

山东省小麦及小麦粉中铝本底值分析

韩德娟¹, 张喜琦², 高明辉¹, 周红¹, 高艾英^{1*}

(1. 泰安市食品药品检验检测研究院(泰安市纤维检验所), 山东泰安 271000)

(2. 山东省食品药品检验研究院, 山东济南 250101)

摘要: 为了解山东省小麦及小麦粉中本底铝含量, 为小麦粉制品中铝的限量要求提供参考, 连续两年随机采集山东省16地市小麦、小麦粉、麦麸及小麦粉制品共计550份, 采用电感耦合等离子体质谱仪对其铝元素含量进行检测。结果表明, 山东省小麦与小麦粉中铝元素含量存在显著性差异 ($P<0.05$), 小麦中铝元素含量为4.04~69.1 mg/kg, 平均值为22.4 mg/kg, 小麦粉中铝元素含量为0.250~43.8 mg/kg, 平均值为5.82 mg/kg; 铝元素在不同时期、不同地市小麦、小麦粉样品中普遍存在, 不同年份、不同地市小麦、小麦粉中铝元素含量存在显著性差异 ($P<0.05$)。最终选取92.6、44.0 mg/kg分别作为山东省小麦、小麦粉中铝本底值的参考值。研究结果可以为小麦粉及其制品的限量标准制定与修改提供数据支撑, 为食品检验与食品安全监管部门提供科学依据, 建议各地根据实际情况制定小麦粉及其制品中的铝元素限量指标。

关键词: 山东省; 小麦; 小麦粉; 铝本底值

文章编号: 1673-9078(2025)02-366-372

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2025.2.1511

Analysis of Aluminum Background Value of Wheat and Wheat Flour in Shandong Province

HAN Dejuan¹, ZHANG Xiqi², GAO Minghui¹, ZHOU Hong¹, GAO Aiyang^{1*}

(1. Tai'an Institute for Food and Drug Control (Tai'an Fiber inspection Institute), Tai'an 271000, China)

(2. Shandong Institute for Food and Drug Control, Jinan 250101, China)

Abstract: In order to understand the content of background aluminum in wheat and wheat flour from Shandong Province and provide a reference for the aluminum limit requirements of wheat flour products, a total of 550 samples of wheat, wheat flour, wheat bran and wheat flour products in 16 cities of Shandong Province were randomly collected for two consecutive years, and their aluminum contents were determined by an inductively coupled plasma mass spectrometer. The results showed that there were significant differences in aluminum content between wheat and wheat flour in Shandong Province ($P<0.05$). The aluminum content in wheat ranged from 4.04 to 69.1 mg/kg with an average value of 22.4 mg/kg, whilst the aluminum content in wheat flour ranged from 0.250 to 43.8 mg/kg with an average value of 5.82 mg/kg. Aluminum was generally commonly present in wheat and wheat flour samples collected in different periods and cities, and there were significant differences ($P<0.05$) in the content of aluminum in wheat and wheat flour of different years and cities. Finally,

引文格式:

韩德娟,张喜琦,高明辉,等.山东省小麦及小麦粉中铝本底值分析[J].现代食品科技,2025,41(2):366-372.

HAN Dejuan, ZHANG Xiqi, GAO Minghui, et al. Analysis of aluminum background value of wheat and wheat flour in shandong province [J]. Modern Food Science and Technology, 2025, 41(2): 366-372.

收稿日期: 2023-12-19

基金项目: 山东省市场监督管理局科研项目(2021年度)

作者简介: 韩德娟(1991-),女,硕士,工程师,研究方向:食品检验, E-mail: handjuan@163.com

通讯作者: 高艾英(1977-),女,硕士,高级工程师,研究方向:食品检验检测, E-mail: aygao@126.com

92.6 mg/kg and 44.0 mg/kg were selected as the reference values of aluminum background values for the wheat and wheat flour in Shandong Province. The research results can provide data support for the formulation and modification of the limit standard of wheat flour and its products, and offer a scientific basis for food inspection and food safety supervision departments. It is suggested that the limits of aluminum in wheat flour and its products should be set according to the actual situation.

Key words: shandong province; wheat; wheat flour; aluminum background

铝(Al)作为地壳中含量最丰富的金属元素,在食品、医药等领域广泛应用,其作为人体非必需元素,过量摄入会影响血液和肠道对铁和钙的吸收,造成贫血、骨骼软化和骨质疏松等问题,还会对人体中枢神经系统、免疫系统、生殖系统产生危害^[1-7]。1989年,联合国粮农组织及世界卫生组织就已将铝确定为食品污染物^[8]。研究发现,食品中的铝是人体膳食铝暴露的主要来源^[9]。小麦作为世界第一主粮、我国三大粮食作物之一,素有“世界粮食”之称。山东作为我国小麦生产第二大省^[10],小麦产量位于全国前列,包子、馒头、花卷等小麦粉制品在山东膳食结构中居于重要地位,然而,小麦粉及其制品中的铝残留量给消费者身体带来不利影响。小麦粉及其制品中的铝主要来源于含铝食品添加剂及天然本底铝^[11],本底铝的存在给实际工作中铝残留量是否合格的判定带来影响,不利于食品安全监管及消费者饮食安全,因此对小麦粉中铝本底值的分析研究意义重大。

目前,关于各地小麦粉铝本底值的研究已见报道,但多针对于某一地区某一年份^[12-16],针对山东省小麦粉中铝本底值的研究未见报道。本文通过连续两年对山东省小麦粉中铝本底值进行分析,给出小麦粉中铝本底值的参考范围,从而为我国小麦粉制品中铝的限量要求提供参考,以期为食品标准制定与修改提供数据支撑,为食品安全监管提供技术保障。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 样品与试剂

根据各地市小麦种植面积,在保证来源地一致的前提下,2022年、2023年连续两年7~9月份在山东省16地市农户家中、小型加工作坊、小麦粉生产企业、商超等采用系统抽样及随机抽样的方式,采集产地为山东省的不添加含铝食品添加剂样品550份,其中小麦粉427份、成熟完全晾晒后小麦106份、麦麸3份、小麦粉制品14份。

铝单元素液体标准物质(1 000 $\mu\text{g/mL}$),国家有色金属及电子材料分析测试中心;钪单元素液体标准物质(1 000 $\mu\text{g/mL}$),国家有色金属及电子材料分析测试中心;小麦粉中铝成分分析质控样品(参考值23.6 mg/kg),广州谱恩科学仪器有限公司;小麦粉中铝成分分析质控样品(参考值6.70 mg/kg),广州谱恩科学仪器有限公司;硝酸(电子级),北京沃凯生物科技有限公司;过氧化氢(30%质量分数水溶液),上海沪试实验室器材股份有限公司。

1.1.2 仪器与设备

ICAPQ(Ultimate3000)电感耦合等离子体质谱仪,美国热电公司;XSW204电子天平,梅特勒-托利多公司;MARS6微波消解仪,美国培安公司。

1.2 试验方法

1.2.1 小麦粉中铝本底值的测定

参考GB 5009.268-2016《食品安全国家标准食品中多元素的测定》第一法电感耦合等离子体质谱仪法(ICP-MS)进行铝本底值的测定^[17]。同时做空白试验、平行试验、加标回收实验,用小麦粉中铝成分分析质控样品进行质量控制。该方法检出限(LOD)为0.5 mg/kg,定量限为2 mg/kg,结果保留三位有效数字。

微波消解条件:5 min升温至120 $^{\circ}\text{C}$ 保持10 min,随后5 min升温至150 $^{\circ}\text{C}$ 保持20 min,最后5 min升温至190 $^{\circ}\text{C}$ 保持40 min。

ICP-MS工作条件:测定模式碰撞反应池(KED);采样锥镍锥;采样深度5 mm;重复次数3次;射频功率1 550 W;等离子气体流量14 L/min;载气流量1.08 L/min;辅助气流量0.8 L/min;氦气流量5 L/min;雾化室温度2 $^{\circ}\text{C}$ 。

1.2.2 数据分析

当未检出数据(低于LOD)比例小于60%时,未检出值用1/2 LOD计;当未检出数据比例在60%~80%且定量数据不小于25个或未检出数据比例大于80%时,未检出值以乐观、保守的两个估计

值 0、LOD 计^[18-21]。

采用 SPSSAU 软件对数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 山东省小麦、小麦粉中铝元素含量总体状况

2.1.1 山东省小麦、小麦粉中铝元素含量

采集山东省小麦 106 份、小麦粉 427 份，共计 533 份样品，样品中铝元素含量见表 1。

山东省小麦、小麦粉中铝元素含量差异具有统计

学意义 ($P < 0.05$)。由表 1 可见，山东省小麦中铝元素含量平均值高于小麦粉，分别为 22.4、5.82 mg/kg；84.9% 的小麦中铝元素含量低于 40 mg/kg，其中铝元素含量在 10~20 mg/kg 范围内占比最大，为 35.8%；96.3% 的小麦粉中铝元素含量低于 20 mg/kg，其中铝元素含量一半以上分布在 ≤ 5 mg/kg 范围内，占比为 58.5%。对于山东省小麦与小麦粉中铝元素含量的研究较少，邵白等^[22]分析结果显示，山东省小麦、小麦粉制品中铝元素含量平均值分别为 9.09 mg/kg、10.30 mg/kg，与本研究存在一定差异，但其样本量仅有 16 份，代表性不足。

表 1 山东省小麦、小麦粉中铝元素含量

Table 1 Aluminum content of wheat and wheat flour in Shandong province

样品类别	样本数 / 份	铝元素含量值 / (mg/kg)	含量范围 / (mg/kg)	中位数 / (mg/kg)	P95 / (mg/kg)	铝元素含量分布 / %					
						≤ 5	5~10	10~20	20~40	40~60	60~70
小麦	106	22.4 ± 17.0	4.04~69.1	15.8	63.2	1	23.6	35.8	24.5	9.4	5.7
小麦粉	427	5.82 ± 5.84	0.250~43.8	4.20	16.6	58.5	26.5	11.3	3.5	0.2	0

注：本研究中未检出比例小于 60%，故将未检出值采用 1/2 LOD 值 (0.250 mg/kg) 代替。

表 2 不同地市小麦、小麦粉铝元素含量

Table 2 Aluminum content of wheat and wheat flour in different cities

样品来源	样品类别	样本数 / 份	铝元素含量值 / (mg/kg)	含量范围 / (mg/kg)	中位数 / (mg/kg)	95% 置信区间 P95 / (mg/kg)
济南市	小麦	9	32.3 ± 20.1	10.6~66.7	23.9	66.7
	小麦粉	1	21.7 ± 0	21.7	21.7	21.7
青岛市	小麦粉	17	4.39 ± 2.14	0.250~8.53	4.37	7.54
淄博市	小麦粉	20	3.81 ± 2.54	0.250~9.86	3.33	7.55
枣庄市	小麦粉	26	3.56 ± 4.11	0.250~16.6	16.2	13.6
东营市	小麦粉	13	0.788 ± 1.01	0.250~3.25	0.25	2.38
烟台市	小麦	16	11.5 ± 5.04	5.31~27.5	11.4	16.1
潍坊市	小麦粉	29	7.62 ± 5.17	0.250~22.8	6.61	19.4
济宁市	小麦	4	25.5 ± 12.8	8.32~38.5	27.7	38.5
	小麦粉	17	6.67 ± 5.47	0.250~23.8	4.74	13.8
泰安市	小麦	77	23.3 ± 17.3	4.04~69.1	16.9	58.7
	小麦粉	49	4.08 ± 6.81	0.250~16.3	3.36	10.3
威海市	小麦粉	1	2.53 ± 0	2.53	2.53	2.53
日照市	小麦粉	5	13.4 ± 4.39	6.2~19.5	13.7	19.5
临沂市	小麦粉	12	6.51 ± 2.65	0.250~10.8	6.76	9.43
德州市	小麦粉	71	5.27 ± 2.77	0.250~12.3	4.66	10.2
聊城市	小麦粉	47	14.6 ± 9.81	0.250~43.8	13.9	33.0
滨州市	小麦粉	47	2.88 ± 3.11	0.250~11.6	2.69	10.3
菏泽市	小麦粉	72	4.60 ± 3.41	0.250~16.0	3.86	10.7

注：济南市、威海市仅采集到 1 份小麦粉样品，代表性不足，故分析未采用。

表 3 不同地市小麦、小麦粉铝元素分布

Table 3 Aluminum distribution of wheat and wheat flour in different cities

样品来源	样品类别	样本数/份	铝元素含量分布/%					
			≤5	5~10	10~20	20~40	40~60	60~70
济南市	小麦	9	0	0	33.3	33.3	11.1	22.2
	小麦粉	1	0	0	0	100	0	0
青岛市	小麦粉	17	70.6	29.4	0	0	0	0
淄博市	小麦粉	20	65.0	35.0	0	0	0	0
枣庄市	小麦粉	26	76.9	15.4	7.7	0	0	0
东营市	小麦粉	13	100	0	0	0	0	0
烟台市	小麦	16	0	37.5	56.2	6.3	0	0
潍坊市	小麦粉	29	37.9	37.9	20.7	3.5	0	0
济宁市	小麦	4	0	25.0	25.0	50.0	0	0
	小麦粉	17	58.8	23.5	11.8	5.9	0	0
泰安市	小麦	77	1.3	23.4	32.4	26.0	11.7	5.2
	小麦粉	49	71.5	22.4	6.1	0	0	0
威海市	小麦粉	1	100	0	0	0	0	0
日照市	小麦粉	5	0	20.0	80.0	0	0	0
临沂市	小麦粉	12	25.0	66.7	8.3	0	0	0
德州市	小麦粉	71	56.3	35.2	8.5	0	0	0
聊城市	小麦粉	47	19.2	21.3	31.9	25.5	2.1	0
滨州市	小麦粉	47	83.0	10.6	6.4	0	0	0
菏泽市	小麦粉	72	61.1	30.6	8.3	0	0	0

表 4 不同年份小麦、小麦粉中铝元素含量

Table 4 Aluminum content in wheat and wheat flour in different years

年份	样品类别	样本数/份	铝元素含量值/(mg/kg)	含量范围/(mg/kg)	中位数/(mg/kg)	P95/(mg/kg)	铝元素含量分布/%					
							≤5	5~10	10~20	20~40	40~60	60~70
2022 年	小麦	57	25.8 ± 17.9	5.31~69.1	20.7	63.2	0	19.3	28.1	33.3	12.3	7.0
	小麦粉	261	5.92 ± 6.01	0.250~43.8	4.30	16.6	57.9	27.2	10.7	3.8	0.4	0
2023 年	小麦	49	18.4 ± 14.9	4.04~66.7	12.7	50.3	2.0	28.6	44.9	14.3	6.1	4.1
	小麦粉	166	5.69 ± 5.57	0.250~33.5	4.16	16.1	59.6	25.4	12.0	3.0	0	0

由于铝普遍存在于土壤和各种水源中，小麦从土壤和水源中吸收铝从而在体内蓄积。研究表明，小麦中铝元素主要集中在皮层，加工过程中，皮层混入小麦粉中的比例会影响小麦粉中铝元素含量，从而导致小麦与小麦粉中铝元素含量存在差异^[23,24]，不同加工精度的小麦粉中铝元素含量也有所差异。尹红娜等^[25]对河南省小麦、小麦粉及麸皮样品进行分析，其铝元素含量平均值分别为 30.92、15.14、58.32 mg/kg，初步证明小麦中铝元素主要集中在麸皮中。邵白等^[22]研究发现，我国小麦粉制品中铝元素含量为 0.588~20.5 mg/kg，

小麦粉制品中铝元素含量与小麦、小麦粉含量接近，表皮层在面粉中的比例对铝元素含量影响较大，本文通过采集山东省麦麸样品 3 份，测定其铝元素含量，平均值为 35.1 mg/kg，与上述研究一致。

2.1.2 不同地市小麦、小麦粉中铝元素含量

山东省 16 地市小麦、小麦粉中铝元素含量情况见表 2、表 3。

由表 2 可见，济南市、济宁市、泰安市小麦中铝元素含量平均值较高，分别为 32.3、25.5、

23.3 mg/kg；各地市小麦中铝元素含量中位数均大于 10 mg/kg。聊城市、日照市、潍坊市小麦粉样品中铝元素含量平均值较高，分别为 14.6、13.4、7.62 mg/kg；除枣庄市、聊城市、日照市外，其他地市小麦粉中铝元素含量中位数均低于 10 mg/kg。

由表 3 可见，济南、烟台、济宁、泰安四地市小麦中铝元素含量分布集中在 10~40 mg/kg 范围内；济南市、泰安市小麦中铝元素含量在 40 mg/kg 以上占比分别为 33.3%、16.9%。各地市小麦粉中铝元素含量分布均集中在 20 mg/kg 以下；聊城市小麦粉铝元素含量 25.5% 分布于 20~40 mg/kg 范围内，且有个别小麦粉铝含量超过 40 mg/kg。

不同地市小麦、小麦粉中铝元素含量均呈现出显著性差异 ($P < 0.05$)。一方面跟各地市环境、土壤、水源、小麦品种等因素息息相关，另一方面可能由于个别地市样本量不足、显著性欠缺，后续工作中可以增加样本量来进一步验证研究结论。铝元素在不同地市小麦、小麦粉样品中均存在，也进一步说明了本底铝很难避免。

2.1.3 不同年份小麦、小麦粉中铝元素含量比较

不同年份小麦、小麦粉样品中铝元素含量均呈现显著性差异 ($P < 0.05$)。由表 4 可见，2022 年、2023 年山东省小麦中铝元素含量平均值分别为 25.8、18.4 mg/kg；两年间铝元素含量范围分别为 5.31~69.1、4.04~66.7 mg/kg，最小值、最大值分别降低了 23.9%、3.47%，分布范围均集中在 5~60 mg/kg 范围内，占比分别为 93.0%、93.9%。2022 年、2023 年山东省小麦粉中铝元素含量平均值分别为 5.92、5.69 mg/kg，铝元素含量范围分别为 0.250~43.8、0.250~33.5 mg/kg，最大值降低了 23.5%，两年间各分布范围占比趋势基本一致，且均有一半以上分布在 ≤ 5 mg/kg 范围内。

2.1.4 各地市不同年份小麦、小麦粉中铝元素含量比较

由图 1 可见，济南市连续两年小麦中铝元素含量平均值均为最大，分别为 28.0、37.5 mg/kg，烟台市连续两年小麦中铝元素含量平均值均为最小，分别为 11.4、11.6 mg/kg。

由图 2 可见，各地市 2022 年、2023 年小麦粉中铝元素含量平均值均在 25 mg/kg 以下，聊城市连续两年小麦粉中铝元素含量平均值均为最大，均大于 14 mg/kg，东营市连续两年小麦粉中铝元素含量

平均值均为最小，均小于 2 mg/kg。

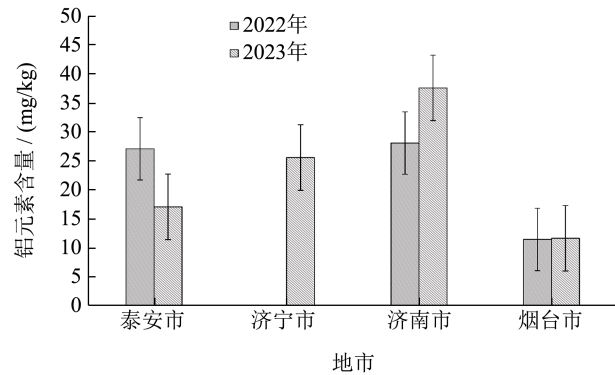


图 1 各地区不同年份小麦中铝含量比较

Fig.1 Comparison of aluminum content in wheat of different years in different cities

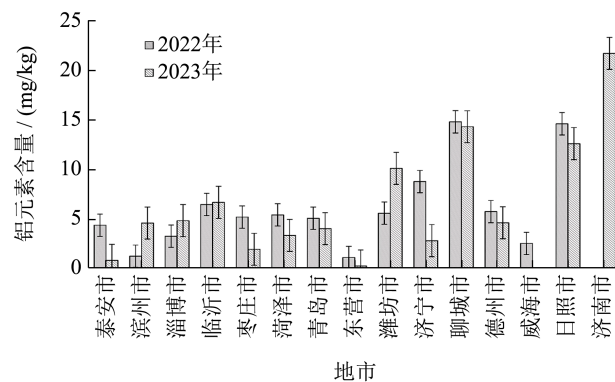


图 2 各地区不同年份小麦粉中铝含量

Fig.2 Aluminum content in wheat flour of different years in different regions

2.2 铝本底参考值的确定

根据正态性检验，小麦、小麦粉中铝元素含量的峰度绝对值小于 10 并且偏度绝对值小于 3，基本可接受为正态分布（含量分布如图 3、图 4 所示），以平均值加 3 倍标准偏差所得值作为铝本底值；当平均值加 3 倍标准偏差小于最大值时，以最大值作为本底值^[26-29]。106 份小麦中铝元素含量平均值加 3 倍标准偏差的值为 73.4 mg/kg，大于最大值 69.1 mg/kg，所以小麦中铝本底值为 73.4 mg/kg；427 份小麦粉中铝元素含量平均值加 3 倍标准偏差的值为 23.3 mg/kg，小于最大值 43.8 mg/kg，所以小麦粉中铝本底值为 43.8 mg/kg。同理，2022 年，山东省小麦中铝本底值为 79.5 mg/kg、小麦粉中铝本底值为 43.8 mg/kg；2023 年，山东省小麦中铝本底值为 66.7 mg/kg、小麦粉中铝本底值为 33.5 mg/kg；济南市小麦中铝本底值最高，为 92.6 mg/kg；聊城市小麦粉中铝本底值最高，为 44.0 mg/kg。

综上, 选取 92.6 mg/kg 作为山东省小麦中铝本底值的参考值, 选取 44.0 mg/kg 作为山东省小麦粉中铝本底值的参考值。陈瑞英等^[23]研究结果表明泰州市小麦中铝元素含量为 2.80~53.0 mg/kg、平均值为 18.6 mg/kg, 小麦粉中铝元素含量为 0.39~53.0 mg/kg、平均值为 10.4 mg/kg, 推荐 45 mg/kg 作为当地小麦粉制品中铝限量参考值, 与本文结果基本一致。

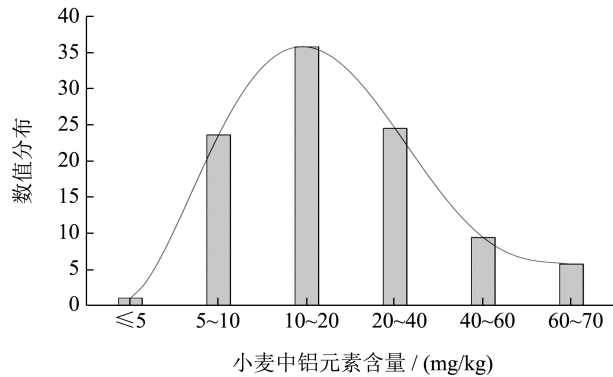


图 3 小麦中铝元素含量分布图

Fig.3 Distribution of aluminum content in wheat

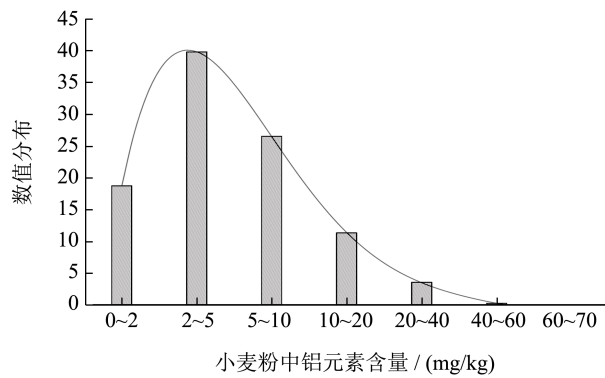


图 4 小麦粉中铝元素含量分布图

Fig.4 Distribution of aluminum content in wheat flour

表 5 市售小麦粉制品中铝元素含量

Table 5 Aluminum content in commercially available wheat flour products

序号	样品类别	样本数 /份	铝元素含量/(mg/kg)	含量范围/(mg/kg)	中位数/(mg/kg)
1	发酵面制品	7	4.85 ± 1.31	3.26~7.34	4.88
2	生湿面制品	3	5.08 ± 2.09	2.65~7.95	4.63
3	速冻水饺皮	4	5.12 ± 2.16	2.65~7.65	5.10

2.3 市售小麦粉制品中铝元素含量测定

测定原料产地为山东省的市售发酵面制品 7 份、生湿面制品 3 份, 速冻水饺皮 4 份共计 14 份小麦粉制品中铝元素含量。结果如表 5 所示, 14 份样品中均有铝元素检出, 铝元素含量在 2.65~7.95 mg/kg

范围内, 平均值为 4.98 mg/kg, 符合上述小麦粉中铝本底值范围要求。

3 结论

本研究连续两年对山东省 16 地市 550 份小麦、小麦粉、麦麸及小麦粉制品中铝元素含量进行分析, 结果表明: 铝元素在不同时期、不同地市小麦、小麦粉样品中普遍存在; 山东省小麦与小麦粉中铝元素含量存在显著性差异 ($P < 0.05$), 小麦中铝元素含量为 4.04~69.1 mg/kg、平均值为 22.4 mg/kg, 小麦粉中铝元素含量为 0.250~43.8 mg/kg、平均值为 5.82 mg/kg; 不同年份、不同地市小麦、小麦粉中铝元素含量存在显著性差异 ($P < 0.05$)。研究结果可以为山东省小麦粉及小麦粉制品中是否添加含铝食品添加剂提供理论依据, 为食品安全监管提供技术保障, 建议各地根据实际情况制定小麦粉及其制品中的铝元素限量指标。

参考文献

- [1] 石建军. 食品中铝的测定及食源铝污染的初步研究[D]. 重庆:西南大学,2010.
- [2] GUO J F, PENG S J, TIAN M S. Dietary exposure to aluminum from wheat flour and puffed products of residents in Shanghai, China [J]. Food Additives and Contaminant, 2015, 32(12): 2018-2026.
- [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.
- [4] JAMES K EDZWALD. Aluminum in drinking water: occurrence, effects, and control [J]. Journal-American Water Works Association, 2020, 5: 34-41.
- [5] WALTON R C, MCCROHANA C R, LIVENS F, et al. Trophic transfer of aluminum through an aquatic grazer-omnivore food chain [J]. Aquatic Toxicology, 2010, 99(1): 93-99.
- [6] KLEIN G L. Aluminum toxicity to bone: A multisystem effect [J]. Osteoporosis International, 2019, 5(1): 2-5.
- [7] 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]. Journal of Alzheimers Disease, 2018, 62(1): 361-372.
- [8] 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.
- [9] 张境, 胡雨婷, 汤小蕾, 等. 仿生研究食品中铝的体内迁

- 移分配及其生物利用率评价[J].食品安全质量检测学报,2020,11(1):66-70.
- [10] 李玉梅,卢红伟,亓春梅,等.山东省小麦产业发展战略研究[J].农业开发与装备,2022,12:73-75.
- [11] HELLEMANS T, LANDSCHOOT S, DEWITTE K, et al. Impact of Crop husbandry practices and environmental conditions on wheat composition and quality: A review [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2018, 66(11): 2491-2509.
- [12] 李娜,任钊,王坦,等.河南省小麦面粉制品中铝含量调查研究[J].农产品加工,2021,14:75-79.
- [13] 焦海涛,张鑫,杨晓倩,等.2013-2016年济南市膳食食品中铝残留量监测及人群暴露评估[J].现代预防医学,2017,44(16):2944-2947.
- [14] 张玉娟,王昭祯,张志强,等.我国亟需制定面粉制品中铝含量的限量标准[J].中国卫生监督杂志,2015,22(5):478-480.
- [15] 张婉,王昭祯,张建彬,等.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.
- [16] 张慧敏,刘桂华,罗若荣,等.食品中铝含量测定方法的研究[J].食品安全质量检测学报,2014,10:3223-3229.
- [17] GB 5009.268-2016食品安全国家标准 食品中多元素的测定.[S].
- [18] SINHA P, LAMBERT M B, TRUMBULL V L, et al. Evaluation of statistical methods for left-censored environmental data with nonuniform detection limits [J]. Environmental Toxicology and Chemistry, 2006, 25(9): 2533-2540.
- [19] 韩德娟,李凤玲,李晋.2021年泰安市粮油食品中黄曲霉毒素B₁污染状况及膳食暴露风险评估[J].中国油脂,2023,48(7):73-78.
- [20] 肖革新.食品安全风险监测数据综合分析方法及应用[M].北京:科学出版社,2018.
- [21] 宫春波,王朝霞,孙月琳,等.食品安全风险监测数据统计处理常见问题探讨[J].中国食品卫生杂志,2013,25(6):575-578.
- [22] 邵白,孔维恒,冯烁,等.中国、欧盟、日本小麦粉制品中铝含量分析[J].检验检疫学刊,2018,28(6):1-4.
- [23] 陈瑞英,乔秋菊,刁春霞,等.小麦及面粉中铝本底含量的调查[J].中国卫生检验杂志,2017,27(19):2864-2866.
- [24] 张顺辉,洪维维,周昱,等.一种低铝含量面粉的加工方法:中国,CN102489358A[P],2012-06-13.
- [25] 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.
- [26] 魏宁果,范芳芳,樊成,等.电感耦合等离子体发射光谱法测定小麦粉中的二氧化钛的本底值[J].粮食与油脂,2021,34(3):124-127.
- [27] 陆美斌,王步军.中国主要品种小麦面粉中硼元素本底值含量调查[J].粮食与油脂,2018,31(1):79-81.
- [28] 李晓,李媛,张建成,等.陕西红枣中苯甲酸的本底值分析[J].现代食品科技,2022,38(4):254-259,233.
- [29] 李国辉,班楠,王道兵,等.酱油中内源性苯甲酸本底含量调查与溯源分析[J].食品科学,2021,42(20):286-291.