

食品中铝含量及其危害研究进展

李青, 刘思洁, 方赤光*

(吉林省疾病预防控制中心, 长春 130062)

摘要: 当前食品中铝含量问题已经引起了社会的广泛关注。如何解决食品中铝含量对人体健康影响已是食品安全领域十分关注的重要课题之一。本文介绍了近年来食品中铝研究技术的现状, 主要从食品中的铝长期高水平摄入可能对人体产生危害对人体引起的各种毒性及食品中铝含量分析趋势研究等方面进行了综述。通过对食品中铝含量的分析研究, 表明铝常常出现在面粉、馒头、油条、面条、麻花、油饼、炸糕、面包、粉条、膨化食品等其他面制品中。了解目前铝对人体健康的危害程度和相关的应对措施, 减少我国人群, 尤其是儿童铝的摄入量是目前需要解决的问题之一, 对面制食品中铝含量的控制是改善我国铝摄入状况的有效途径, 为进一步研究食品中铝的风险监测与评估具有一定参考性。

关键词: 食品; 铝; 毒性; 含量

Research progress on the content and harm of aluminum in food

LI Qing, LIU Si-Jie, FANG Chi-Guang*

(Jilin Provincial Center for Disease Control and Prevention, Changchun 130062, China)

ABSTRACT: The safety of aluminum content in food has attracted a serious concern in our society. It has become one of the important topics for how to resolve the problem of aluminum content in food which has influence on human health. This paper introduced the present status of aluminum in food research techniques in recent years, including harm high level of aluminum for a long time of food intake to human body and the variety toxicity in human body and the trends of aluminum content in food. Analysis of the content of aluminum content in food showed that aluminum often appeared in the flour, fried dough sticks, steamed bread, noodles, fried dough twist, cake, fried cake, bread, vermicelli, puffed food, and other flour products. Understanding the current harm of aluminum on human health and the related measures, to reduce the population in our country, especially children's intake of aluminum was one of the problems that needed to be solved at present. The control of aluminum content in food is an effective way to improve China's aluminum intake and it has a certain reference for further risk monitoring and evaluation of aluminum content in food.

KEY WORDS: foods; aluminum; toxicity; content

1 引言

铝是地壳中含量最多的金属元素之一, 但铝并非是人体所必需的微量元素^[1]。早在 20 世纪 70 年代以前, 人

们错误地认为铝不经胃肠道吸收, 对人体不会产生危害, 因此铝盐被广泛用于食品添加剂、海蜇加工的固化剂和水处理剂中, 金属铝广泛用于制作餐饮具、食品包装物等制品中^[2-5]。随着科技的发展, 人们逐渐发现铝还具有生物毒

*通讯作者: 方赤光, 主任技师, 主要从事实验室管理和卫生检验工作。E-mail: fangcdc@163.com

*Corresponding author: FANG Chi-Guang, Chief Technician, Jilin Provincial Center for Disease Control and Prevention, Changchun 130062, China. E-mail: fangcdc@163.com

性效应, 人体摄入过多的铝, 在体内蓄积后会扰乱中枢神经的活动, 引起消化系统功能紊乱, 妨碍正常的钙、磷代谢, 抑制机体内的抗氧化系统, 引起多种疾病^[6]。目前, 国家卫生计生委发布的国家标准 GB 2760-2014《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》于 2014 年 5 月 24 日正式实施, 在膨化食品中, 严禁使用任何含铝的食品添加剂, 包括食用色素亮蓝、靛蓝、赤藓红、柠檬黄、日落黄、胭脂红和诱惑红中的铝色淀, 在馒头、发糕等面制品中不能添加含铝的食品添加剂, 只能在豆类制品、面糊、油炸面制品、虾味片和培烤食品中添加硫酸铝钾或硫酸铝铵, 其铝含量不得超过 100 mg/kg, 在腌制的水产品即食海蜇中铝含量不得超过 500 mg/kg^[7]。世界卫生组织对铝的最高摄入量做了一个健康指导, 每人每周每千克体重不超过 2 mg, 这相当于一名 60 kg 重的成年人每周吃进去 120 mg 铝, 不会导致铝的蓄积并引起健康损害^[8]。而在文献报道中, 我国居民摄入量普遍偏高, 并明显高于发达国家^[9]。本文主要介绍铝对人体潜在危害研究进展、食品中铝含量现状和探讨需要采取的应对措施, 以减少我国人群, 尤其是儿童铝的摄入量。

2 铝对人体潜在危害研究

马森等^[1,10-13]综述了铝对神经、肝、肾、骨骼、血液、细胞等系统潜在的毒性作用。据梁峰^[14]报道的铝分别与肾病、高血压、糖尿病、高血糖、早老性痴呆、透析性脑病综合征、胚胎发育、中枢神经系统之间的关系, 认为铝毒性对人体健康具有潜在的危害, 应有足够的认识并值得进一步研究, 对控制致癌、致突变物的污染、保护环境及人类健康具有重要意义。赵长安等^[15]研究探讨了慢性铝染毒对大鼠端脑皮质和海马组织细胞、雌激素受体亚型表达及血清雌激素水平的影响, 比较上述变化与阿尔茨海默病变化的相似性, 用长期腹腔注射 $AlCl_3$ 溶液使大鼠染毒, 用放射免疫法测定血清雌二醇水平, 用 HE 染色和免疫组化观察大鼠端脑和海马组织细胞结构及雌激素受体亚型的表达。海马神经细胞排列紊乱, 层数和神经细胞数目减少, CA3 CA4 区神经细胞脱失, 胶质细胞浸润。ER α 和 ER β 免疫阳性颗粒普遍存在于正常大鼠端脑皮质 II~VI 层神经细胞内, ER α 免疫阳性颗粒存在于细胞核、ER β 免疫阳性颗粒存在于胞浆。慢性铝染毒后, 端脑皮质 ER α 免疫阳性神经细胞数量明显减少, 多数神经细胞内 ER α 的表达降低或呈阴性; 端脑皮质中 ER β 免疫阳性神经细胞数量变化不明显, 但表达量增强。因此慢性铝染毒可以导致端脑皮质和海马神经细胞损伤丢失, 端脑皮质雌激素受体亚型表达量异常, 血液雌激素水平降低。这些变化和阿尔茨海默病变化具有一定的相似性。黄国伟等^[16]研究探讨铝对人胚大脑神经细胞的毒作用及其机制, 采用无血清体外细胞培养方法, 观察铝对人胚大脑神经细胞的生长发育及功能的影响,

同时进行光镜和电镜形态学观察。铝可抑制大脑神经细胞的分化成熟及功能, 并随铝剂量的增加而增强, 其毒作用机制可能是通过抑制神经细胞抗氧化能力产生脂质过氧化而导致细胞各种膜结构的损害。王劲^[17]认为铝主要在十二指肠吸收, 主要经肾排出。铝的蓄积与中枢神经系统损害、骨损害和造血系统损害有关, 尤其与阿尔茨海默氏病关系密切。王子云等^[18]研究探讨了铝对植物、水生物及对人的危害; 分析了老年痴呆症、贫血症、骨软症与铝的关系; 指出铝进入人体的几种途径。肖祥希等^[19]综述了国内外有关植物铝毒害的研究进展, 其中包括铝的形态及其植物毒性、植物铝毒害的症状、植物铝毒害的生理生化反应(包括对养分、水分的吸收和运输、光合作用、呼吸作用、质膜透性、活性氧代谢、氮代谢、碳水化合物代谢、核酸代谢等的影响)。

3 食品中铝含量现状

本文分别综述不同类别食品中铝含量的研究报道, 为合理调整膳食比例提供科学依据。

3.1 面制品中铝含量

钟才云等^[20]采用电感耦合等离子体原子发射光谱法(inductively coupled plasma atomic emission spectrometry, ICP-AES)测定南京市 58 种常用食物铝含量。结果发现, 各种食物铝含量差别较大。根据居民食物结构推算南京市居民每日铝摄入量为 8.98 mg; 实测 40 名成年人铝的实际摄入量为 (25.21 ± 12.82) mg。分析表明, 通过天然食物所摄入量较低, 含铝食品添加剂的面制食品是人群膳食铝的最主要来源。测定男、女性头发中铝含量分别为 (19.28 ± 10.24) 和 (25.97 ± 14.49) $\mu\text{g/g}$ 。芦丹等^[21]依据 2009 年北京市食品化学污染物监测方案, 在辖区内主要农贸市场、超市和食品生产企业随机采取食用菌、奶及奶制品、猪肾、猪肝、藻类食品、淡水鱼、面制食品进行监测。在 125 件监测样品中, 12 件样品检测值超出国家卫生标准限值, 超标率为 9.60%, 问题主要表现为猪肾中的铅和紫菜、海带中的镉, 其超标率分别为 20%、100%和 10%。朱宣辑等^[22]采集吉林省的长春市、吉林市、通化市、白城市、延吉市、四平市的食品商场、餐馆、集体食堂、集贸市场、早点摊位等共 409 个食品加工地点制作并销售的油条 201 份, 蒸制面食类 208 份, 按 GB/T 5009.182-2003《面制食品中铝的测定》方法检测。在 201 份油条中, 铝的总检出率为 96.52%, 铝超标率为 65.67%。各年度样品的铝检出率均在 90.00% 以上, 铝超标率均超过 50.00%; 各年度样品的铝最高检出值均为限量值的 2 倍以上; 各年度样品的铝含量中位数均 > 100 mg/kg。检测的 208 份蒸制面食类, 铝的总检出率为 43.27%, 铝超标率为 10.10%, 铝最高检出值达限量值的 2 倍以上; 各年度铝的超标率均为 10.00% 左右。被检 18 份面粉样品中, 铝检出率为 33.33%, 铝含量中位数为 14.53

mg/kg, 最高检出值为 29.01 mg/kg。部分油条、蒸制面食中铝残留量较高, 主要与其生产过程中使用含铝食品添加剂有关, 油条、蒸制面食中的铝残留问题均应予以关注。吴丽明等^[23]采用 ICP-MS 法对市内餐厅、食堂、工厂、超市等场所采集的面制食品检测铝含量。检测 7 类面制食品样品 530 份, 总合格率为 54%, 其中面粉、肠粉、油炸食品合格率均为 100%, 烘烤食品合格率为 96%, 蛋糕合格率为 53%, 蒸制食品合格率为 44%; 油条的合格率仅为 35%, 铝平均含量为 145.0 mg/kg。因此, 油条、蒸制食品、蛋糕中铝含量过高与制作过程中使用含铝添加剂有关。孙伟等^[24]用铬天青-S 分光光度法测定膨化食品中的铝含量, 利用三价铝离子在乙二胺-盐酸缓冲溶液中与铬天青-S 及溴化十六烷基三甲基铵反应生成绿色三元络合物在 610 nm 处测其吸光度, 利用标准曲线方程计算出其含量, 结果发现: 样品中 87.5%符合标准, 品牌膨化食品铝含量较低, 不合格产品为散装的膨化食品, 含量范围 71.11~118.9 mg/kg。袁秀娟等^[25]采集了 2010~2012 年宁夏油炸食品、粉丝(粉条)、馒头及饼子、挂面等样品, 按 GB/T 5009.182-2003 方法进行检测, 检测结果按 GB 2762-2005 进行评价。结果检测 4 类食品 204 份, 超标 49 份, 超标率为 24.02%。各年度的超标率差异无统计学意义($\chi^2=0.369, P=0.832$)。原州区超标率最高为 33.33%, 油炸食品超标率最高为 32.20%, 粉丝(粉条)超标率为 26.56%。宁夏部分食品中铝超标率较高, 尤其是油炸食品和粉条(粉丝), 滥用含铝疏松剂是超标的主要原因。

3.2 茶叶中铝含量

陈文军等^[26]检测的 30 种茶饮料中铝的浓度为 0~1.3157 mg/L, 以每人每天喝一瓶茶饮料计, 通过喝茶饮料摄入的铝为 0~0.6579mg, 长期大量饮用茶饮料, 有可能成为潜隐的铝中毒来源。张捷莉等^[27]检测的花茶中铝含量为 502.7~915.9 mg/kg, 苦丁茶 717.9~930.0 mg/kg, 红茶 1625~1811.5 mg/kg。

3.3 蜜饯果脯中铝含量

郇晓华等^[28]在部分超市、批发市场随机抽取果脯样品, 用电感耦合等离子体质谱法测定铝含量。从超市采集的果脯铝含量在 0.21~9.25 mg/kg 之间; 批发市场采集的果脯铝含量在 3.10~851.00 mg/kg 之间, 有近 50%的果脯铝含量在 60.00~851.00 mg/kg 之间。陈美春等^[29]对部分市场上销售蜜饯进行抽样检测, 采用等离子发射光谱仪(inductively coupled plasma atomic emission spectrometry, ICP-AES)法对蜜饯食品进行铝元素分析测试, 并进行风险评估。抽样送检 30 批次的市售蜜饯食品中, 蜜饯铝检出率为 86.7%, 含量最高值为 236 mg/kg, 超过 100 mg/kg 的有 7 批次, 占 23.3%。

3.4 水产品中铝含量

张双灵等^[30]通过对食品中铝的存在情况、铝的毒

性、含铝食品添加剂明矾在水产品中应用状况进行了综述, 并阐明水产品中铝的安全性状况。严华等^[31]应用化学连续萃取法结合电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)对紫菜中铝的存在形态进行了初步研究, 并对紫菜中铝食用安全性进行了评价。所测 30 份紫菜样品中铝的总含量范围为 74.3 ~1479 mg/kg, 紫菜中铝的形态存在难溶态 > 有机态 > 无机态 > 水溶性游离态的分布规律。约 75%的铝以难溶态存在。可溶态的铝主要以有机铝的形态存在, 有机铝占总可溶态铝的 72%左右。无机铝主要以 $Al(OH)_3$ 的形态存在, 水溶性游离态铝占无机铝的 18.5%。通过模拟胃肠消化环境测定紫菜中铝的溶出率, 结果表明, 模拟胃液可溶出的铝占总铝的 1.38%~6.80%, 说明大部分铝在人体消化过程中不易溶出, 对人体的潜在危害并不大。

3.5 猪肉和皮蛋中铝含量

何晋浙等^[32]采用 ICP-AES 法分别对超市及菜场的 9 种标注“无铅工艺”皮蛋和 8 种未标注“无铅工艺”皮蛋的蛋白与蛋黄进行 7 种重金属元素铅、铜、铬、汞、铝、镉、砷的检测, 其检出限为 0.90~37.20 ng/mL, 回收率为 91.9%~110.1%。研究表明: 皮蛋中普遍都含有以上 7 种重金属元素。焦燕妮等^[33]采用微波消解进行样品前处理, 电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)作为分析测试方法, 同时测定了山东地区市售 20 份鲜肉中铝, 铝的最高检出值为 60 mg/kg, 未发现违法添加明矾的情况。

3.6 婴幼儿食品中铝含量

赵学良等^[34]应用原子吸收光谱法测定母乳、牛奶、奶粉及不同喂养方式婴儿血清中锌、铜、铁及铬含量。母乳中锌、铜、铁含量均较牛奶丰富, 铬含量低于牛奶; 奶粉中锌、铜、铁含量高于牛奶, 与母乳无显著差异, 铝含量高于牛奶。母乳、牛奶及奶粉喂养的贫血患儿血清铬含量无显著差异, 均明显低于铝中毒的血清铝水平。左磊等^[35]采集的 40 份婴幼儿食品均有铝检出, 检出量最低 1.13 mg/kg, 最高 20.68 mg/kg。张榕杰等^[36]认为婴幼儿食品中奶粉中铝的残留量较少, 均在 < 0.075 mg/kg~6.90 mg/kg。但部分品牌米粉和大部分鱼泥、蔬菜泥、肉酥的铝含量却不容乐观, 还有部分面条、磨牙饼干的铝含量更高。

3.7 粮谷、蔬菜中铝含量

王惠琴等^[37]采用微波消解样品, 铬天青 S 分光光度法测定铝含量, 测定结果为黄豆 13.8 mg/kg, 玉米 14.5 mg/kg, 糙米 21.2 mg/kg, 红豆 34.6 mg/kg。汤秀梅等^[38]对滇池附近的白菜、芥蓝、小青菜、韭菜和萝卜叶 5 种蔬菜中的钙、铝元素进行分析, 研究其形态存在规律、分布状况, 有助于对植物进行营养诊断, 帮助人们的膳食, 为疾病中钙、铝元素的判断提供依据。

4 展 望

大量资料表明^[39-51]铝是人类潜在的神经毒物, 过量摄入铝会影响人的学习记忆智力, 可能引起老年性痴呆等多种神经系统病变为主的疾病。应严格控制食品中铝盐添加剂, 建议消费者食物多样化, 尽量减少面及面制品中含铝较高的油炸食品(油条、油饼)和淀粉类制品(粉条、粉丝), 改变以面食为主的生活习惯, 要以米面、蔬菜、禽蛋、水果和肉食等多种食物混合饮食, 尽量减少铝的过多摄入, 以降低铝带来的健康风险。我国食品添加剂列表中允许添加的含铝食品添加剂都是经过反复试验和论证, 确实是安全可靠的, 只要严格按国家规定使用, 不会对消费者的健康安全造成威胁。

参考文献

- [1] 马森. 铝的生物毒性作用及食品卫生[J]. 南平师专学报, 2004, 23(4): 9-12.
Ma S. Biological toxicity and hygienical status in food on aluminum [J]. J Nanping Teacher's Coll, 2004, 23(4): 9-12.
- [2] 杨文友. 铝害于动植物源性食品安全[J]. 中国国境卫生检疫杂志, 2007, 30(5): 319-327.
Yang WY. Aluminum damage for animal and vegetable sources of food safety [J]. Chin Frontier Health Quar, 2007, 30(5): 319-327.
- [3] 贺婷婷. 浅谈铝与人体健康的关系[J]. 微量元素与健康, 2013, 30(2): 70-71.
He TT. Relationship between aluminum and human health [J]. Studies Trace Elements Health, 2013, 30(2): 70-71.
- [4] 甘莲蓬, 赵康马, 林云, 等. 食品中的铝与人体健康的分析[J]. 中国食品添加剂, 2010, 20(6): 183-186.
Gan LL, Zhao KM, Lin Y, et al. The study of the effect of aluminum in food on human health [J]. China Food Addit, 2010, 20(6): 183-186.
- [5] 尚德荣, 宋烽, 许玉艳, 等. 食品中铝的风险评估研究进展[J]. 中国渔业质量与标准, 2013, 3(1): 6-13.
Shang DR, Song Z, Xu YY, et al. Research progress in risk assessment of aluminum in food [J]. Chin Fishery Qual Standa, 2013, 3(1): 6-13.
- [6] 褚洪达, 王继先, 陈如松, 等. 中国人食品中元素浓度和膳食摄入量研究[J]. 中国放射医学与防护杂志, 2000, 20(6): 378-384.
Zhu HD, Wang JX, Chen RS, et al. Food concentrations and dietary intakes of elements for Chinese [J]. Chin J Radiol Med Prot, 2000, 20(6): 378-384.
- [7] GB 2760-2014 食品安全国家标准 食品添加剂使用标准[S].
GB 2760-2014 National food safety standards-Standard for food additives [S].
- [8] WHO. Global environment monitoring system-food contamination monitoring and assessment programme(GEMS/Food)[R]. Geneva: WHO, 2010.
- [9] 张磊. 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.
Zhang L. Comparison on intake status of harmful elements between China and some developed countries [J]. J Hyg Res, 2003, 32(3): 268-271.
- [10] 吴时敏. 煎炸用油和油炸食品的质量安全问题及对策[J]. 食品科学技术学报, 2015, 33(1): 6-12.
Wu SM. Quality and safety issues and countermeasures for frying oils and fried foods [J]. J Food Sci Technol, 2015, 33(1): 6-12.
- [11] 王玉明, 薛利新. 甘肃农村不同年龄段人群主要食物中铝的暴露量研究[J]. 疾病预防控制通报, 2014, 29(1): 44-46.
Wang YM, Xue LX. Exposure of aluminum in the main foods of different age groups in rural areas of Gansu [J]. Bull Dis Control Prev, 2014, 29(1): 44-46.
- [12] 陈建军, 杨双喜, 杨庆荣, 等. 铝对人类健康的影响及相关食品安全问题研究进展[J]. 中国卫生检验杂志, 2007, 17(7): 1326-1329.
Chen JJ, Yang SX, Yang QR, et al. Research Progress on the effects of aluminum on human health and related food safety [J]. Chin J Health Lab Technol, 2007, 17(7): 1326-1329.
- [13] 张本忠, 高小玲, 吴德生. 铝对大鼠胚胎生长发育毒性的体外实验研究[J]. 中国公共卫生, 2002, 18(12): 1431-1432.
Zhang BZ, Gao XL, Wu DS. Experimental study on effect of aluminum on rat's embryonic development *in vitro* [J]. China Public Health, 2002, 18(12): 1431-1432.
- [14] 梁峰. 铝与人类疾病研究现状[J]. 微量元素与健康研究, 2006, 23(1): 64-66.
Liang F. Current status of aluminum and human diseases [J]. Studies Trace Elements Health, 2006, 23(1): 64-66.
- [15] 赵长安, 王淑秀, 李恩, 等. 慢性铅染毒大鼠脑及其雌激素受体的变化[J]. 卫生毒理学杂志, 2003, 17(3): 139-142.
Zhao CA, Wang SX, Li E, et al. Changes of both brain tissue and its estrogen receptors in chronic aluminum-poisoning rats [J]. J Toxicol, 2003, 17(3): 139-142.
- [16] 黄国伟, 康静, 张文治, 等. 铝对体外人胚大脑神经细胞毒作用的研究[J]. 中华预防医学杂志, 2000, 34(2): 106-108.
Huang GW, Kang J, Zhang WZ, et al. Study on the toxic effect of aluminum on brain cells of human embryonic brain *in vitro* [J]. Chin J Prev Med, 2000, 34(2): 106-108.
- [17] 王劲. 铝的生物学作用研究概况[J]. 卫生研究, 2002, 31(4): 320-322.
Wang J. Biological effects of aluminium [J]. Health Res, 2002, 31(4): 320-322.
- [18] 王子云, 詹秀环. 铝的污染与危害[J]. 周口师范学院学报, 2004, 21(2): 65-67.
Wang ZY, Zhan XH. Pollution and damage of aluminum [J]. J Zhoukou Normal Univ, 2004, 21(2): 65-67.
- [19] 肖祥希, 刘星辉, 杨宗武, 等. 植物铝毒害研究进展[J]. 福建林业科技, 2004, 31(4): 94-99.
Xiao XX, Liu XH, Yang ZW, et al. Advances in research on plant aluminum toxicity [J]. Fujian Forestry Sci Technol 2004, 31(4): 94-99.
- [20] 钟才云, 王颖明, 谢慧文, 等. 南京市居民铝摄入量研究[J]. 南京医科大学学报(中文版), 1996, 16(1): 50-53.
Zhong CY, Wang YM, Xie HW, et al. Study on aluminum intake of residents in Nanjing city [J]. J Nanjing Med Univ (Chin Ed), 1996, 16(1): 50-53.
- [21] 芦丹, 刘小兵. 2009年北京市昌平区食品中铅、镉和铝污染状况分析[J]. 现代预防医学, 2011, 38(4): 854-856.
Lu D, Liu XB. Analysis of food pollutant surveillance concerning lead, cadmium and aluminum in Changping district of Beijing in 2009 [J]. Mod Prev Med, 2011, 38(4): 854-856.

- [22] 朱宣辑, 陈秋丽, 胡贺文, 等. 吉林省 2010-2012 年面食食品中铝残留量调查分析[J]. 公共卫生与预防医学, 2014, 25(1): 22-24.
Zhu XJ, Chen QL, Hu HW, *et al.* Investigation on aluminum residues of 409 flour products in Jilin province (2010-2012) [J]. J Public Health Prev, 2014, 25(1): 22-24.
- [23] 吴丽明, 张慧敏, 黄薇, 等. 深圳市面制食品中铝含量监测结果[J]. 职业与健康, 2010, 26(19): 2202-2204.
Wu LM, Zhang HM, Huang W, *et al.* Monitoring results of aluminum contents in flour products in Shenzhen city [J]. Occup Health, 2010, 26(19): 2202-2204.
- [24] 孙伟, 梁光远, 吴晓晖, 等. 膨化食品中铝含量的测定与研究[J]. 杭州师范大学学报(自然科学版), 2014, 13(1): 60-62.
Sun W, Liang GY, Wu XH, *et al.* Determination and Research of Aluminium Content in Puffed Food [J]. J Hangzhou Normal Univ (Sci Nat), 2014, 13 (1): 60-62.
- [25] 袁秀娟, 高洁, 舒学军, 等. 2010-2012 年宁夏食品中铝含量的调查[J]. 宁夏医科大学学报, 2014, 36(6): 708-709.
Yuan XJ, Gao J, Shu XJ, *et al.* Investigation on the content of aluminum in Ningxia food 2010-2012 [J]. J Ningxia Med Univ, 2014, 36(6): 708-709.
- [26] 陈文军, 张海燕, 郭铭勇, 等. 茶叶中氟、铝含量的测定[J]. 中国卫生检验杂志, 2003, 13(4): 462-464.
Chen WJ, Zhang HY, Guo MY, *et al.* Determination of fluoride and aluminum in tea [J]. Chin J Health Lab Technol, 2003, 13(4): 462-464.
- [27] 张捷莉, 王春光, 苑蕾, 等. 几种茶叶中铝含量的测定[J]. 食品科学, 2006, 27(12): 688-690.
Zhang JL, Wang CG, Yuan L, *et al.* Determination of aluminium content in several tea [J]. Food Sci, 2006, 27(12): 688-690.
- [28] 邹晓华, 王军, 马晓晖, 等. 用电感耦合等离子体质谱法测定果脯中铝的结果分析[J]. 医学动物防制, 2014, 30(9): 1056-1057.
Zou XH, Wang J, Ma XH, *et al.* Results analysis of inductively coupled plasma mass spectrometry determination on aluminum in preserved fruit [J]. J Med Pest Control, 2014, 30(9): 1056-1057.
- [29] 陈美春, 孙亮, 林舒忆. 蜜饯食品中铝污染水平的风险评估[J]. 中国食物与营养, 2010, (10): 13-15.
Chen MC, Sun L, Lin SY. Risk evaluation of pollution level of aluminum in glaze fruit [J]. Food Nutr China, 2010, (10): 13-15.
- [30] 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.
Zhang SL, Zhou DQ. Safety supervision and early warning of aluminum in aquatic products [J]. Food Sci, 2004, 25(11): 240-244.
- [31] 严华, 黄东仁, 陈火荣, 等. 坛紫菜中铝的形态分析及风险性评价[J]. 水产学报, 2011, 35(6): 918-923.
Yan H, Huang DR, Chen HR, *et al.* Speciation analysis and health risk assessment of aluminum in *Porphyra haitanensis* [J]. J Fish China, 2011, 35(6): 918-923.
- [32] 何晋浙, 毛焱杰, 史秀之, 等. 皮蛋中重金属元素的潜在风险评估[J]. 浙江工业大学学报, 2015, 43(1): 77-82.
He JZ, Mao YJ, Shi XZ, *et al.* Potential risk assessment of heavy metal elements in preserved egg [J]. J Zhejiang Univ Technol, 2015, 43(1): 77-82.
- [33] 焦燕妮, 杨路平, 王国玲, 等. 电感耦合等离子体质谱法同时测定猪肉中的硼和铝[J]. 中国卫生检验杂志, 2011, 21(7): 1635-1636.
Jiao YN, Yang LP, Wang GL, *et al.* Determination of B and Al in pork by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) [J]. Chin J Health Lab Technol, 2011, 21(7): 1635-1636.
- [34] 赵学良, 莫秀芬, 吕建莉. 不同婴儿食品铝含量的测定[J]. 白求恩医科大学学报, 1995, 21(6): 599-600.
Zhao XL, Mo XF, Lv JL. Determination of aluminum content in different baby food [J]. J Bethune Med Univ Sci, 1995, 21(6): 599-600.
- [35] 左磊, 周峰, 解泽华. 婴幼儿食品铝含量测定[J]. 首都公共卫生, 2014, 8(5): 228-229.
Zuo L, Zhou F, Xie ZH. Determination of aluminium levels in infant foods [J]. Capital J Public Health, 2014, 8(5): 228-229.
- [36] 张榕杰, 王谢, 刘红丽, 等. 婴幼儿食品中铝含量的 ICP-MS 法测定[J]. 中国卫生检验杂志, 2014, 24(24): 3525-3527.
Zhang RJ, Wang X, Liu HL, *et al.* Determination of aluminum in infant food by ICP-MS [J]. Chin J Health Lab Technol, 2014, 24(24): 3525-3527.
- [37] 王惠琴, 马小林, 林太凤. 玉米和豆类食品中铝含量的测定及影响因素探讨[J]. 中国卫生检验杂志, 2009, 19(3): 519-521.
Wang HQ, Ma XL, Lin TF. Determination of aluminum corn and bean food sand research on influence factor [J]. Chin J Health Lab Technol, 2009, 19(3): 519-521.
- [38] 汤秀梅, 李崇宗, 尹家元, 等. 蔬菜中钙铝元素存在形态分析[J]. 微量元素与健康研究, 2001, 18(4): 49-50.
Tang XM, Li CZ, Yin JY, *et al.* Speciation analysis of calcium and aluminum in vegetables [J]. Studies Trace Elements Health, 2001, 18(4): 49-50.
- [39] 马森. 南平地区若干食品和饮水中铝含量的检测[J]. 南平师专学报, 2007, 26(2): 30-32.
Ma S. Detection of aluminum content in food and drinking water in Nanping area [J]. J Nanping Teacher's Coll, 2007, 26(2): 30-32.
- [40] 周章轩, 周洲, 吴洪利, 等. 食品中铝的监测结果分析与控制措施[J]. 中国卫生检验杂志, 2013, 23(5): 1286-1288.
Zhou ZX, Zhou Z, Wu HL, *et al.* Analysis of aluminum content in food [J]. Chin J Health Lab Technol, 2013, 23(5): 1286-1288.
- [41] 梁雪金. 全国部分城市 11 类食品中铝含量分析[J]. 医学动物防制, 2014, 30(7): 731-735.
Liang XJ. Analysis of aluminum content in 11 kinds of food in the cities of China [J]. J Med Pest Control, 2014, 30(7): 731-735.
- [42] 胡贺文, 郭英, 于丹, 等. 2010-2012 年 382 份淀粉类食品中铝残留量调查分析[J]. 现代预防医学, 2015, 42(1): 41-43.
Hu HW, Guo Y, Yu D, *et al.* Investigation and analysis of aluminum residues from 382 starch products, 2010-2012 [J]. Mod Prev Med, 2015, 42(1): 41-43.
- [43] 付鹏钰, 张书芳, 周昇昇, 等. 2010 年河南省部分食品中食品添加剂使用状况分析[J]. 现代预防医学, 2014, 41(23): 4267-4268.
Fu PY, Zhang SF, Zhou SS, *et al.* Food additives use in food in Henan province in 2010 [J]. Mod Prev Med, 2014, 41(23): 4267-4268.
- [44] 陈红, 朱蓉, 谯斌宗, 等. 2013 年 325 份面粉制品和淀粉制品中铝残留的风险监测研究[J]. 中国卫生检验杂志, 2015, 25(2): 255-257.
Chen H, Zhu R, Qiao BZ, *et al.* Surveillance and research on aluminum residues in 325 samples of flour and starch food in 2013 [J]. Chin J Health Lab Technol, 2015, 25(2): 255-257.
- [45] 沈向红, 吴平谷, 汤懿, 等. 2006 年-2010 年浙江省粮食制品中铝变化趋势及暴露评估[J]. 中国卫生检验杂志, 2013, 23(3): 759-761.
Shen XH, Wu PG, Tang J, *et al.* Variation trend and exposure assessment

- of aluminium in cereal products in Zhejiang province from 2006 to 2010 [J]. *Chin J Health Lab Technol*, 2013, 23(3): 759–761.
- [46] 陈思俊, 杨梅, 吴慧平, 等. 深圳市居民主食中铝暴露情况调查[J]. *中国热带医学*, 2013, 13(12): 1477–1479.
Chen SJ, Yang M, Wu HP, *et al.* Assessment of dietary exposure of residents in Shenzhen to aluminium [J]. *China Trop Med*, 2013, 13(12): 1477–1479.
- [47] 郑新. 铝对人体健康的影响及食品中铝含量的测定[J]. *重庆科技学院学报: 自然科学版*, 2007, 9(1): 36–37.
Zheng X. Effects of aluminum on human health and determination of aluminum in food [J]. *J Chongqing Univ Sci Technol (Nat Sci Ed)*, 2007, 9(1): 36–37
- [48] 何宗莉. 重庆市西部地区油炸小食品铝含量检测分析[J]. *预防医学情报杂志*, 2014, 30(9): 764–767.
He ZL. Detection and analysis of aluminum content in fried small food in the west of Chongqing city [J]. *J Prev Med Inf*, 2014, 30(9): 764–767.
- [49] 陈和春. 油炸制品中铝含量的监测分析[J]. *中国卫生产业*, 2014, 11: 154–155.
Chen HC. Monitoring and analysis of aluminum content in fried products [J]. *Chin Health Ind*, 2014, 11: 154–155
- [50] 胡凯凌, 赵东设, 陈艳艳, 等. 鹿城区油炸面食早餐食品中铝含量调查[J]. *浙江预防医学*, 2014, 26(7): 726–729.
- Hu KL, Zhao DS, Chen YY, *et al.* An investigation on the aluminum content in the food of fried noodles in Lucheng district [J]. *Zhejiang Prev Med*, 2014, 26(7): 726–729.
- [51] 张加玲, 刘桂英. 铝对人体的危害-铝的来源及测定方法研究进展[J]. *临床医学实践杂志*, 2005, 14(1): 3–6.
Zhang JL, Liu GY. Progress in the research on the source and determination of aluminum in the human body [J]. *J Clin Med Prac*, 2005, 14(1): 3–6.

(责任编辑: 杨翠娜)

作者简介



李 青, 主任技师, 主要从事理化检验工作。

E-mail: liqingjlcc@163.com



方赤光, 主任技师, 主要从事实验室管理和卫生检验工作。

E-mail: fangcdc@163.com