

荞麦中铝的残留量的调查分析

刘越^{1*}, 杜旭刚², 李尔春¹, 张亚锋¹, 张潇¹, 王永姣¹, 杨欢¹, 凌未霄¹,
贾兵¹, 徐瑞婕¹, 董靖¹

(1. 西安市食品药品检验所, 西安 710054; 2. 蓝田县食品药品检验检测中心, 西安 710500)

摘要: **目的** 测定荞麦及其制品中铝的残留量, 从样品类别和产地两方面分析荞麦中铝的含量分布。**方法** 采用电感耦合等离子体发射光谱法(inductively coupled plasma optical emission spectrometry, ICP-OES)测定105批次荞麦原粮及其加工品中的铝残留量, 分析铝的含量分布情况。**结果** 荞麦及其制品中的铝含量分布范围较广, 最小值为4.40 mg/kg, 最大值可达2318 mg/kg; 荞麦中铝含量分布情况为荞麦皮>荞麦原粮>荞麦米; 不同产地种植的荞麦中铝含量具有较大差异, 产自甘肃和云南的荞麦中铝含量最大值和平均值较高, 而陕西的较低。**结论** 所有样品均有铝检出, 铝含量高低与样品类别和种植地域有关, 且荞麦原粮中的铝元素主要来自于荞麦皮, 其含量高于荞麦米。

关键词: 荞麦; 铝; 电感耦合等离子体发射光谱法

Investigation and analysis of aluminum residues in buckwheat

LIU Yue^{1*}, DU Xu-Gang², LI Er-Chun¹, ZHANG Ya-Feng¹, ZHANG Xiao¹, WANG Yong-Jiao¹,
YANG Huan¹, LING Wei-Xiao¹, JIA Bing¹, XU Rui-Jie¹, DONG Jing¹

(1. Xi'an Institute for Food and Drug Control, Xi'an 710054, China; 2. Lantian County Food and Drug Inspection and Testing Center, Xi'an 710500, China)

ABSTRACT: Objective To determine the residual amount of aluminum in buckwheat and its products, and analyze the distribution of aluminum content in buckwheat from two aspects of sample type and producing area. **Methods** The residual amount of aluminum in 105 batches of buckwheat raw grain and its processed products was determined by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES), and the distribution of aluminum content was analyzed. **Results** The aluminum content in buckwheat and its products had a wide distribution range, the minimum was 4.40 mg/kg, and the maximum could reach 2318 mg/kg. The distribution of aluminum content in buckwheat was buckwheat husk>buckwheat>buckwheat rice. The aluminum content of buckwheat grown in different producing areas was quite different. The maximum and average content of aluminum in buckwheat from Gansu and Yunnan was higher, while that of Shaanxi was lower. **Conclusion** Aluminum is detected in all samples, and the aluminum content is related to the sample type and planting area, and the aluminum element in buckwheat raw grains mainly comes from buckwheat hulls, and its content is higher than that of buckwheat rice.

基金项目: 陕西省创新能力支撑计划资助项目(2021PT-044)、陕西省科技厅科技创新基地-科技资源开放共享平台项目(2019PT-22)、陕西省市场监督管理局科技计划项目

Fund: Supported by the Innovation Capability Support Program of Shaanxi(2021PT-044), Science and Technology Innovation Base of Shaanxi Science and Technology Department-Open Sharing Platform of Science and Technology Resources(2019PT-22), and Science and Technology Project of Shaanxi Market Supervision Administration

*通信作者: 刘越, 药师, 主要研究方向为食品、药品检验。E-mail: 807488958@qq.com

*Corresponding author: LIU Yue, Pharmacist, Xi'an Institute for Food and Drug Control, Xi'an 710054, China. E-mail: 807488958@qq.com

KEY WORDS: buckwheat; aluminum; inductively coupled plasma atomic emission spectrometry

0 引 言

荞麦隶属蓼科, 荞麦属, 一年生或多年生草本植物或半灌木, 主要有甜荞麦和苦荞麦 2 大品种^[1-2]。甜荞麦 (*Fagopyrum esculentum* Moench) 又名普通荞麦, 全国各地都有种植, 主产区集中在我国北方, 其中面积较大的区域有陕北、宁夏、甘肃和内蒙古。苦荞 [*Fagopyrum tataricum*(L.) Gaertn] 又名鞑靼荞麦, 是双子叶植物, 主产区集中在我国云南、贵州、四川、湖南、江西等地^[3-6]。荞麦具有很高的营养价值和药用价值, 历来作为药食兼用的作物进行种植^[7]。荞麦营养物质丰富, 含有蛋白质、脂肪、黄酮等多种营养成分^[8-12], 受到国内外人们的广泛关注。荞麦作为一种营养保健的理想食品资源, 开发以其为原料的营养保健食品意义重大。我国是世界苦荞麦的主产区, 种植面积和产量均居世界第一, 国内部分地区将荞麦食品当作主食, 以荞麦为主要原料的食品种类约有几十种^[13], 因此荞麦的食用安全问题同样不可忽视。

铝(Al)是地壳中丰度仅次于氧和硅的元素, 也是含量最多的金属元素^[14-15]。土壤中的铝有多种形态, 包括可溶性铝、不溶性铝、有机态铝、无机态铝等, 不同的形态决定其对植物生物毒性的差异^[16-17]。近几十年来, 全球环境的恶化带来的酸雨, 以及化肥的不合理施用, 加速了土壤及河流湖泊等的酸化, 导致大量的铝从缓冲能力较差的土壤矿物中溶解出来^[18], 造成铝元素在植物体内不同程度的富集, 对植物的生长和粮谷类植物的食用产生了极其严重的影响。人体铝暴露的主要途径来自于膳食摄入^[19]。长期、过量摄入铝会在人体内产生毒害作用, 对人的神经、骨骼、血液等组织及胎儿发育产生不利影响^[20-26]。有些在高寒地区种植的荞麦会使用酸铝浸种促进种子萌发^[27], 加上荞麦的种皮和子叶在生长过程中易天然富集铝^[28], 另外有的仓库在储存过程中使用除虫剂磷化铝熏蒸^[30-31], 这些都可能成为荞麦中铝残留的来源。在 GB 2762—2005《食品中污染物限量》中规定了面制食品中铝的残留限量, 后期调查研究发现面制品中铝的主要来源是加工过程中使用了含铝食品添加剂(如明矾), GB 2760—2011《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》已明确规定了面制品中含铝食品添加剂的使用范围、用量和残留量, 因此 GB 2762—2017《食品安全国家标准 食品中污染物限量》取消了铝限量规定, 相当于将铝排除在污染物之外, 在铝的监测中只考虑人为添加, 不考虑天然富集。荞麦相关的国家标准或者行业标准也并未对荞麦及其加工品中的铝残留量做出限量要求, 若在产品开发过程中不能完全去除, 就会存在潜在的食品安全风险。因此准确测定荞麦中铝元素的本底值, 对于荞麦及其加工品的开发研究、荞麦食用药用

价值研究和食品安全风险评估均具有重要意义。

目前, 对荞麦及其制品中铝残留量的研究较少, 本研究采集样品种类较多, 涉及产地较广, 可以较为全面的反应荞麦及其制品中铝的残留量, 利用电感耦合等离子体发射光谱法(inductively coupled plasma emission spectroscopy, ICP-OES)测定所采集的荞麦及其制品中的铝残留量, 通过测定质控样品和加标回收实验验证方法的准确性和可靠性, 并从样品类别和产地两方面分析了荞麦中铝的含量分布, 以期对荞麦及其制品的质量安全检测提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

通过实地调研采集、超市、网络平台等方式购入 105 批次荞麦及其制品, 信息详见表 1。

铝标准溶液(1000 μg/mL, 国家有色金属及电子材料分析测试中心); 硝酸 HNO₃(优级纯, 德国 Merck 公司); 30%过氧化氢 H₂O₂(分析纯, 国药集团化学试剂有限公司); 高纯液氮(纯度大于 99.999%); 超纯水(18.2 MΩ/cm, 美国 Millipore 公司超纯水装置制备)。

粉丝粉条中铝成分分析标准物质[GBW10022(16109), 中国计量科学研究院]。

表 1 实验材料信息
Table 1 Experimental material information

产地	荞麦原粮 /批次	荞麦米 /批次	荞麦皮 /批次	荞麦面 /批次
陕西	12	8	11	10
山西	2	1	1	2
甘肃	5	3	3	/
宁夏	4	3	3	1
内蒙古	4	6	4	2
四川	/	2	/	1
云南	4	4	2	/
山东	/	2	/	/
河北	/	/	/	1
辽宁	2	1	1	/

1.2 仪器与设备

iCAP 7000 电感耦合等离子体发射光谱仪(美国 Thermo 公司); ETHOS UP 微波消解仪(意大利 Milestonesrl 公司); VB 15 赶酸器(美国 LabTech 公司); BSA124S-CW 电子分析天平(德国赛多利斯公司); DFT-100A 高速粉碎机

(温岭市林大机械有限公司); Mini-Q Integral 超纯水装置 (美国 Millipore 公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 标准溶液配制

铝标准系列溶液配制: 精确吸取适量 1000 μg/mL 的铝标准溶液, 用硝酸溶液(5:95, 水:硝酸, V:V)逐级稀释配成 0、0.50、2.00、5.00、8.00、10.00 μg/mL 的标准系列工作溶液。

1.3.2 样品前处理

粉丝粉条中铝成分分析标准物质根据证书要求, 于 85 °C 恒温干燥箱干燥 4 h。所有采集的样品均于 85 °C 恒温干燥箱干燥 4 h 后, 粉碎混匀后备用。

分别准确称取 0.2~0.5 g 试样粉末于聚四氟乙烯消解内罐中, 加入 8 mL 硝酸和 2 mL 30%过氧化氢加盖放置 1 h, 然后盖上内罐盖, 旋紧外罐置于微波消解仪中按照微波消解程序进行消解, 具体消解程序详见表 2。冷却后取出内罐, 置于赶酸器于 140 °C 赶酸至近干, 用水洗涤消解罐 3~4 次合并洗液于 50 mL 容量瓶中, 定容待测。同法做质控样品和空白实验。

表 2 微波消解仪实验条件
Table 2 Experimental conditions of microwave digestion instrument

步骤	控制温度/°C	升温时间/min	恒温时间/min
1	120	5	5
2	150	5	15
3	190	5	20

1.3.3 ICP-OES 仪器条件

检测波长 396.15 nm, 射频功率 1150 W, 辅助器流量 0.5 L/min, 冷却器流量 12 L/min, 雾化器体流量 0.70 L/min,

泵速 50 r/min。

2 结果与分析

2.1 方法学验证

2.1.1 线性关系、检出限与定量限

铝含量在 0~10.0 μg/mL 范围内线性关系良好($r=0.9998$), 标准曲线方程 $Y=10690X+23.34$, 检出限为 0.2 mg/L, 定量限为 0.5 mg/L。

2.1.2 回收率实验

选择 2 个荞麦原粮样品分别添加 0.50 和 5.00 μg/mL 2 个质量浓度水平的铝标准溶液, 各做 6 个平行实验, 回收率均大于 95%, 相对标准偏差≤2.5%, 说明方法准确性较好。结果如表 3 所示。

2.1.3 质控样品测定

测定粉丝粉条中铝成分分析标准物质的标准值, 测定值在标准值范围内, 结果如表 4 所示, 表明测定结果准确可靠。

2.2 荞麦原粮及其加工品中铝含量分析

2.2.1 荞麦及其制品中铝的残留量

采用 ICP-OES 检测了所采集的部分荞麦及其制品的铝残留量, 结果见表 5。荞麦原粮的铝含量分布范围较广, 最大值可达 1666 mg/kg, 可食用部分荞麦米的铝含量最大达到 2318 mg/kg, 都存在非常大的食品安全隐患。荞麦作为一种粮食作物, 在生长过程中会天然富集铝元素, 尤其是富集于荞麦皮上, 因此理论上荞麦皮的铝含量会高于其他荞麦加工品, 甚至是荞麦原粮; 荞麦米出现异常高含量的铝元素, 可能是由于产地环境污染严重, 或者是产地处于高寒地带需要酸铝浸种促进荞麦的萌发导致的; 荞麦面是通过荞麦脱壳后磨粉所得, 在测试过程中发现荞麦面的铝含量普遍高于荞麦米, 分析原因可能是由于磨粉脱壳不彻底造成的。

表 3 回收率实验结果($n=6$)
Table 3 Recovery rates of the designed method($n=6$)

铝标准溶液添加量/(μg/mL)	样品中铝含量/(μg/mL)	铝测定平均值/(μg/mL)	回收率/%	相对标准偏差/%
0.500	0.4258	0.9134	98.7	2.5
5.00	0.4258	5.2927	97.5	1.9

表 4 标准物质测定
Table 4 Results obtained from determination of standard reference material

标准物质	测定值			平均值/(mg/kg)	标准值/(mg/kg)
	1	2	3		
粉丝粉条中铝成分分析标准物质[GBW10022(16109)]	68.5	70.7	69.3	69.5	70.110± 2.0

表 5 不同类别荞麦制品中铝含量情况(mg/kg) Table 5 Aluminum content in different kinds of buckwheat products(mg/kg)				
序号	荞麦原粮	荞麦皮	荞麦米	荞麦面
1	5.97	40.1	4.40	6.00
2	41.3	43.4	5.05	6.80
3	46.1	74.2	5.95	8.12
4	50.2	79.1	6.10	9.41
5	53.7	98.1	6.35	9.51
6	60.0	107	6.36	11.4
7	77.9	107	6.37	11.8
8	78.0	112	6.64	14.2
9	79.9	112	7.40	14.4
10	90.9	113	7.69	16.0
11	93.6	119	8.72	19.6
12	98.2	122	8.93	22.2
13	101	134	10.4	24.3
14	101	137	10.5	28.7
15	119	139	10.7	31.1
16	122	153	10.8	32.8
17	126	158	11.6	41.3
18	131	162	23.4	52.5
19	138	169	23.8	78.4
20	140	183	25.0	
21	156	207	28.4	
22	165	208	32.0	
23	180	218	38.2	
24	228	225	53.9	
25	250	417	54.5	
26	260		72.8	
27	319		129	
28	915		226	
29	1666		338	
30			768	
31			910	
32			2318	

2.2.2 不同类别荞麦制品中铝含量情况分析

不同类别荞麦制品中铝含量情况见表 6。从中值角度分析,荞麦原粮、荞麦皮、荞麦米和荞麦面中铝含量的大小分别为:荞麦皮>荞麦原粮>荞麦面>荞麦米。

表 6 不同类别荞麦制品中铝含量情况 Table 6 Aluminum content in different kinds of buckwheat products				
产品类别	荞麦原粮	荞麦皮	荞麦米	荞麦面
样品批次/个	29	25	32	19
最大值/(mg/kg)	1666	417	2318	78.4
平均值/(mg/kg)	203	145.5	161.7	23.1
中值/(mg/kg)	119	122	11.2	16.0

2.2.3 甜荞麦各部位铝含量分析

甜荞麦易脱壳得到完整的荞麦米和荞麦皮,因此以甜荞麦为例,分别测定了甜荞麦原粮、甜荞麦米和甜荞麦皮中的铝含量,结果见表 7。彻底脱壳的甜荞麦米铝含量值均比较低,而甜荞麦原粮中的铝含量基本与甜荞麦皮中的铝含量保持一致,由此可以判断荞麦原粮中的铝主要来自荞麦皮。

表 7 甜荞麦不同部位的铝含量情况(mg/kg) Table 7 Aluminum content of various parts of Fagopyrum esculentum(mg/kg)			
序号	荞麦原粮	荞麦皮	荞麦米
1	53.7	107	6.37
2	93.6	162	7.69
3	90.9	107	8.72
4	180	208	8.93
5	101	134	10.5
6	165	207	10.7
7	46.1	139	11.6
8	122	112	23.8
9	77.9	74.2	25
10	101	112	38.2

2.2.4 不同产地的荞麦原料及其加工品中的铝含量

选取了采样数量大于 3 批次的 7 个省份,共 99 个批次样品进行比较。各省份样品中铝含量最大值、平均值与中值情况见表 8。检出铝含量最高的样品来自甘肃,其次是云南省,最低的是陕西省。平均值最高的是云南省,最低的是内蒙古自治区。而中值最大的是宁夏回族自治区,最小的是陕西省。

3 结 论

本研究采集了来自于陕西、山西、内蒙古等 11 个省份的 105 份荞麦及其加工品,通过 ICP-OES 测定铝含量,所有样品均有铝检出,含量高低因样品类别和种植地域而不同,而且荞麦皮较荞麦米更易富集铝元素。如

果在荞麦制品加工过程中能够彻底脱壳，那么由富集因素引入荞麦制品中的铝含量将会大大降低。本研究采集的样品数量较多，涉及产地较广，具有实际参考价值，对荞麦及其加工品的开发研究、荞麦食用药用价值研究和食品安全风险评估均具有重要意义。需要注意的是，天然富集的铝元素并不是目前市售荞麦制品中所检出

的铝元素的唯一来源，还需要通过市场监管来规范违规、滥用含铝食品添加剂的行为。另外，我国缺失对食品中铝污染物限量的要求，因此开展食品中铝本底值调查，正确认识食源性铝的来源，并对我国居民膳食铝暴露量进行精准评估，建立合理完善的食品中铝污染管理规定是下一步工作的重点。

表 8 不同产地荞麦制品中铝的残留量情况
Table 8 Residual aluminium content in buckwheat products from different origins

产品产地	陕西	山西	甘肃	内蒙古	云南	宁夏	辽宁
样品批次/个	41	6	11	16	10	11	4
最大值/(mg/kg)	226	225	2318	208	1666	915	260
平均值/(mg/kg)	72.9	72.7	323	70.7	372	256	110
中值/(mg/kg)	41.7	52.4	119	63.2	138	139	88.0

参考文献

[1] 林如法. 中国荞麦[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994.
LIN RF. Chinese buckwheat [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1994.

[2] 中国植物志编辑委员会. 中国植物志 [M]. 北京: 科学出版社, 1998.
Editorial Committee of Flora of China. Flora of China [M]. Beijing: Science Press, 1998.

[3] 唐宇, 邵继荣, 周美亮. 中国荞麦属植物分类学的修订[J]. 植物遗传资源学报, 2019, 20(3): 646–653.
TANG Y, SHAO JR, ZHOU ML. A taxonomic revision of *Fagopyrum mill* from China [J]. J Plant Genet Res, 2019, 20(3): 646–653.

[4] 史建强, 李艳琴, 张宗文, 等. 荞麦及其野生种遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2015, 16(3): 443–450.
SHI JQ, LI YQ, ZHANG ZW, *et al.* Genetic diversity of buckwheat and its wild species [J]. J Plant Genet Res, 2015, 16(3): 443–450.

[5] 范昱, 丁梦琦, 张凯旋, 等. 荞麦种质资源概况[J]. 植物遗传资源学报, 2019, 20(4): 813–828.
FAN Y, Ding MQ, ZHANG KX, *et al.* Germplasm resource of the genus *Fagopyrum mill* [J]. J Plant Genet Res, 2019, 20(4): 813–828.

[6] 董雪妮, 唐宇, 丁梦琦, 等. 中国荞麦种质资源及其饲用价值[J]. 草业科学, 2017, 34(2): 378–388.
DONG XN, TANG Y, DING MQ, *et al.* Germplasm resources of buckwheat in China and their forage value [J]. Pratacult Sci, 2017, 11(2): 378–388.

[7] 赵钢. 荞麦加工与产品开发新技术[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
ZHAO G. New technology of buckwheat processing and product development [M]. Beijing: Science Press, 2010.

[8] 路静静, 赵余庆. 荞麦皮的化学成分、生物活性及应用研究进展[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(22): 210–213.
LU JJ, ZHAO YQ. Research progress on components, bioactivity and applications of buckwheat hulls [J]. Food Res Dev, 2016, 37(22): 210–213.

[9] 赵梓瀛, 朴春红, 王玉华, 等. 荞麦壳提取物有效组分的分离及体外抗糖尿病活性[J]. 食品科学, 2018, 39(3): 21–27.
ZHAO ZY, PIAO CH, WANG YH, *et al.* Isolation and anti-diabetic activity *in vitro* of flavonoids from buckwheat hull [J]. Food Sci, 2018, 39(3): 21–27.

[10] KIM SJ, ZAIDUL ISM, SUZUKI T, *et al.* Comparison of phenolic compositions between common and tartary buckwheat (*Fagopyrum*) sprouts [J]. Food Chem, 2008, 110(4): 814–820.

[11] GUO XN, YAO HY. Fractionation and characterization of tartary buckwheat flour proteins [J]. Food Chem, 2006, 98(1): 90–94.

[12] 李可心, 周冉冉, 陈茂彬, 等. 荞麦功能性成分及相关食品开发 [J]. 现代农业科技, 2021, 7(7): 236–240.
LI KX, ZHOU RR, CHEN MB, *et al.* Function components of buckwheat and related food development [J]. Mod Agric Sci Technol, 2021, 7(7): 236–240.

[13] LIN RF, TAO YR, LI XL. Preliminary division of cultural and ecological regions of Chinese buckwheat [J]. Fagopyrum, 1992, 12: 48–55.

[14] WALTON RC, MCCROHANA CR, LIVENS F, *et al.* Trophic transfer of aluminum through an aquatic grazer-omnivore food chain [J]. Aquat Toxicol, 2010, 99: 93–99.

[15] 王冰, 邵爱梅, 夏俊鹏. 电感耦合等离子体质谱法测定谷物样品中铝的样品处理方法研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(5): 1832–1835.
WANG B, SHAO AM, XIA JP. Pre-treatment of the determination of aluminum in the grain samples by inductively coupled plasma mass spectrometry [J]. J Food Saf Qual, 2016, 7(5): 1832–1835.

[16] 王琳, 赵亚荣, 彭广怀, 等. 不同类型食品铝含量比较及风险评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(15): 5246–5251.
WANG L, ZHAO YR, PENG GH, *et al.* Comparison and risk assessment on aluminum content of different types of food [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(15): 5246–5251.

[17] 杨文友, 张玉萍, 王汝毅, 等. 铝害与动植物源性食品安全[J]. 中国环境卫生检疫杂志, 2007, 30(5): 319–327.
YANG WY, ZHANG YP, WANG RY, *et al.* Aluminum hazard and food safety of animal and plant origin [J]. Chin Front Health Quarant, 2007, 30(5): 319–327.

[18] 陈荣府, 杨小弟, 沈仁芳. 桑色素络合测定酸性土壤溶液中无机单核铝的方法比较[J]. 土壤学报, 2007, 44(4): 663–668.
CHEN RF, YANG XD, SHEN RF. Methods for determining inorganic

- monomeric aluminum in acid soil solution by morin [J]. *Acta Pedol Sin*, 2007, 44(4): 663–668.
- [19] 香港特别行政区政府食物环境卫生署食品安全中心. 风险评估研究第三十五号报告书化学物危害评估食物中铝的含量[Z]. 2009. Centre for Food Safety, Food and Environmental Hygiene Department, Hong Kong Special Administrative Region Government. Risk Assessment Study No. 35 Report on chemical hazard assessment of aluminum in food [Z]. 2009.
- [20] CAMPDELAURE J. Parkinson disease and Alzheimer disease: environmental risk factor. *Neurologia*, 2012 [EB/OL]. [2012-07-13]. <http://www.Ncbi.Nlm.Gov/pubmed> [2020-03-07]
- [21] DARBRE PD, PUGAZHENDHI D, MANNELLO F. Aluminium and human breast diseases [J]. *J Inorg Biochem*, 2011, 105(11): 1484–1488.
- [22] 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.
- [23] XU L, ZHANG W, LIU X, *et al*. Circulatory levels of toxic metals (aluminum, cadmium, mercury, lead) in patients with Alzheimer's disease: A quantitative meta-analysis and systematic review [J]. *J Alzheimers Dis*, 2018, 62(1): 361–372.
- [24] 赵慧明, 毛敏, 邵华华, 等. 2020 年榆林市部分食品中铝污染物监测结果分析[J]. *粮食科技与经济*, 2020, 45(12): 141–142.
- ZHAO HM, MAO M, SHAO HH, *et al*. Analysis of monitoring results of aluminum pollutants in some foods in Yulin city in 2020 [J]. *Grain Sci Technol Econ*, 2020, 45(12): 141–142.
- [25] 刘越, 李尔春, 张潇, 等. 食品中铝含量国标法测定法的改进[J]. *食品安全质量检测学报*, 2019, 10(16): 5459–5464.
- LIU Y, LI EC, ZHANG X, *et al*. Improvement of national standard method for determination of aluminum in food [J]. *J Food Saf Qual*, 2019, 10(16): 5459–5464.
- [26] 何伟, 韩明铭, 王莹. 水产制品中铝的残留量的调查分析[J]. *食品安全质量检测学报*, 2019, 10(6): 1525–1529.
- HE W, HAN MM, WANG Y. Investigation and analysis of aluminum residues in aquatic products [J]. *J Food Saf Qual*, 2019, 10(6): 1525–1529.
- [27] 李朝苏, 刘鹏, 徐根娣, 等. 酸铝浸种对荞麦种子萌发的影响[J]. *种子*, 2004, 23(12): 9–11.
- LI CS, LIU P, XU GD, *et al*. Effect of acid-al on the germination of soaked buckwheat seeds [J]. *Seed*, 2004, 23(12): 9–11.
- [28] PONGRAC P, VOGEL-MIKUŠA K, REGVAR M, *et al*. Improved lateral discrimination in screening the elemental composition of buckwheat grain by micro-PIXE [J]. *J Agric Food Chem*, 2011, 59: 1275–1280.
- [29] 姜开友, 王安弘, 邓志平. 磷化铝熏蒸粮仓磷化氢浓度监测[J]. *环境与职业医学*, 2003, 20(4): 316.
- JIANG KY, WANG AH, DENG ZP. Phosphine concentration monitoring in aluminum phosphide fumigation granary [J]. *J Environ Occup Med*, 2003, 20(4): 316.
- [30] 张彬, 李倩, 田辰. 六种中药材中杀虫剂磷化铝残留量的顶空气相色谱法测定[J]. *中国药事*, 2015, 29(5): 528–532.
- ZHANG B, LI Q, TIAN C. Residue determination of pesticide aluminum phosphide in six Chinese herbal medicines by headspace gas chromatography [J]. *China Pharm Aff*, 2015, 29(5): 528–532.
- [31] 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(152): 204–210.
- TAO J. The history and current situation of aluminum contamination management in China food industry [J]. *China Food Addit*, 2016, 10(152): 204–210.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介



刘越, 药师, 主要研究方向为食品、药品检验。
E-mail: 807488958@qq.com.