

DOI: 10.13652/j.spjx.1003.5788.2024.60119

# 豆制品中铝残留量超标原因溯源分析

黄雄伟<sup>1</sup> 袁 晓<sup>2</sup> 谭益升<sup>3</sup> 曾宪峰<sup>4</sup> 冯 敏<sup>5</sup> 谭金华<sup>1</sup>  
刘丹丹<sup>2</sup> 叶美玲<sup>3</sup>

(1. 湖南省产商品评审中心, 湖南 长沙 410000; 2. 广电计量检测(湖南)有限公司, 湖南 长沙 410007;  
3. 盐津铺子食品股份有限公司, 湖南 长沙 410000; 4. 湖南志成食品技术服务有限公司, 湖南 长沙 410000;  
5. 湖南省食品质量安全技术协会, 湖南 长沙 410000)

**摘要:** [目的] 分析豆制品中铝残留量超标的原因。[方法] 采用现场检查、问卷调查的方式, 对豆制品企业含铝食品添加剂的使用情况进行调研; 采用 GB 5009.182—2017 第二法和  $(103 \pm 2)^\circ\text{C}$  烘烤 5 h, 作为检测豆制品中铝残留量的方法和前处理条件; 采用清水浸泡、超声波清洗, 验证清洗工艺对于减少豆制品中铝残留量的影响。[结果] 豆制品中使用含铝添加剂并无工艺必要性; 固体消泡剂、石膏、香辛料和茶粉中铝的残留量远高于大豆, 经清洗后的原辅料中铝的残留量有不同程度的下降。[结论] 豆制品中铝的残留量超标并非使用含铝的食品添加剂所致; 主要原因有大豆原料清洗不彻底, 将铝含量很高的泥土和灰尘带入到豆制品中; 部分大豆原料的本底值较高, 固体消泡剂、石膏、香辛料、茶粉等部分辅料的铝含量高, 多种成分和因素叠加, 导致铝残留量超标。

**关键词:** 豆制品; 铝残留量; 含铝添加剂; 清洗

## Influencing factors and migration rules of 14 kinds of heavy metals in tableware

HUANG Xiongwei<sup>1</sup> YUAN Xiao<sup>2</sup> TAN Yisheng<sup>3</sup> ZENG Xianfeng<sup>4</sup> FENG Min<sup>5</sup>  
TAN Jinhua<sup>1</sup> LIU Dandan<sup>2</sup> YE Meiling<sup>3</sup>

(1. Hunan Product Evaluation Center, Changsha, Hunan 410000, China; 2. GRG Metrology & TEST (Hunan) Co., Ltd., Changsha, Hunan 410007, China; 3. Yanjin Shop Food Co., Ltd., Changsha, Hunan 410000, China; 4. Hunan Zhicheng Food Technology Service Co., Ltd., Changsha, Hunan 410000, China; 5. Hunan Food Quality and Safety Technology Association, Changsha, Hunan 410007, China)

**Abstract:** [Objective] Analyzing the reasons for excessive residual aluminum in soy products. [Methods] Conduct on-site inspections and questionnaire surveys to investigate the use of food additives containing aluminum in soy product enterprises. The second method of GB 5009.182—2017 and baking at  $(103 \pm 2)^\circ\text{C}$  for 5 h are used as the method for detecting residual aluminum in soybean products and the pre-treatment conditions, using water immersion and ultrasonic cleaning to verify the effect of the cleaning process on reducing the residual amount of aluminum in soy products. [Results] There is no process necessity to use aluminum-containing additives in soy products, the residual amount of aluminum in solid defoamers, gypsum, spices, and tea powder is much higher than that in soybeans, and the residual amount in the cleaned raw materials decreased in varying degrees. [Conclusion] The excessive residue of aluminum in soy products is not caused by the use of aluminum-containing food additives, the main reason is the soybean without being thoroughly cleaned, thus bringing soil and dust with high aluminum content into soy products. The high background values of some soybean raw materials and the high aluminum content of solid defoamers, gypsum, spices, tea powder and other auxiliary materials lead to excessive residual aluminum content.

**Keywords:** soy products; residual aluminum; food additives containing aluminum; cleaning

基金项目: 湖南省市场监督管理局科技计划项目(编号: 2023KJJH04)

通信作者: 黄雄伟(1969—), 男, 湖南省产商品评审中心高级工程师。E-mail: 626501292@qq.com

收稿日期: 2024-05-20 改回日期: 2024-08-03

中国国家市场监督管理总局发布的监督抽检数据显示,2021—2023年中国豆制品抽检合格率分别为99.06%<sup>[1]</sup>,98.91%<sup>[2]</sup>,99.17%<sup>[3]</sup>;某省豆制品抽检合格率分别为99.31%,99.37%,99.43%,优于全国平均水平。2022年豆制品铝的残留量不合格在某省豆制品不合格样品中占比超过了50%。铝不是人体必需元素,长期摄入铝残留超标的食品,可能影响人体对铁、钙等营养元素的吸收,导致骨质疏松、贫血等,甚至影响神经细胞的发育,因此铝的残留量不合格需要引起高度重视。

2021—2022年,某豆制品生产企业在抽检中出现多批次豆制品铝的残留量不合格,但有关豆制品中铝的残留量超标报道较少,此前对于豆制品中铝的残留量超标原因的研究也未引起重视。因此,课题组就豆制品中铝的残留量超标问题进行科研立项,旨在分析豆制品中铝的残留量的主要来源,找到降低铝的残留量的有效措施和办法,并对铝的残留量判定依据的合理性进行探讨研究,为豆制品加工企业健康发展提供依据。

## 1 检测方法

### 1.1 检测方法的选择

现行有效的食品中铝的残留量检测标准为GB 5009.182—2017《食品安全国家标准 食品中铝的测定》,其中规定了分光光度法适用于检测使用含铝食品添加剂的食品中的铝,电感耦合等离子体质谱法、电感耦合等离子体发射光谱法和石墨炉原子吸收光谱法适用于检测食品中的铝。《食品安全国家标准 食品中铝的测定》编制说明》指出供试液中铁离子高于0.5 μg时会干扰三价铝离子的测定,导致结果偏高。另外,2022年国家市场监督管理总局在食品安全监督抽检实施细则中也规定“臭豆腐限使用GB 5009.182第二法或第三法检测”。因此,采用GB 5009.182中的第二法——电感耦合等离子体质谱法检测样品中铝的残留量。

### 1.2 前处理方式的优化

为了保证结果的可比较性,铝残留量检测数据都将以去除水分的干基计,GB 5009.182中规定的前处理方法是:将固体样品粉碎均匀后置85℃恒温干燥箱中干燥4 h,但是豆制品样品中水分含量参差不齐,含水量>90%的豆腐脑和含水量<11%的腐竹油皮,在此条件下无法确保都能达到恒重。因此,参照GB 5009.3—2016《食品中水分的测定》中的测定条件,把各类样品置于(103±2)℃的烘箱中,分别放置4,5,6,7 h后取出,分别用电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)和电感耦合等离子体原子发射光谱法(ICP-OES)测定其铝的残留量,检测结果见表1和表2。由表2可以看出:相比烘烤5 h的样品,烘烤4 h后的样品铝残留量全部偏低,而烘烤6,7 h的与烘烤5 h的结果无明显差异,相对稳定,因此前处理条件统一选择为(103±2)℃烘烤5 h。

表1 不同前处理时间样品 ICP-MS 检测结果

Table 1 ICP-MS detection results with different pretreatment times

样品名称	铝残留量(干样品,以Al计)/(mg·kg <sup>-1</sup> )			
	4 h	5 h	6 h	7 h
大豆样品1	12.4	13.3	12.6	12.4
大豆样品2	29.0	30.9	30.2	30.9
花椒样品	77.0	77.8	78.0	81.0
孜然样品	86.0	90.6	87.4	89.8
豆干样品1	26.8	27.4	27.4	27.0
豆干样品2	34.5	41.6	42.5	42.0
豆干样品3	12.7	15.3	15.4	15.5

表2 不同前处理时间样品 ICP-OES 检测结果

Table 2 ICP-OES detection results with different pretreatment times

样品名称	铝残留量(干样品,以Al计)/(mg·kg <sup>-1</sup> )			
	4 h	5 h	6 h	7 h
大豆样品1	14.1	16.6	13.8	13.8
大豆样品2	31.0	33.6	32.3	34.3
花椒样品	75.4	83.4	78.0	75.7
孜然样品	92.8	113	101	122
豆干样品1	28.5	28.9	25.2	31.0
豆干样品2	36.4	46.2	46.3	47.7
豆干样品3	13.5	16.7	19.7	17.5

## 2 结果与分析

### 2.1 豆制品是否需要添加含铝食品添加剂

在国家市场监督管理总局2024年发布的《全国食品安全监督抽检实施细则》中,规定了豆制品中铝的残留量判定依据是GB 2760—2014《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》,铝的残留量(干样品,以Al计)≤100 mg/kg。其中,硫酸铝钾和硫酸铝铵在豆类制品中可根据生产需要适量使用,这两种添加剂的功能类别是膨松剂和稳定剂,膨松剂是在食品加工过程中加入的,能使产品形成致密多孔的组织,从而使制品蓬松、柔软或酥脆;稳定剂则是使食品结构稳定或使食品组织结构不变,增强黏性固形物的物质<sup>[4]</sup>。

在油炸面制品、糕点等食品中使用硫酸铝钾/硫酸铝铵是为了增强产品蓬松、酥脆的口感;在粉丝、粉条等淀粉制品中使用硫酸铝钾可以增加粉丝粉条的韧性使之不易折断,光泽度好。吴英等<sup>[5]</sup>对2016—2020年渝东北片区9个区县2 319份样品的铝的残留量检测数据进行分析发现,油炸面制品、发酵面制品、淀粉制品铝的残留量超标率分别为46.6%,35.7%,9.0%,157份豆制品全部合格。王琳等<sup>[6]</sup>随机抽取464份市售食品进行铝的残留量检测,发现淀粉制品、油炸面制品、面制品、糕点的不合格率分别为18.1%,

7.1%, 4.4%, 1.8%, 66 份豆制品样品全部合格。

豆制品的生产没有口感蓬松酥脆或增加韧性的要求,因此添加硫酸铝钾/硫酸铝铵并不具备工艺必要性,通过添加硫酸铝钾/硫酸铝铵来改善工艺的文献也未见报道。针对豆制品企业铝的残留量超标问题,课题组多次与监管部门深入豆制品企业检查和调研,在豆制品企业的生产现场、原辅料仓库均未发现硫酸铝钾或硫酸铝铵。2024 年,在某省豆制品企业培训会上,课题组发放专题调研表进行了调查,总计收回了 86 份有效调研表,所有企业均表示未使用硫酸铝钾、硫酸铝铵等含铝食品添加剂,也从侧面印证了这两种添加剂在豆制品生产中不具备工艺必要性。

豆制品原辅料主要是大豆、饮用水、凝固剂(石膏、酸浆水)、消泡剂(固体消泡剂、液体消泡剂)、香辛料(八角、桂皮、孜然等)、茶粉等。如果生产过程中企业未主动添加含铝食品添加剂,豆制品中铝的残留量有可能来源于原辅料或生产过程。为此,课题组收集了 2021—2024 年部分豆制品企业的原辅料和成品铝的残留量委托检测数据(见表 3)。对表 3 中数据进行分析发现,原辅料中消泡剂、石膏、香辛料和茶粉中铝的残留量不合格比例远高于大豆,尤其是茶粉中的铝含量都在 1 000 mg/kg 以上,因为茶树在生长过程中会富集周边环境中的铝<sup>[7]</sup>。但是这些原料在豆制品中的添加量不超过 5%,按最大残留量代入也不会导致最终产品中铝的残留量超过限量值标准。

## 2.2 大豆加工过程产物调研及检测结果分析

为了解不同来源的大豆原料、辅料中铝含量对成品中铝的残留量影响,课题组在某生产企业原料收购阶段

表 3 2021—2024 年部分豆制品企业铝的残留量数据<sup>†</sup>

Table 3 Residual aluminum data of bean products from enterprises in Hunan Province during 2021—2024

样品品种	检验样本数	铝残留量/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	不合格 样本数	不合格 率/%
大豆	89	3.93~253	10	11.2
水	226	未检出~0.863 (标准值为≤0.2)	2	0.88 5
豆腐	54	未检出~126	3	5.56
豆干坯	49	2.36~69.0	0	0
豆腐干成品	177	未检出~280	2	1.13
臭豆腐成品	51	5.77~156	8	15.7
消泡剂	25	2.41~653	14 <sup>△</sup>	56.0
石膏	7	7.04~435	2 <sup>△</sup>	28.6
香辛料*	7	7.09~758	4 <sup>△</sup>	57.1
茶粉	15	1 370~3 160	15 <sup>△</sup>	100

<sup>†</sup> \*香辛料包含八角、桂皮、孜然、辣椒、卤料包;△铝的残留量超过 100 mg/kg。

对各环节大豆及过程产物进行了采样检测:大豆的生长植株(大豆、豆荚、豆根)、田间土壤、大豆加工的过程产物(筛下物、干瘪粒、半边豆等)。检测结果发现:在同一地块收集的新鲜大豆、豆荚中铝的残留量远低于成品豆以及过程产物,成品豆中铝的残留量是新鲜大豆的 10 倍以上。对比这些样品的性状,还发现豆荚是从植株上直接采集,大豆是从采集的豆荚中剥离出来的,未沾染泥土和灰尘,而成品豆和筛下物沾染的泥土灰尘较多。大豆在收割、晾晒过程中不可避免会沾染泥土或灰尘,而土壤中铝元素含量很高,课题组采集了种植大豆的田间土壤,铝的残留量检测结果约 10 g/kg(见表 4),即使带有少量泥土也会导致大豆铝的残留量数值有明显增加。

同时课题组对部分样品进行了简单的流水冲洗后再次烘干检测,具体结果见表 4(其中后缀数字相同的大豆、豆荚、豆根为对应样品,大豆样品为对应编号的豆荚样品中剥离出来的,豆根也是从对应的植株上取样),结果显示:成品豆和筛下半边豆铝的残留量明显高于成品豆,未清洗的样品铝的残留量明显高于清洗后的。

表 4 不同大豆样品铝的残留量结果对比

Table 4 Comparison of residual aluminum content in different samples from soybean production areas

样品类别	样品名称	清洗前/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	流水清洗后/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	下降比 例/%
田间采集样品	大豆 1	1.96		
	豆荚 1	24.2		
	豆根 1	955		
	大豆 2	3.93		
	豆荚 2	31.1		
	豆根 2	738		
	大豆 3	21.0		
	豆荚 3	138		
	豆根 3	1.66×10 <sup>3</sup>		
	大豆 4	15.4		
	豆荚 4	195		
	豆根 4	723		
田间土壤	田间土壤 1	1.04×10 <sup>4</sup>		
	田间土壤 2	9.45×10 <sup>3</sup>		
生产过程产物	筛下干瘪粒	94.0	83.8	10.85
	半边豆(筛下物)	210	91.6	56.38
	筛下豆	119	92.2	22.52
筛下半边豆	筛下半边豆	239	169	29.29
	成品豆 1	43.5	40.8	6.21
	成品豆 2	60.5	41.8	30.91

### 2.3 清洗工序对于铝的残留量的影响

为了进一步验证泥土灰尘对于豆制品中铝的残留量的影响,课题组对多家豆制品企业进行了现场调研,采集了他们现阶段使用的原料,又进行了清洗前后铝的残留量的检测结果对比。通过该试验确认了清洗工序对于豆制品原料中铝的残留量的控制有明显效果,通过简单清洗除去灰尘可明显降低铝的残留量,详见表5。

### 2.4 清洗方式和时间的验证

豆制品原辅料中的大豆、八角、桂皮、孜然、花椒等初级农产品在采摘和加工过程也容易被泥土灰尘污染。为了验证不同清洗方式对泥土灰尘的去除效果,选择大豆(大豆1、大豆2、大豆3)的铝残留量分别为7.74、43.4、224 mg/kg)、八角(铝残留量为1 339 mg/kg)、花椒(铝残留量为70.3 mg/kg)3种原料,分别进行浸泡清洗和超声波清洗,其中浸泡清洗的取样时间点为2,4,6 h和过夜(>8 h),超声波清洗的取样时间点为15,30,45,60,120 min,验证结果见表6。

由表6可知:浸泡过夜对于减少铝残留量的效果最

表5 生产企业大豆样品清洗前后结果对比

Table 5 Comparison of pre - and post cleaning results of soybean samples from production enterprises

企业	样品标识	清洗前/ (mg•kg <sup>-1</sup> )	流水清洗后/ (mg•kg <sup>-1</sup> )	下降比例/%
企业1	样品1	7.37	2.49	66.21
	样品2	112	41.3	63.13
企业2	样品1	7.60	4.28	43.68
企业3	样品1	31.8	23.3	26.73
企业4	样品1	17.2	14.1	18.02
	样品2	13.1	10.1	22.90
	样品3	9.49	7.13	24.87
	样品4	74.0	43.8	40.81
企业5	样品1	25.6	22.0	14.06
企业6	样品1	31.1	24.8	20.26
	样品2	4.46	3.90	12.56

好,超声波清洗60 min也能达到相似效果,选用超声波清洗60 min作为研究样品清洗条件。

表6 清洗方式和清洗时间对铝残留量的影响

Table 6 Comparison of residual aluminum content before and after cleaning with different cleaning methods and times

处理方式	大豆1		大豆2		大豆3		八角		花椒	
	残留量/ (mg•kg <sup>-1</sup> )	下降比例/%	残留量/ (mg•kg <sup>-1</sup> )	下降比例/%	残留量/ (mg•kg <sup>-1</sup> )	下降比例/%	残留量/ (mg•kg <sup>-1</sup> )	下降比例/%	残留量/ (mg•kg <sup>-1</sup> )	下降比例/%
浸泡2 h	4.99	35.58	29.8	31.40	107	52.41	1 122	16.18	61.8	12.04
浸泡4 h	4.09	47.17	37.7	13.15	116	48.19	667	50.17	57.3	18.49
浸泡6 h	2.51	67.55	31.4	27.61	107	52.15	589	56.05	45.5	35.24
浸泡过夜	2.46	68.25	29.9	31.00	101	54.85	505	62.32	44.4	36.77
超声15 min	5.36	30.74	42.2	2.86	168	25.20	972	27.44	67.9	3.41
超声30 min	4.08	47.28	40.8	6.04	123	45.09	806	39.80	56.0	20.36
超声45 min	3.49	54.86	37.5	13.53	124	44.42	626	53.27	50.3	28.51
超声60 min	3.34	56.81	41.4	4.57	116	48.17	523	60.95	43.9	37.50
超声120 min	3.58	53.68	40.6	6.48	112	49.81	538	59.80	40.7	42.04

### 2.5 大豆及加工环节中铝的残留量

表6中大豆3未经清洗,铝的残留量检测值为224 mg/kg,浸泡过夜后检测值为101 mg/kg,超声波清洗120 min后检测值为112 mg/kg,说明部分大豆原料的本底值较高,也是豆制品铝残留量超标的原因之一。不同企业的大豆、生产用水以及用这些原料产生的豆坯、豆渣以及豆清液(黄浆水)的铝残留量见表7,豆清液中均未检出铝残留(定量限0.5 mg/L),说明生产中加入的水并未带走或少量带走原料中的铝;铝主要存在于豆坯和豆渣中,铝在豆坯和豆渣中的分布是否存在一定规律,还需要进一步研究。

### 2.6 其他原辅料清洗前后铝的残留量

为了研究豆制品企业使用的香辛料、茶粉、消泡剂等原料中铝的残留量情况,对省内多个县区的豆制品和香辛料生产企业进行了调研,收集了大豆、香辛料(辣椒、花椒、八角、孜然)、石膏、消泡剂原料等样品,对适合清洗的样品进行60 min的超声清洗,对所有样品进行铝残留量检测。如表8所示,经过清洗的香辛料中铝的残留量都有较大幅度的下降。

香辛料生产过程主要是通过风机剔除原料中的石头、用振动筛筛去泥沙和碎屑,筛下物中铝的残留量远高于成品,说明筛去泥沙之后可以降低香辛料中铝的残留量。

表 7 同批次主要原料与成品、副产品铝的残留量结果

Table 7 Results of residual aluminum content in the main raw materials, finished products, and by-products of the same batch

企业	大豆/(mg•kg <sup>-1</sup> )	生产用水/(mg•L <sup>-1</sup> )	豆坯/(mg•kg <sup>-1</sup> )	豆渣/(mg•kg <sup>-1</sup> )	豆清液/(mg•L <sup>-1</sup> )
企业 1	44.7	0.032 3	7.32	8.73	未检出
企业 2	9.28	0.028 3	5.03	2.47	未检出
企业 3	58.9	0.058 9	17.2	11.2	未检出
企业 4	66.3	0.016 7	10.5	12.3	未检出
企业 5	44.1	0.017 9	22.4	17.4	未检出
企业 6	54.2	0.088 8	13.4	12.2	未检出
企业 7	52.5	0.038 3	12.6	12.0	未检出
企业 8	42.1	0.031 3	9.84	8.05	未检出

表 8 不同企业的原辅料检测结果对比

Table 8 Comparison of raw material testing results from different enterprises

企业	样品名称	铝残留量(干样品,以 Al 计)		
		清洗前/(mg•kg <sup>-1</sup> )	清洗后/(mg•kg <sup>-1</sup> )	下降比例/%
企业 1	八角一级(成品)	1 020	769	24.57
	八角一级(原料)	896	765	14.59
	八角一级振动筛筛下物	2 370	429	81.92
	八角一级细粉筛下物	3 330	2 100	36.94
	板椒成品	75.4	42.5	43.66
	板椒原料	70.8	37.9	46.51
	板椒振动筛选物	1 050	530	49.54
	桂皮(敲下物)	2 250	229	89.82
	桂皮(敲过后)	64.2	62.1	3.30
	梅花椒—甘肃	101	97.6	3.43
	孜然原料	149	102	31.56
	孜然成品	127	106	17.15
	孜然直线筛下物	4 800	3 930	18.13
	孜然筛下物细粉	237	134	43.51
企业 2	孜然原料	39.0	33.5	14.10
	色选孜然	35.4	27.0	23.73
	风选孜然	64.4	56.8	11.80
	孜然成品	36.3	32.5	10.47
	X 光精选孜然	32.4	25.2	22.22
企业 3	石膏原料(工业用)	242		
	石膏原料(食品用)	20.3		
	石膏粉(2023-12-18)	114		
	石膏粉(2024-03-28)	189		
企业 4	桂皮	127	71.3	43.85
	八角	694	364	47.55
	卤水	1.05		
	石膏液	9.02		
	石膏粉	35.1		
企业 5	二氧化硅(消泡剂用)	381		
	碳酸钙(消泡剂用)	487		
	吐温-80(消泡剂用)	8.41		
企业 6	茶粉	1.14×10 <sup>3</sup>		
企业 7	茶粉混合物	769		
	毛茶原料	526		

### 3 讨论

食品中铝的主要来源:①含铝食品添加剂带入;②食品本底;③食品接触容器和包装材料迁移。之前报道的铝的残留量超标食品主要是油炸面制品和淀粉制品<sup>[8-9]</sup>,这些产品铝的残留量超标的原因也被认为主要是超范围和超限量使用含铝食品添加剂所致。尹红娜等<sup>[10]</sup>在河南省17个地市采集569份,确认未添加含铝食品添加剂的小麦、小麦粉和麸皮样品中,检测出铝残留量的平均值分别为30.92,15.14,58.32 mg/kg,认为小麦中铝元素主要集中在麸皮中,分析麸皮中铝含量较高的原因有:小麦在生长过程中,麦皮更容易接触到大气中来自工业废气、土壤的尘埃、人类活动的灰尘中铝污染源;小麦收获后在晾晒过程中,农民通常习惯于将其平铺在水泥地或柏油路上晾晒,麦皮也可能沾染到含铝污染物。

从豆制品的生产工艺来说,添加硫酸铝钾/硫酸铝铵并无工艺必要性,在对豆制品生产企业的调研过程中也发现为了避免铝的迁移污染,企业早已主动停用含铝的器具,可以排除工器具中铝迁移导致超标的可能。因此,豆制品中铝主要来源于原辅料的带入。

从文中的结果可以看出,大豆、八角、桂皮、孜然中的铝主要来源于这些原辅料在采收贮存运输加工过程中所沾染的泥土和灰尘。经过超声清洗后,铝的残留量都有明显下降。在对豆制品企业的调研也发现,部分企业在生产过程中并未认真清洗大豆原料,称量好的大豆整包进行浸泡、沥水之后直接磨浆,这样的工艺很难完全去除大豆表层的泥土和灰尘。这一点与戴煜<sup>[11]</sup>对番薯淀粉中铝含量研究过程中的发现非常相似,采用传统方法生产番薯淀粉时番薯只经过清洗但并不去皮,简单冲洗的番薯皮中铝含量平均值高达789.1 mg/kg。通过进一步分析发现,番薯淀粉中的铝主要来源于清洗不干净的番薯皮。

其他辅料中固体消泡剂、石膏、八角、孜然、茶粉的铝含量也较高,这些辅料在豆制品生产中投料比例之和一般小于5%,对于终产品中铝的残留量贡献度小于主要原料大豆,但也需要进一步研究各原辅料对豆制品中铝的贡献度,为豆制品企业建立铝的残留量风险防控体系提供精准指导。

### 4 结论

豆制品中铝残留量超标的原因不能简单归结于使用了硫酸铝钾或硫酸铝铵等含铝食品添加剂,也不能单纯地研判为原料大豆中铝本底的带入,作为企业应做好全过程的豆制品中铝残留量超标原因溯源分析,规范生产工艺,全面落实企业主体责任,提升质量风险防控能力。

#### 参考文献

[1] 市场监管总局关于2021年市场监管部门食品安全监督抽检

情况的通告〔2022年第15号〕[EB/OL]. (2022-05-06) [2024-05-12]. [https://www.sac.gov.cn/zw/zfxxgk/fdzdgknr/spcjs/art/2023/art\\_a77bfe931a1a4282bc100729a9f51544.html](https://www.sac.gov.cn/zw/zfxxgk/fdzdgknr/spcjs/art/2023/art_a77bfe931a1a4282bc100729a9f51544.html).

Notice of the State Administration for Market Regulation on the sampling and inspection of food safety supervision in 2021 [No. 15 of 2022] [EB/OL]. (2022-05-06) [2024-05-12]. [https://www.sac.gov.cn/zw/zfxxgk/fdzdgknr/spcjs/art/2023/art\\_a77bfe931a1a4282bc100729a9f51544.html](https://www.sac.gov.cn/zw/zfxxgk/fdzdgknr/spcjs/art/2023/art_a77bfe931a1a4282bc100729a9f51544.html).

[2] 市场监管总局关于2022年市场监管部门食品安全监督抽检情况的通告〔2023年第12号〕[EB/OL]. (2023-05-26) [2024-05-12]. [https://www.samr.gov.cn/spcjs/xxfb/art/2023/art\\_37cd3b13d9d3426a80f933802d76cd90.html](https://www.samr.gov.cn/spcjs/xxfb/art/2023/art_37cd3b13d9d3426a80f933802d76cd90.html).

Notice of the State Administration for Market Regulation on the sampling and inspection of food safety supervision in 2022 [No. 12 of 2023] [EB/OL]. (2023-05-26) [2024-05-12]. [https://www.samr.gov.cn/spcjs/xxfb/art/2023/art\\_37cd3b13d9d3426a80f933802d76cd90.html](https://www.samr.gov.cn/spcjs/xxfb/art/2023/art_37cd3b13d9d3426a80f933802d76cd90.html).

[3] 市场监管总局关于2023年市场监管部门食品安全监督抽检情况的通告〔2024年第13号〕[EB/OL]. (2024-04-29) [2024-05-20]. [https://www.samr.gov.cn/zw/zfxxgk/fdzdgknr/spcjs/art/2024/art\\_a3bbcf9057e240d284343e782ffd63e5.html](https://www.samr.gov.cn/zw/zfxxgk/fdzdgknr/spcjs/art/2024/art_a3bbcf9057e240d284343e782ffd63e5.html).

Notice of the State Administration for Market Regulation on the sampling and inspection of food safety supervision in 2022 [No. 13 of 2024] [EB/OL]. (2024-04-29) [2024-05-20]. [https://www.samr.gov.cn/zw/zfxxgk/fdzdgknr/spcjs/art/2024/art\\_a3bbcf9057e240d284343e782ffd63e5.html](https://www.samr.gov.cn/zw/zfxxgk/fdzdgknr/spcjs/art/2024/art_a3bbcf9057e240d284343e782ffd63e5.html).

[4] 国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品添加剂使用标准: GB 2760—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.

National Health and Family Planning Commission. Chinese standard of food additives: GB 2760—2014 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2014.

[5] 吴英, 罗长琴, 熊双, 等. 渝东北片区食品中铝含量监测结果分析[J]. 现代食品, 2022(17): 186-189

WU Y, LUO C Q, XIONG S, et al. Analysis of monitoring results of aluminum content in food in northeast Chongqing[J]. Modern Food, 2022(17): 186-189.

[6] 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(15): 5 246-5 251.

WANG L, ZHAO Y R, PENG G H, et al. Comparison and risk assessment on aluminum content of different types of food[J]. Journal of Food Safety and Quality Testing, 2020(15): 5 246-5 251.

[7] 邱子豪, 宋钊, 孙彬妹, 等. 茶树铝吸收和铝耐受研究进展[J]. 中国茶叶, 2023(6): 1-9.

QIU Z H, SONG F, SUN B M, et al. Research progress on aluminum absorption and tolerance in tea plants[J]. China Tea, 2023(6): 1-9.

(下转第104页)

- and Quality, 2020, 21(11): 8 010-8 020.
- [8] 段宇飞, 王巧华. 基于特征选择与特征提取融合的鸡蛋新鲜度光谱快速检测模型优化[J]. 食品科学, 2020, 41(12): 273-278.  
DUAN Y F, WANG Q H. Optimization of a fast detection model for egg freshness spectral detection based on the fusion of feature selection and feature extraction[J]. Food Science, 2020, 41(12): 273-278.
- [9] 谭航彬, 姜丽, 金尚忠, 等. 基于拉曼光谱的鸡蛋新鲜度检测及分类方法[J]. 中国计量大学学报, 2022, 33(2): 181-188, 203.  
TAN H B, JIANG L, JIN S Z, et al. A method for detecting and classifying the freshness of eggs based on Raman spectroscopy [J]. Journal of China University of Metrology, 2022, 33(2): 181-188, 203.
- [10] 尚静, 孟庆龙, 黄人帅, 等. 光纤光谱技术对猕猴桃品质及成熟度的无损检测[J]. 光学精密工程, 2021, 29(5): 1 190-1 198.  
SHANG J, MENG Q L, HUANG R S, et al. Non destructive testing of kiwifruit quality and maturity using fiber optic spectroscopy technology[J]. Optical Precision Engineering, 2021, 29(5): 1 190-1 198.
- [11] 姜凤利, 杨磊, 田有文, 等. 基于高光谱成像的软枣猕猴桃 SSC 检测研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2023, 54(3): 318-326.  
JIANG F L, YANG L, TIAN Y W, et al. Research on SSC detection of soft jujube kiwifruit based on hyperspectral imaging[J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2023, 54(3): 318-326.
- [12] 林家豪, 张元泽, 梁千月, 等. 基于视触觉与深度学习的猕猴桃无损硬度检测方法[J]. 农业机械学报, 2023, 54(10): 390-398.  
LIN J H, ZHANG Y Z, LIANG Q Y, et al. A non-destructive hardness testing method for kiwifruit based on visual touch and deep learning[J]. Journal of Agricultural Machinery, 2023, 54(10): 390-398.
- [13] 姚坤杉, 孙俊, 陈晨, 等. 基于高光谱技术的三七不同部位粉末的无损鉴别[J]. 光谱学与光谱分析, 2023, 43(7): 2 027-2 031.  
YAO K S, SUN J, CHEN C, et al. Non destructive identification of powders from different parts of Panax notoginseng based on hyperspectral technology[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2023, 43(7): 2 027-2 031.
- [14] 马冬菁, 刘怡菲, 王宇, 等. 丹东地区 4 种软枣猕猴桃果实中多糖特性研究[J]. 辽宁林业科技, 2020(1): 11-13, 45.  
MA D J, LIU Y F, WANG Y, et al. A study on the polysaccharide characteristics of four kinds of soft date kiwifruit fruits in Dandong region[J]. Liaoning Forestry Technology, 2020(1): 11-13, 45.
- [15] 孙兴盛, 顾思彤, 蒋海峰, 等. 软枣猕猴桃后熟过程中生理及品质变化规律[J]. 包装工程, 2021, 42(5): 45-54.  
SUN X S, GU S T, JIANG H F, et al. Physiological and quality changes during the ripening process of kiwifruit with soft dates [J]. Packaging Engineering, 2021, 42(5): 45-54.
- [16] 王立扬, 张瑜, 沈群, 等. 基于改进型 LeNet-5 的苹果自动分级方法[J]. 中国农机化学报, 2020, 41(7): 105-110.  
WANG L Y, ZHANG Y, SHEN Q, et al. Automatic apple classification method based on improved lenet-5[J]. Chinese Journal of Agricultural Mechanochemistry, 2020, 41(7): 105-110.
- [17] 杨志锐, 郑宏, 郭中原, 等. 基于网中网卷积神经网络的红枣缺陷检测[J]. 食品与机械, 2020, 36(2): 140-145, 181.  
YANG Z R, ZHENG H, GUO Z Y, et al. Defect detection of jujube based on convolutional neural network of net in net[J]. Food & Machinery, 2020, 36(2): 140-145, 181.
- [20] 付丹丹, 王巧华, 高升, 等. 不同品种鸡蛋贮期 S-卵白蛋白含量分析及其可见/近红外光谱无损检测模型研究[J]. 分析化学, 2020, 48(2): 289-296.  
FU D D, WANG Q H, GAO S, et al. Analysis of S-protein content in different types of eggs during storage and study of visible/near-infrared spectroscopy non-destructive detection models[J]. Analytical Chemistry, 2020, 48(2): 289-296.
- 
- (上接第 15 页)
- [8] 霍玉发, 周丽娟, 孙宁. 2014 年 150 份面制品和淀粉类食品中铝元素残留量调查[J]. 中国卫生产业, 2015(20): 107-109.  
HUO Y F, ZHOU L J, SUN N. 150 flour and starch food aluminum residue investigation in 2014[J]. China Health Industry, 2015(20): 107-109.
- [9] 尹玉云. 河南省淀粉及淀粉制品抽检监测情况及问题分析[J]. 现代食品, 2019(12): 192-196.  
YIN Y Y. Inspection and monitoring of starch and starch products and analysis of problems in Henan Province[J]. Modern Food, 2019(12): 192-196.
- [10] 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(23): 8 906-8 911.  
YIN H N, ZHENG C Y, ZHANG Y X, et al. Investigation of aluminum background in wheat and wheat flour in Henan province[J]. Journal of Food Safety and Quality, 2020(23): 8 906-8 911.
- [11] 戴煜. 番薯淀粉中铝含量测定及减控方法研究[J]. 食品安全导刊, 2023(32): 39-41.  
DAI Y. Study on the determination and reduction control methods of aluminum content in sweet potato starch[J]. China Food Safety Magazine, 2023(32): 39-41.