

DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20240805001

餐饮食品中铝的来源、控制措施及其在食品安全抽检中的问题分析

马怡童, 吴 迪, 张伟清, 刘慧锦, 王海燕*

(中国食品药品检定研究院, 北京 100050)

摘 要: 餐饮食品是指通过即时加工制作、商业销售提供给消费者的一类食品。在全国各级市场监管部门组织的食品安全抽检中, 餐饮食品中铝残留问题较多, 受到人们的重视。铝是自然界中广泛存在的一种元素, 但并非人体必需的微量元素, 人体摄入过多的铝会对身体造成不可逆的损伤, 而通过餐饮食品摄入铝是最主要的途径之一。另外, 我国目前广泛使用的食品添加剂标准不能很好地满足餐饮食品中铝的抽检监测, 给实际的抽检监测工作增加困难。因此, 本文对餐饮食品中铝的来源、控制措施等进行总结, 对我国在餐饮食品安全抽检监测铝时存在的问题进行分析并提出改进建议, 为餐饮食品的监管提供思路, 同时为保障餐饮食品的安全和促进餐饮行业的健康发展提供参考。

关键词: 餐饮食品; 铝; 来源; 控制措施; 监管

Sources and control measures of aluminum in catering food and analysis of issues in food safety sampling inspection

MA Yi-Tong, WU Di, ZHANG Wei-Qing, LIU Hui-Jin, WANG Hai-Yan*

(National Institutes for Food and Drug Control, Beijing 100050, China)

ABSTRACT: Catering food refers to a type of food that is prepared through immediate processing and commercially sold to consumers. In the food safety sampling inspection organized by the market supervision departments at all levels in the country, there are many problems of excessive aluminum in catering food, which have attracted people's attention. Aluminum is a widely existing element in nature, but it is not a necessary trace element for human body. Excessive intake of aluminum in the human body can cause irreversible damage, and consuming aluminum through catering food is one of the main ways. In addition, At present, the widely used food additive standards in China currently cannot meet the sampling and monitoring of aluminum in catering food well, which adds difficulties to the actual sampling monitoring work. Therefore, this paper summarized the sources, control measures and of aluminum in catering food, analyzed the problems existing in the spot check and monitoring of aluminum in catering food safety in China and put forward suggestions for improvement, providing ideas for the supervision of catering food, and providing reference for ensuring the safety of catering food and promoting the healthy development of catering industry.

KEY WORDS: catering food; aluminium; source; control measures; supervision

*通信作者: 王海燕, 博士, 研究员, 主要研究方向为食品安全检验检测。E-mail: summerwhy163@163.com

*Corresponding author: WANG Hai-Yan, Ph.D, Professor, National Institutes for Food and Drug Control, No.2, Tiantan Xili, Dongcheng District, Beijing 100050, China. E-mail: summerwhy163@163.com

0 引言

餐饮食品是指通过即时加工制作、商业销售提供给消费者的一类食品,其原料复杂多样,且无需标注相应的原料、配方和工艺等。在国家食品安全抽检中,餐饮食品不合格问题较为突出,国家市场监管总局发布的数据显示,2021—2023 年全国 34 大类食品监督抽检合格率在 97%左右,其中,餐饮食品的合格率在 91%~94%之间,低于整体水平,另外,根据其公布的详细不合格样品信息显示(餐饮具除外),问题项目大多为面制品中的铝残留。

铝是自然界中广泛存在的一种元素,但并非人体必需的微量元素,人体蓄积过多的铝,会影响钙、铁等成分的吸收,从而导致骨质疏松和贫血等,甚至影响大脑神经细胞发育,抑制体内抗氧化系统,引起消化系统功能异常,与人类阿尔茨海默病、高血压、糖尿病等多种疾病有关^[1-6]。早在 1989 年,联合国粮食及农业组织/世界卫生组织(Food and Agriculture Organization/World Health Organization, FAO/WHO)正式将铝列为食品污染物,并将人体每周耐受摄入量(provisional tolerable weekly intake, PTWI)定为 7.0 mg/(kg·bw),后经过多次安全评估,在 2008 年,欧洲食品安全局(European Food Safety Authority, EFSA)将 PTWI 定为 1.0 mg/(kg·bw)^[7-8]。2011 年,根据新的毒理学试验,FAO/WHO 食品添加剂联合专家委员会(Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, JECFA)将 PTWI 调整为 2.0 mg/(kg·bw)^[9]。

通过餐饮食品摄入铝是人体内铝来源的主要途径,铝严重危害人体健康,也逐渐引起了人们的重视。因餐饮食品在生产销售环节、加工工艺以及包装等方面区别于工业加工品,其多为餐饮环节的现制现售食品,不需要包装,也无需标注配方和工艺等,无法明确铝的含量,且餐饮从业人员多为凭经验制作菜肴,对食物本底铝含量以及含铝食品添加剂的使用等没有明确的认识和判断,容易导致铝残留量高,造成潜在的食品安全风险,因此,对餐饮食品中铝的来源及其控制措施进行分析尤为重要。除此之外,餐饮食品中铝残留限量标准的缺乏,给实际监督抽检和监管增加难度。综上,本文对餐饮食品中铝的来源、控制措施等方面进行分析,并为餐饮食品的监管以及标准制定等方面提供建议,以保障餐饮食品的安全,促进餐饮行业的健康发展。

1 餐饮食品中铝的来源

1.1 食物本底

食物中存在一定的铝本底值,主要来自食物原料从自然界中富集的铝,袁邦群等^[10]通过检测 60 份粮食发现水稻、小麦、大豆中铝的检出率为 100%,玉米检出率为

91%,检出值范围在 1.1~64.0 mg/kg 之间。不同食物中铝含量存在较大差别,王林等^[11]从全国各地选取了不同品种食品检测其铝含量,结果表明,铝含量从高到低依次为:干豆类>粮谷类>蔬菜、水果类;另外,王林等^[11]、徐格晟等^[12]对不同肉类、鱼类铝含量检测发现,其含量在 1.7 mg/kg 左右,表明植物性食品铝含量高于动物性食品;而王晓威等^[13]研究结果与此不同,采用电感耦合等离子体质谱法测定 587 份样本铝含量,发现动物性食品铝检出率为 77.63%,均值为 21.82 mg/kg,显著高于植物性食品铝的检出率(55.05%)和均值(12.912 mg/kg),且家畜、水生动物生肝和肾中铝的检出率明显高于畜禽肉、蛋中铝的检测率;存在以上差异的原因可能是王晓威等抽检的动物性食品原料中内脏所占比例较高,而内脏铝含量明显高于纯畜禽肉。另外,有研究表明,茶叶中铝含量较高,但其溶出率及利用率较低,因此,每日一次饮茶对人体影响较小^[14-15]。虽然原料中含有部分铝本底值,但是随着原料的进一步加工,铝含量也会有所降低,且这些天然食物并不是餐饮食品中铝的主要来源。

1.2 含铝食品添加剂

随着食品工业的发展,含铝食品添加剂(如硫酸铝钾、硫酸铝铵等)广泛应用于各类餐饮食品(如面制品、淀粉制品、腌制水产品、焙烤食品等)中。

在油炸面制品(如油条、油饼、麻花)制作过程中,为了达到更加蓬松、酥脆口感,往往会超量添加含铝添加剂,从而导致其铝含量较高^[16]。陈晓琨等^[17]对 2017—2019 年采集的油条样本 105 份进行铝含量监测,铝检出率为 94.29%,超标率为 40.95%,最高含量达 1340 mg/kg。其中,农贸市场样本的铝超标情况最为严重,其次为街头摊点和小型餐饮店。金文华等^[18]对上海市浦东新区 45 家餐饮点(有证及无证)油条中含铝添加剂使用情况进行调查,其 30 件样品不合格率为 100%,残留值在 250~732 mg/kg。何军等^[19]对抚州市临川区街头流动餐点的早餐面制品进行检测,发现其铝含量超标率为 65.7%,其中油炸面制食品铝含量超标率为 93.3%,均超过 1000 mg/kg。可见,全国各地餐饮食品中的油炸面制品中铝残留量较高。

发酵面制品(如包子、馒头等)、生湿面制品(如鲜面条、饺子皮等)也存在铝含量过高的问题,如袁利杰等^[20]对 2016—2017 年河南省餐饮食品中铝的污染状况进行分析评价,发现发酵面制品中铝的检出率为 100.0%,超标率为 40.0%,表明发酵面制品中使用含铝添加剂现象较普遍。杨积军等^[21]对广西面制食品铝残留量情况进行监测,发现餐饮环节的小麦粉制品(自制)(包含发酵面制品、生湿面制品等)铝残留量仅次于油炸面制品。另外,还有很多研究表明餐饮食品面制品中铝残留量较高^[22-25]。

除了面制品,淀粉制品(如粉丝、粉条)和腌制水产品(海蜇)因加工需要,也可能存在超限量使用含铝食品添加剂

剂的现象, 从而造成铝残留问题, 而焙烤食品(如糕点、饼干)铝残留量相对较低^[26-28]。

从以上各类餐饮食品中铝超标的检出值来看, 很多都远远大于食物的本底值或者标准允许的添加量, 表明在餐饮加工过程中, 存在超范围、超限量使用含铝食品添加剂的行为, 这也是餐饮食品中铝的主要来源。

1.3 烹饪所用铝制炊具

铝制炊具和容器, 如铝锅、铝盆、铝箔纸也是餐饮食品中铝的来源之一, 研究表明, 铝溶出量与炊具的材质、烧煮物质的特性、浓度、烧煮时间及在这些容器中的放置时间等密切相关^[29-33]。有研究发现, 不同厂家的铝锅材质不同, 其铝溶出量存在显著差异; 同种铝炊具在酸性介质中的铝溶出量最大, 盐性介质中的铝溶出量也较高, 分别比水中增大 20 倍以上、10 倍以上; 且铝溶出量随烧煮时间延长而增加, 当煮沸 30 min 时, 铝溶出量达到原饮用水铝含量的百倍到千倍^[34]。另外, 不同质量浓度模拟液、不同存放时间下, 铝溶出量也有显著性差异。有研究还发现, 无论是植物蛋白还是动物蛋白均较易与铝结合, 而碳水化合物则较弱^[35]。采用铝箔包裹烹饪海鲜类时, 铝也会有少量的溶出, 可能与海鲜的高蛋白有关^[36-37]。

1.4 其他来源

餐饮食品中铝还会受到其他因素的影响, 如烹饪用水或饮用水, 一方面由于工业排放、环境污染、酸雨等会使土壤中铝溶出, 造成水体铝污染, 另一方面由于铝盐常作为凝结剂去除水中的颜色, 改善其浊度^[38-39], 会造成少量的铝残留。除此之外, 部分原料的农兽药残留、部分铝罐饮料等也可能造成铝残留。

2 餐饮食品中铝的控制措施

2.1 食物本底中铝含量的控制

餐饮食品原料大多为农副产品, 其食物本底中铝含量在一定程度上影响餐饮食品整体的铝残留量, 其铝含量控制措施主要有: (1)加强工业废水、废气排放的监管, 避免农作物受到土壤和水源污染。若发现土壤铝含量过高, 应及时采取土壤改良措施如添加有机肥等调节土壤的酸碱度, 降低植物对铝的吸收, 水源中铝含量过高可采用过滤、沉降等方法降低水中的铝含量; (2)餐饮单位应从正规厂家、正规渠道购买所需的食品原料, 并对原料中铝含量进行必要的监测和控制, 同时记录好来源信息, 方便溯源; (3)科研人员应加强对不同地区、多种原料中铝本底值的研究汇总^[40], 为餐饮食品抽检中判定是本底值还是后续添加提供科学的数据依据。

2.2 使用含铝食品添加剂的控制

超范围、超限量使用含铝添加剂, 是餐饮食品及人体

中铝的主要来源之一。而含铝食品添加剂超范围、超限量使用的原因主要有两方面, (1)部分餐饮从业人员不了解或不重视铝的添加剂标准, 不了解允许添加含铝食品添加剂的食物种类, 且在烹饪食品时, 没有定量添加, 只是根据经验估算大致添加量; (2)部分商家为达到不法目的, 过度追求商业利益, 超限量超范围使用食品添加剂。

基于以上原因, 铝含量的控制措施主要有:

作为餐饮从业人员, (1)要主动加强对食品安全相关标准和法律法规的认识和学习, 自觉遵守餐饮服务通用卫生规范, 提高自身素质, 诚信合法经营; (2)了解含铝食品添加剂的性能、使用方法和注意事项, 掌握适用的食品种类, 最大用量, 并严格精准计量, 避免超量使用; (3)从正规渠道购买符合国家标准含铝食品添加剂, 拒绝采购来源不明、标识不清或者质量可疑的食品添加剂。

作为监管食品安全相关部门, 应该充分发挥监督和引导作用: (1)对于餐饮从业人员不了解如何规范使用含铝食品添加剂的情况^[41], 需要通过多种途径如发放宣传手册、广播、公众号科普、电视科普等方式加强食品安全及餐饮相关标准条例的宣传; (2)建立健全的餐饮食品铝含量检测方法和限量标准, 加强餐饮食品安全监督抽检力度, 明确划分餐饮食品安全主体责任, 严厉打击超范围、超限量添加食品添加剂等行为, 同时在监管过程中也需要加强引导, 避免出现新的问题; (3)建议加强含铝食品添加剂的质量管理、标签管理, 严格控制含铝食品添加剂的审批, 明确其使用范围和添加量, 以提醒餐饮从业者按需添加。

作为科研人员, 需要在技术层面积极寻求新技术、新工艺的突破, 为降低含铝食品添加剂的使用提供技术支撑。 (1)如使用无铝的复合膨松剂代替含铝膨松剂^[42], 无铝复合膨松剂的主要成分为蓬松盐、蓬松酸和助剂。蓬松盐主要为碳酸氢钠, 其作用是产生 CO_2 气体, 蓬松酸主要为酸性盐或有机酸, 与碳酸盐发生反应, 进一步产生 CO_2 气体, 使食品产生蓬松结构, 同时中和食品的酸碱度, 改善口感。助剂主要是淀粉和食盐, 可以控制 CO_2 生成速度, 使食品产生均匀的蜂窝状结构, 目前较多专利和研究均致力于无铝复合膨松剂的研发工作, 并取得了一定的成效^[43-44]; (2)可采用酶制剂与酵母复合膨松剂用于油条的制作中, 避免了铝的残留^[45]; (3)除了化学手段, 建议研究无铝的物理加工技术来改善食品的质地和色泽, 如通过微波技术等改善食品的脆度。

作为消费者, 要认识到合法合规使用食品添加剂是安全的, 但也要充分了解过量摄入铝对人体的危害, 尽量不食用或少食用含铝量高的食品, 如油条、海蜇、粉条等, 提高自我保护意识。

2.3 使用烹饪所用铝制炊具的控制

作为餐饮从业人员或消费者, 有以下几点建议: (1)在

选用炊具时,尽量不购买和使用铝制炊具,更不能使用劣质的铝箔纸等材料加工食材;(2)不在铝制炊具中烹饪酸性、碱性和富含蛋白质的食物,但可以做米饭、面食等^[35],另外,尽量不在铝制炊具中长时间存放含水量高的食物;(3)在清洗炊具时,尽量选择温和的洗涤剂,且避免用钢丝球等刷蹭炊具表面,以防损伤,加剧铝的溶出。

作为科研人员,应积极研究开发绿色的涂层技术^[46],或者采用电化学方法等对炊具进行氧化处理,从而减少食物与炊具表面直接接触,降低铝的溶出。

2.4 其他措施

其他方面的控制措施如下:(1)对于烹任用水或饮用水污染方面,一是要增强环境保护意识,避免工业废水的乱排乱放;二是要改善饮用水处理工艺,如用铁盐代替铝盐等;(2)对于餐饮食品原料中农兽药的铝残留问题,首先要严格控制农兽药的使用量,避免多种农兽药的叠加使用,其次尽量使用不含铝成分的农兽药,降低铝残留;(3)除了控制餐饮食品中铝的来源,还建议研发铝类络合物等,通过络合物将铝排出体外,从而降低铝在人体的蓄积,减轻对人体的危害。

3 我国在餐饮食品安全抽检监测铝时存在的限量标准问题及改进建议

3.1 我国餐饮食品铝的相关标准和存在的问题

目前,各国关于食品中铝的限量标准各有差异,如加拿大卫生部批准在盐渍海蜇中使用硫酸铝钾,并规定限量为 11 mg/kg(以铝计)^[47]。美国食品药品监督管理局(Food and Drug Administration, FDA)规定,不允许食品制作时加入矾,但根据生产需要,允许适量添加硫酸铝钾、硫酸铝铵、硫酸铝钠等化合物。日本的食品添加剂使用标准,允许硫酸铝钾和硫酸铝铵按生产需要用于一切食品中(豆瓣酱除外),而且对铝的限量也没有要求。而波兰是少数的全面禁止使用含铝食品添加剂国家之一^[48]。我国现行的 GB 2760—2014《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》允许使用硫酸铝钾、硫酸铝铵,并规定腌制水产品(仅限海蜇)中铝的残留量应小于等于 500 mg/kg(干样品,以铝计);而豆类制品、面糊、裹粉、煎炸粉、油炸面制品、虾味片、焙烤食品残留量应小于等于 100 mg/kg(干样品,以铝计);粉丝、粉条中,铝的残留量应小于等于 200 mg/kg(干样品,以铝计)^[49]。

目前,在我国餐饮食品安全抽检监测过程中,对于铝残留的判定主要依据 GB 2760—2014 的有关规定,但在使用过程中,存在以下几个问题:(1)餐饮食品涉及到的食物种类较多,成分复杂,分类也较困难,同一种食物原料加工方式不同,可能就分属两种不同的类别,如油炸馒头属于发酵面制品还是油炸面制品仍存在争议,另外,很多地

方特色食品也难以准确的分类,这些问题均给检验结果的判定造成困难;(2)GB 2760—2014 主要适用于工业加工食品,而餐饮食品属于自制食品,其工艺和配方更灵活,与有稳定配方、规范工艺等经过工业生产的预包装食品有明显差别,其分类与 GB 2760—2014 的食品分类不匹配;(3)GB 2760—2014 中规定铝残留限量的食品类别有限,大部分食品类别均为未规定残留量,不能很好的覆盖所有餐饮食品类别,如消费量较大的发酵面制品,因面粉中存在一定的铝本底值,仅根据 GB 2760—2014 发酵面制品不得添加或不得检出含铝食品添加剂对其进行判定,很可能造成不合格,又因本底值的未知性,给抽检结果的判定以及后续的处罚等方面造成困扰。(4)GB 2760—2014 规范的是食品添加剂的使用行为,至于最终残留量则不在规范之内,即使小部分给出了残留限量,也只考虑了因使用硫酸铝钾、硫酸铝铵导致的残留问题,而没有考虑合成着色剂铝色淀等造成的铝残留问题和食品的总体铝残留限量值,因此不适用于餐饮食品中总体铝残留的判定。

3.2 建议

针对餐饮食品中铝的限量标准等相关问题,有以下几点建议:(1)深入研究餐饮食品涉及到的种类,广泛收集相关分类建议,规范餐饮食品的分类,对于易出错的食品类别进行认真讨论并给出明确的解释说明;(2)充分调研食品原料的本底值情况,特别是面粉、淀粉等,并对我国各类食品的消费量和风险暴露情况进行统计,针对餐饮食品不同类别中的铝制定完善的总体限量标准,做到有标准可依^[50];(3)标准出台之后,需对标准进行配套的解读,并通过培训等方式对公众进行必要的科普,方便餐饮食品从业人员更好地执行,在执行过程中发现问题及时修正;(4)建议针对特殊人群或高铝食品摄入人群,给出相应的营养建议,以减轻铝对人体的危害。

4 结束语

人体摄入过多的铝会对身体造成不可逆的损伤,而通过餐饮食品摄入铝是最主要的途径。餐饮食品中铝的来源主要有食物本底、含铝食品添加剂、使用铝制炊具以及部分烹任用水、农兽药残留等,其中含铝食品添加剂是最主要的来源。作为餐饮从业人员要充分了解铝的添加标准,并严格遵守相关要求,增强食品安全意识,不超限量、超范围使用食品添加剂,尽量不使用铝制炊具烹饪强酸性、强碱性或高蛋白的食物;作为监管食品安全相关部门,应该充分发挥监督和引导作用,做好食品安全及餐饮相关标准条例的宣传科普工作,严厉打击超范围、超限量添加食品添加剂等行为。另外,在我国餐饮食品安全抽检监测铝的过程中,还存在缺乏铝的限量标准等问题,目前所用的 GB 2760 添加剂标准并不能满足餐饮食品铝限量的要求,

一方面是有残留限量的食品类别有限, 另一方面, 只考虑因使用硫酸铝钾、硫酸铝铵导致的残留问题, 而没有规定食品的总体铝残留限量值, 基于以上问题, 建议有关部分充分调研多种食品原料的本底值情况, 针对餐饮食品制定完善的铝限量标准, 对于易出错的食品类别进行明确的解释, 对标准进行配套的解读, 并对公众进行必要的科普, 另外, 餐饮食品作为餐饮服务产业的核心, 不仅要在终端成品进行监督抽检, 在餐饮加工过程中的监管也必不可少, 而且应该加大在餐饮经营过程中的监管力度, 防患于未然。

参考文献

- [1] 陈世豪. 铝对人类健康的影响及相关食品安全问题研究进展[J]. 食品安全导刊, 2017(12): 34.
CHEN SH. Research progress on the effects of aluminum on human health and related food safety issues [J]. Chin Food Saf Magaz, 2017(12): 34.
- [2] YANG NW, ZANG LS, WANG S, *et al.* Biological pest management by predators and parasitoids in the greenhouse vegetables in China [J]. Biol Control, 2014, 68: 92–102.
- [3] 李青, 刘思洁, 方赤光. 食品中铝含量及其危害研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(1): 14–19.
LI Q, LIU SJ, FANG CG. Research progress on the content and harm of aluminum in food [J]. J Food Saf Qual, 2016, 7(1): 14–19.
- [4] WALTON JR. Chronic aluminum intake causes Alzheimer's disease: Applying sir austin bradford hill's causality criteria [J]. J Alzheimer's Dis, 2014, 40(4): 765–838.
- [5] 杨乐, 蒲云霞. 铝的毒性和膳食暴露评估研究进展[J]. 公共卫生与预防医学, 2020, 31(1): 118–122.
YANG L, PU YX. Advances in research on toxicity and dietary exposure of aluminum [J]. J Pub Health Prev Med, 2020, 31(1): 118–122.
- [6] 刘佳喜, 张立丰. 铝的毒性作用研究进展[J]. 现代预防医学, 2021, 48(5): 806–871.
LIU JX, ZHANG LF. Research progress on toxicity of aluminum [J]. Mod Prev Med, 2021, 48(5): 806–871.
- [7] 尹红娜, 郑纯宇, 张亚勋, 等. 河南省小麦和小麦粉中铝本底调查研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(23): 8906–8911.
YIN HN, ZHENG CY, ZHANG YX, *et al.* Investigation of aluminum background in wheat and wheat flour in Henan Province [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(23): 8906–8911.
- [8] 黄常刚, 梁高道, 谭慧. 武汉市面制食品中铝污染现状及膳食暴露评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(24): 6582–6585.
HUANG CG, LIANG GD, TAN H. Status of aluminum pollution and evaluation of dietary exposure in flour foods of Wuhan city [J]. J Food Saf Qual, 2018, 9(24): 6582–6585.
- [9] Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Evaluation of certain food additives and contaminants (Sixty-seventh report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) [R]. WHO Tech Rep Ser, 2011(966): 1–136.
- [10] 袁邦群, 胡铮璐, 王巧云, 等. ICP-MS 检测粮食中铝本底含量结果研究[J]. 农业科学, 2021, 4(3): 27–29.
YUAN BQ, HU ZR, WANG QY, *et al.* Study on the results of detecting aluminum background content in grain by ICP-MS [J]. Agric Sci, 2021, 4(3): 27–29.
- [11] 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.
WANG L, SU DZ, WANG YF, *et al.* Study on the maximum permitted levels of aluminium in wheat flour products [J]. Chin J Food Hyg, 1996, 8(2): 1–5.
- [12] 徐格晟, 金蓉培. 老年性痴呆与某些因素关系的初步探讨[J]. 中国公共卫生学报, 1993(3): 134–136.
XU GS, JIN RP. A preliminary study on the relationship between senile dementia and some factors [J]. Chin J Pub Health, 1993(3): 134–136.
- [13] 王晓威, 赵忠俊, 于明明, 等. 2014—2015 年潍坊市食品原料铝本底含量状况调查[J]. 中国城乡企业卫生, 2016(8): 56–58.
WANG XW, ZHAO ZJ, YU MM, *et al.* Investigation on the background value of aluminum in raw food materials in Weifang during 2014—2015 [J]. Chin J Urban Rural Enterp Hyg, 2016(8): 56–58.
- [14] 姚奋增, 高海荣, 刘晨, 等. 茶叶中铝、铅、砷、汞、铬、镉含量的分析及危害评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(1): 291–297.
YAO FZ, GAO HR, LIU C, *et al.* Analysis and hazard evaluation of aluminium, lead, arsenic, mercury, chromium and cadmium content in tea [J]. J Food Saf Qual, 2021, 12(1): 291–297.
- [15] LI LH, FU QL, ACHAL V, *et al.* A comparison of the potential health risk of aluminum and heavy metals in tea leaves and tea infusion of commercially available green tea in Jiangxi, China [J]. Environ Monit Assessment: An Int J, 2015, 187(5): 228.1–228.12.
- [16] 牛贵侠, 王振刚, 李爱英, 等. 陕西延安市安塞区市售面制品中铝含量测定结果分析[J]. 医学动物防制, 2017, 33(11): 1174–1176.
NIU GX, WANG ZG, LI AIY, *et al.* Investigation and analysis of aluminum content in commercial foods in Shaanxi Yanan Ansai District [J]. J Med Pest Control, 2017, 33(11): 1174–1176.
- [17] 陈晓珑, 韩琳. 2017—2019 年洛阳市市售油条铝含量调查分析[J]. 应用预防医学, 2021, 27(2): 131–133.
CHEN XL, HAN L. Investigation and analysis of aluminum content of fried dough sticks sold in Luoyang from 2017 to 2019 [J]. Appl Prev Med, 2021, 27(2): 131–133.
- [18] 金文华, 邢君. 上海市浦东新区油条中含铝添加剂使用情况调查[J]. 上海预防医学, 2013, 25(2): 92–94.
JIN WH, XING J. Investigation on the use of aluminum-containing additives in fried dough sticks in Pudong New Area, Shanghai [J]. Shanghai J Prev Med, 2013, 25(2): 92–94.
- [19] 何军, 黄志英. 早餐面制品中铝含量的检测与分析[J]. 实验与检验医学, 2016, 34(1): 106–108.
HE J, HUAGN ZY. Detection and analysis of aluminum content in breakfast noodles [J]. Exp Lab Med, 2016, 34(1): 106–108.
- [20] 袁利杰, 周楠, 刘颖, 等. 2016 年-2017 年河南省餐饮食品中铝的检测与评估[J]. 中国卫生检验杂志, 2019, 29(7): 870–874.
YUAN LJ, ZHOU N, LIU Y, *et al.* Investigation and evaluation of aluminum in restaurant food in Henan [J]. Chin J Health Lab Technol, 2019, 29(7): 870–874.
- [21] 杨积军, 陈莉, 吕春秋, 等. 广西面制食品铝残留量监测及人群暴露风险评估[J]. 实用预防医学, 2018, 25(2): 185–188.
YANG JJ, CHEN L, LV CQ, *et al.* Monitoring of aluminum residuals in flour products and exposure assessment among residents in Guangxi [J].

- Pract Prev Med, 2018, 25(2): 185–188.
- [22] 斯冬芳, 刘梦丽, 卢国伟, 等. 绍兴市柯桥区 2015 年—2019 年部分市售食品中铝残留量的调查分析[J]. 中国卫生检验杂志, 2021, 31(8): 1008–1010.
- SI DF, LIU ML, LU GW, *et al.* Investigation of aluminum residues in some commercially available food in Keqiao District of Shaoxing City during 2015–2019 [J]. Chin J Health Lab Technol, 2021, 31(8): 1008–1010.
- [23] 彭珍华, 马雪涛, 杨凡, 等. 云南特色食品乳扇中铝含量的检测技术研究及其健康风险评估[J]. 中国乳业, 2021(8): 101–106.
- PENG ZH, MA XT, YANG F, *et al.* Study on detection technology of aluminum content and health risk assessment in dairy fan of characteristic food in Yunnan province [J]. China Dairy, 2021(8): 101–106.
- [24] 许燕, 赵晓慧, 刘敏, 等. 2013—2016 年云南省部分使用含铝添加剂食品中铝残留含量分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(10): 3715–3720.
- XU Y, ZHAO XH, LIU M, *et al.* Analysis of residual aluminum in food with aluminum additives in Yunnan province in 2013–2016 [J]. J Food Saf Qual, 2017, 8(10): 3715–3720.
- [25] 杨春芳, 伍慧方. 铝的毒性和来源研究进展[J]. 轻工科技, 2019, 35(1): 104–107.
- YANG CF, WU HF. Research progress in toxicity and source of aluminum [J]. Light Ind Sci Technol, 2019, 35(1): 104–107.
- [26] 解魁, 李永利, 张丁, 等. 郑州市淀粉制品中铝残留量调查[J]. 中国食品卫生杂志, 2016, 28(4): 506–510.
- XIE K, LI YL, ZHANG D, *et al.* Investigation and analysis of aluminum residues in starch products in Zhengzhou [J]. Chin J Food Hyg, 2016, 28(4): 506–510.
- [27] 李蕾, 袁秀娟, 汤旭钢, 等. 2014—2017 年宁夏 319 份市售食品中铝含量监测结果分析[J]. 现代预防医学, 2019, 46(18): 3311–3314.
- LI L, YUAN XJ, TANG XG, *et al.* Analysis on the surveillance results of aluminum content in 319 food samples in Ningxia from 2014 to 2017 [J]. Mod Prev Med, 2019, 46(18): 3311–3314.
- [28] 刘大晶, 郭学斌, 郭晚花. 2012—2019 年青海省部分食品中含铝量监测结果分析[J]. 现代预防医学, 2020, 47(18): 3434–3437.
- LIU DJ, GUO XB, GUO WH. Analysis of aluminum contamination exceed standard in foods with aluminum additives in Qinghai Province in 2012–2019 [J]. Mod Prev Med, 2020, 47(18): 3434–3437.
- [29] 张泓, 李倩云, 陈少鸿, 等. 食品接触用铝和铝合金材料及制品中铝元素的迁移及风险评估[J]. 中国食品卫生杂志, 2022, 34(1): 92–97.
- ZHANG H, LI QY, CHEN SH, *et al.* Study of migration and safety assessment of aluminum in food contact aluminum and aluminum alloy materials and articles in China [J]. Chin J Food Hyg, 2022, 34(1): 92–97.
- [30] 纪淑娟, 刘姝熠, 于濯, 等. 食品用铝箔在食品模拟液中铝的溶出规律研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2014, 45(1): 42–46.
- JI SJ, LIU SY, YU Z, *et al.* Pattern of aluminum migration from aluminum foil used for food packaging in food simulation [J]. J Shenyang Agric Univ, 2014, 45(1): 42–46.
- [31] 钱晓东, 陈永刚, 陆超, 等. 不同铝合金材料在食品模拟物中迁移试验的比较[J]. 分析试验室, 2017, 36(12): 1449–1452.
- QIAN XD, CHEN YG, LU C, *et al.* Study of migration test on food analogues for different aluminum alloys [J]. Chin J Anal Lab, 2017, 36(12): 1449–1452.
- [32] JUHAJMAN LAA. Estimating aluminum leaching from aluminum cookware in different vegetable extracts [J]. Int J Electrochem Sci, 2012, 7(8): 7283–7294.
- [33] 许士明, 刘晓, 唐孔科, 等. 电感耦合等离子体质谱法同时测定食品接触用金属制品中 16 种金属元素的迁移量[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(20): 7304–7309.
- XU SM, LIU X, TANG KK, *et al.* Simultaneous determination of the migration of 16 metal elements in metal products for food contact by inductively coupled plasma mass spectrometry [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(20): 7304–7309.
- [34] 张加玲, 刘桂英. 人体铝摄入的主要来源研究[J]. 中国卫生检验杂志, 2007, 17(11): 1934–1935, 1998.
- ZHANG JL, LIU GY. Study of main source of aluminum that people take in [J]. Chin J Health Lab Technol, 2007, 17(11): 1934–1935, 1998.
- [35] 齐璐璐. 铝制炊具铝溶出影响因素分析及食物成分对铝结合形态和铝溶出量的影响[D]. 北京: 中国农业大学, 2005.
- QI LL. Analysis of the dissolved aluminum from aluminum cookware and influence of food components on the speciation and amount of aluminum [D]. Beijing: China Agricultural University, 2005.
- [36] INAN-EROGLU A. Effects of different pH, temperature and foils on aluminum leaching from baked fish by ICP-MS [J]. Czech J Food Sci, 2019, 37(3): 165–172.
- [37] MOL S, ULUSOY S. The effect of cooking conditions on aluminum concentrations of seafood, cooked in aluminum foil [J]. J Aquat Food Product Technol, 2020, 85(2): 1–5.
- [38] OSMAN NA, ZAKI A, AGAMY NF, *et al.* Aluminum in food: Dietary exposure among adolescent residents in the food catering establishments in Alexandria, Egypt [J]. Global J Pharm Edu Res, 2017, 6(1-2): 1–6.
- [39] FARHAT SM, ALI M. Concentration of aluminum in drinking water of Pakistan and its implications on human health [J]. Life Sci, 2020, 1(2): 77–82.
- [40] 张婉, 王昭祯, 张建彬. 我国主产区小麦籽粒中铝的本底调查的必要性及技术路线探讨[J]. 中国卫生监督杂志, 2016, 23(6): 570–575.
- ZHANG W, WANG ZZ, ZHANG JB. Discussion on necessity and technical route of investigation of aluminum background in wheat grains from the main producing areas of our country [J]. Chin J Heal Inspect, 2016, 23(6): 570–575.
- [41] 陈瑞英, 胡金妹, 陈丽贺, 等. 含铝食品添加剂标准在面制品行业执行情况[J]. 中国食物与营养, 2017, 23(8): 25–27, 32.
- CHEN RY, HU JM, CHEN LH, *et al.* Implementation of food additives standards containing aluminum in flour Products [J]. Food Nutr Chin, 2017, 23(8): 25–27, 32.
- [42] 贺圣凌, 周罗娜, 刘辉, 等. 无明矾荞麦复合膨松剂优化及风味物质分析[J]. 食品科技, 2022, 47(8): 152–159.
- HE SL, ZHOU LN, LIU H, *et al.* Optimization of compound swelling agent alum free buckwheat cake and analysis of flavor substance [J]. Food Sci Technol, 2022, 47(8): 152–159.
- [43] 鞠国泉, 米思. 无铝复合膨松剂在油条制作中的应用研究[J]. 中国粮油学报, 2010, 25(7): 110–112.
- JU GQ, MI S. Applying non-aluminum composite leavening agent for making deep-fried dough stick [J]. J Chin Cere Oils Ass, 2010, 25(7): 110–112.
- [44] 周一鸣, 段梦杰, 崔琳琳, 等. 一种小麦粉中式发酵面制品用高效无铝

- 复合膨松剂: 中国, CN113907331A[P]. 2022-01-11.
- ZHOU YM, DUAN MJ, CUI LL, *et al.* High-efficiency aluminum-free compound leavening agent for Chinese fermented flour products: China, CN113907331A [P]. 2022-01-11.
- [45] 肖正, 莫舒欣, 雷长梅, 等. 酶制剂与酵母复合膨松剂在油条制作中的应用[J]. 现代食品科技, 2022, 38(7): 55–62.
- XIAO Z, MO SX, LEI CM, *et al.* Application of enzyme preparation and yeast compound bulking agent in the production of fried dough sticks [J]. Mod Food Sci Technol, 2022, 38(7): 55–62.
- [46] JUHAJMAN L. Curcumin extract as a green inhibitor of leaching from aluminum cookware at quasi-cooking conditions [J]. Green Sustain Chem, 2016, 6(2): 57–70.
- [47] 中华人民共和国海关总署, 进出口食品安全局. 加拿大制定硫酸钾铝在盐渍海蜇中的使用限量 [EB/OL]. [2021-10-15]. <http://jckspj.customs.gov.cn/spj/zwgk75/spaqxx/3952628/index.html> [2024-06-05].
- General Administration of Customs of the People's Republic of China, Import and Export Food Safety Bureau. Canada formulates the use limit of potassium aluminum sulfate in salted jellyfish [EB/OL]. [2021-10-15]. <http://jckspj.customs.gov.cn/spj/zwgk75/spaqxx/3952628/index.html> [2024-06-05].
- [48] SAIYED SM, YOKEL RA. Aluminum content of some foods and food products in the USA, with aluminum food additives [J]. Food Addit Contamin, 2005, 22(3): 234–244.
- [49] ZHANG H, ZHANG JY, WANG HL, *et al.* The revision of aluminum-containing food additive provisions in China [J]. Biomed Environ Sci, 2016, 29(6): 461–466.
- [50] 陶健. 我国食品中铝污染管理的历史沿革与现实困境[J]. 中国食品添加剂, 2016, (10): 204–210.
- TAO J. The history and current situation of aluminum contamination management in China food industry [J]. China Food Addit, 2016, (10): 204–210.

(责任编辑: 于梦娇 韩晓红)

作者简介



马怡童, 硕士, 主要研究方向为食品安全检验检测。
E-mail: 18238839853@163.com

王海燕, 博士, 研究员, 主要研究方向为食品安全检验检测。
E-mail: summerwhy163@163.com