露量为2.17

$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{bw}^{-1}$ ，已经高于PTWI，相当于PTWI的108.5%，这说明尽管一般居民食用这些含铝的面制食品对健康造成不良影响的机会可能不大，但对于一些经常食用面制食品（尤其是含铝较高的面制食品）的居民，则存在铝的毒性将影响其健康的风险。

3.2 正如FAO / WHO《食品中化学物质膳食暴露评估》指出那样，食品中化学污染物膳食暴露评估结果的准确性取决于食物消费量的准确性及食品中化学污染物含量数据的准确性，而这两类数据都有一定的不确定性^[4]。本研究在评估的方法应用和评估结果同样可能存在以下不确定性：（1）油炸类面制品的样品数接近监测样品总数的一半（70/141），而其铝含量又较高，可能导致铝暴露量偏高。（2）监测样品数较少的数据结果的代表性及采用定量食物频率法获得的食物消费量数据的真实性均有待提高。

3.3 2006年，FAO/WHO将铅的PTWI由原来制定的 $7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{bw}^{-1}$ 大幅调低到 $1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{bw}^{-1}$ （2011年再次调整为 $2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{bw}^{-1}$ ），说明铝的生理毒性和健康危害不容忽视。这一形势应引起我国食品安全监管部门的关注，并采取相应监管对策与措施，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）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；（3）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；（4）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。

（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] 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.

- [2] JECFA. Evaluation of certain food additives and contaminants[R]. WHO Technical Report series, NO.966, 2011.
- [3] 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.
- [4] 高俊全, 李筱薇, 赵京玲. 2000年中国总膳食研究-膳食铅、镉摄入量[J]. 卫生研究, 2006, 35 (6) : 750-754.
- [5] 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.
- [6] JECFA. Evaluation of certain food additives and contaminants[R]. WHO Technical Report series, NO.940, 2007.
- [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] 张磊, 李瑞, 郑晓南, 等. 2012 年大连市食品中食品添加剂监测结果分析[J]. 实用预防医学, 2013, 20 (7) : 832-834.
- [9] 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.
- [10] 陆日贵, 李必斌, 孙琦. 南宁市面制食品油条、馒头中铝含量的调查分析[J]. 实用预防医学, 2014, 21 (3) : 334-335.