

# 电感耦合等离子体发射光谱法测定油条中铝含量的不确定度评定

李流川, 李德华, 常虹, 鲜欣言\*, 陈玲, 庞宣平

(达州市疾病预防控制中心, 达州 635002)

**摘要:** **目的** 评定电感耦合等离子体发射光谱法(inductively coupled plasma-optical emission spectrometry, ICP-OES)检测油条中铝含量的不确定度。**方法** 根据测量不确定度的评定原理和方法, 建立测量不确定度数学模型, 进行分量计算, 确定不确定值, 对测量结果的不确定度进行评定。**结果** 油条中铝元素测定结果为12.65 mg/kg, 扩展不确定度为0.53 mg/kg ( $k=2, P=95\%$ )。**结论** 测定过程不确定度主要来源于标准曲线拟合、重复性测定、回收率。

**关键词:** 电感耦合等离子体发射光谱法; 油条; 不确定度

## Evaluation of uncertainty in determination of aluminum in deep-fried dough sticks by inductively coupled plasma-optical emission spectrometry

LI Liu-Chuan, LI De-Hua, CHANG Hong, XIAN Xin-Yan\*, CHEN Ling, PANG Xuan-Ping

(Dazhou Center for Disease Control and Prevention, Dazhou 635002, China)

**ABSTRACT: Objective** To evaluate the uncertainty for the determination of aluminum in deep-fried dough sticks by inductively coupled plasma-optical emission spectrometry (ICP-OES). **Methods** According to the evaluation principle and measurement method based on measurement uncertainty, the mathematical model of uncertainty in measurement was established, component calculation was conducted, and then uncertainty was determined. The uncertainty of measurement results was evaluated. **Results** The results of determination of aluminum in deep-fried dough sticks were 12.65 mg/kg, The expanded uncertainty was 0.53 mg/kg ( $k=2, P=95\%$ ). **Conclusion** The uncertainty of determination process mainly comes from the fitting of standard curve, repeatability test and the rate of recovery.

**KEY WORDS:** inductively coupled plasma-optical emission spectrometry; deep-fried dough sticks; uncertainty

## 0 引言

油条, 又称裸子, 是一种古老的汉族面食, 长条形中空的油炸食品, 口感酥脆有韧劲, 中国传统的早点之一, 多次被检测出铝含量超标<sup>[1-2]</sup>。GB 2760—2014《食品安全

国家标准 食品添加剂使用标准》<sup>[3]</sup>规定硫酸铝铵(铵明矾)和硫酸铝钾(钾明矾)按需要适量可作为膨松剂、稳定剂, 但普通市民依靠个人经验易滥用<sup>[4]</sup>, 或为节约成本选择价格低廉、效果明显的明矾作为添加剂<sup>[5-6]</sup>, 或因油脂反复循环多次使用等因素都可能是铝超标的来源<sup>[7]</sup>。

基金项目: 四川省基层卫生事业发展研究中心项目 (SWFZ15-Y-28)

Fund: Supported by Sichuan Provincial Research Center for the Development of Grassroots Health Service Program(SWFZ15-Y-28)

\*通信作者: 鲜欣言, 主管技师, 主要研究方向为理化检验、食品质量与安全。E-mail: 346708561@qq.com

\*Corresponding author: XIAN Xin-Yan, Charge Technician, Dazhou Center for Disease Control and Prevention, Dazhou 635002, China. E-mail: 346708561@qq.com

铝元素是人体非必须微量元素<sup>[8]</sup>,可在人体内蓄积并干扰细胞内多种生物活性物质的调节功能,对神经系统、骨骼系统、免疫系统、生殖系统等产生不同程度的毒性作用<sup>[9-11]</sup>。经膳食摄入的铝有3个来源,分别是食物本底含铝,加工过程中所使用的含铝添加剂,烹调储存过程中铝制炊具和容器的铝迁移<sup>[12]</sup>。

在铝的检测工作中,由于标准物质、仪器设备、试剂、技术水平等诸多因素,分析结果必定存在误差,需要进行不确定度分析。测量不确定度是表征合理赋予被测量值的分散性,与测定结果相关联的参数,是评定测量水平的特性指标,也是判定测量结果可靠程度的重要依据,是国际检测实验室之间互认和通用准则接轨的基础<sup>[13-14]</sup>,因此测量不确定度成为实验室检测过程及判定测量结果准确度的重要参考指标。因此,本研究参照JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》<sup>[15]</sup>的要求和规定,运用电感耦合等离子体发射光谱法(inductively coupled plasma-optical emission spectrometer, ICP-OES)检测油条中铝含量,并对其结果做出不确定度的评价,以期为提高检测方法的准确性提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 仪器与试剂

Prodigy 电感耦合等离子体发射光谱仪(美国利曼公司); ME204E 万分之一电子天平(美国梅特勒托利多公司); MARS 微波消解仪(美国 MARS 公司); DK-2 可调式电沙浴(常州润华电器有限公司)。

铝元素标准溶液[编号 GBW(E)081594, (1000±0.5) mg/L, 中国计量科学研究院]; 硝酸(BV-III级, 北京化学试剂研究所); 高氯酸、过氧化氢(AR 级, 成都科龙化工试剂厂)。

### 1.2 实验方法

检测方法: GB 5009.268—2016《食品安全国家标准 食品中多元素的测定》<sup>[16]</sup>第二法电感耦合等离子体发射光谱法。

精密度、回收率判定方法: GB/T 27404—2008《实验室质量控制规范 食品理化检测》<sup>[17]</sup>。

不确定度评定方法: JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》<sup>[15]</sup>、GB/T 27418—2017《测量不确定度评定和表示》<sup>[18]</sup>、CNAS-GL006—2019《化学分析中不确定度的评估指南》<sup>[19]</sup>。

#### 1.2.1 标准使用液的配制

标准使用液 50 mg/L: 吸取铝元素标准溶液 2.50 mL 于 50.00 mL 容量瓶中, 纯水定容至刻度, 混匀, 临用时配制。

#### 1.2.2 样品处理

称取油条样品约 30 g, 置 85 °C 恒温干燥箱中干燥 4 h, 研磨粉碎后作为待测样品。称取本底值测定、精密度测定、

回收率测定 3 类样品于微波消解罐中 190 °C 消解 45 min; 移入三角瓶中在电沙浴上脱硝并判断是否硝化完全, 若未硝化完全者补加硝酸和适量高氯酸继续硝化彻底为止, 脱硝后, 用 2% 的 HNO<sub>3</sub> 水溶液转移至 25.00 mL 容量瓶并定容至刻度, 混匀待测。同步处理试剂空白。

#### 1.2.3 线性范围

将标准溶液从 0 mg/L 开始以 20 mg/L 的梯度进行增加, 逐点测定, 选择标准曲线相关系数大于 0.999 以上的标准点浓度作为铝元素的线性范围。

#### 1.2.4 检出限

按样品同步消化处理 20 个试剂空白, 上机测试, 用 *L* 强度标准偏差和校准曲线斜率计算得出, 按下式(1)计算。

$$C_L = 3S_b / b \quad (1)$$

式中:  $C_L$ —方法的检出限;  $S_b$ —20 次试剂空白值标准偏差;  $b$ —方法标准曲线的斜率

#### 1.2.5 精密度

称取 12 份油条样品, 每份样品准确至 0.4630 g。向其中 6 份样品中分别加入 15.0 μg 铝元素标准物质作为低浓度样品; 向另外 6 份样品中加入 45.0 μg 铝元素标准物质作为高浓度样品, 分别测试低、高浓度样品中铝元素的含量, 用于计算精密度。

#### 1.2.6 回收率

称取 9 份油条样品, 每份样品准确至 0.4630 g, 9 份样品按每 3 份一组分成 3 组。向第 1 组 3 份样品中各加入 15.0 μg 铝元素标准物质作为低浓度样品; 向第 2 组 3 份样品中各加入 30.0 μg 铝元素标准物质作为中浓度样品, 向第 3 组 3 份样品中各加入 45.0 μg 铝元素标准物质作为高浓度样品, 分别测试低、中、高浓度样品中铝元素的含量, 用于计算回收率。

#### 1.2.7 油条中铝含量

油条中铝含量按下式(2)计算。

$$X = \frac{(N_1 - N_0) \times V}{1000 \times m} \times 1000 \quad (2)$$

式中:  $X$ —油条中铝含量, mg/kg;  $N_1$ —测试液结果, mg/L;  $N_0$ —试剂空白, mg/L;  $V$ —定容体积, mL;  $m$ —取样量, g。

## 2 结果与分析

### 2.1 方法准确度评定

#### 2.1.1 线性范围、检出限和定量限

方法线性回归方程为  $Y = 644575.09X + 3635.05$  ( $Y$  为仪器测试强度,  $X$  为铝元素浓度 mg/L),  $r^2 = 0.9999$ ; 方法线性范围是 0~100 mg/L, 油条中铝的检出限是 0.6 mg/kg, 定量限是 2 mg/kg。

#### 2.1.2 精密度

GB/T 27404—2008《实验室质量控制规范 食品理化检测》规定本次测定相对标准偏差需满足低浓度 ≤ 5.3%、高浓度 ≤ 3.8%。测定结果表明精密度符合该标准规定, 见表 1。

2.1.3 回收率

GB/T 27404—2008《实验室质量控制规范 食品理化检测》规定本次测定低、中浓度回收率在 90%~110%，高浓度回收率在 95%~105%。测定结果表明回收率符合该标准规定，见表 2。

2.2 不确定度分量的评定

2.2.1 不确定度来源

构成本次测量不确定度的主要因素有标准曲线拟合、样品称量、样品和标准物质稀释定容、样品重复性测定、标准物质，以及回收率和仪器本身等。

2.2.2 标准曲线的不确定度

主要来源于标准曲线的拟合，配制时器皿的引入可忽略不计，使用线性最小二乘法拟合曲线。

$$u = \frac{s}{b} \sqrt{\frac{1}{p} + \frac{1}{n} + \frac{(c_0 - \bar{c})^2}{\sum_{i=1}^n (c_i - \bar{c})^2}}$$

其中:  $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (A_i - A)^2}{n - 2}}$

则:  $u_{rel(1)} = \frac{u}{c_0}$

注:  $s$ —残差标准偏差;  $b$ —标准曲线斜率;  $p$ —测定待测溶液的次数;  $n$ —测定校准溶液的总次数;  $c_0$ —样品测试液中铝元素浓度, mg/L;  $\bar{c}$ —不同校准溶液的平均值;  $A_i$ —标准系列点的仪器测定响应值;  $A$ —该点浓度带入回归方程的计算值。

将以上数据带入公式得出: 残差标准偏差  $s=6213.28$ ;  $u(C_0)=0.00642$ ;  $C_0=0.469$  mg/L;  $u_{rel}(1)=0.0137$ (表 3)。

2.2.3 样品称量的不确定度

称量不确定度来源于电子天平校准证书和电子天平分辨率。查得天平校准不确定度为 0.02 mg, 包含因子  $k=2$ , 即  $u_{校}=0.01$  mg; 电子天平分辨率为 0.1 mg, 假定为均匀分布, 则  $u_{分} = \frac{0.1}{\sqrt{3}} = 0.058$  mg, 则  $u(2) = \sqrt{(u_{校})^2 + (u_{分})^2} = \sqrt{0.01^2 + 0.058^2} = 0.0588$  mg。称样量为 0.4630 g, 则称

量的相对不确定度为  $u_{rel}(2) = \frac{0.0588}{0.4630 \times 1000} = 0.000127$ 。

表 1 精密度测定结果  
Table 1 Precision measurement results

平行样	1 号	2 号	3 号	4 号	5 号	6 号	算数平均值/(mg/kg)	相对标准偏差/%
低浓度/(mg/kg)	46.5	42.7	43.4	45.7	44.0	42.7	44.1	3.3
高浓度/(mg/kg)	117.1	117.9	110.4	116.7	117.8	115.8	115.9	2.2

表 2 回收率测定结果  
Table 2 Recovery determination results

浓度系列	本底含量/(mg/kg)	加标量/(mg/kg)	测得值/(mg/kg)	回收率/%
低浓度		32.40	44.14	97
中浓度	12.65	64.79	80.55	105
高浓度		97.19	114.11	104

表 3 标准曲线拟合引起的不确定度分析  
Table 3 Analysis of uncertainty caused by standard curve fitting

标准使用液浓度系列/(mg/L)	0.00	0.10	0.50	1.00	2.00	4.00
仪器响应值	6486	69845	342333	646436	1258567	2569756
	6594	69876	340567	635666	1269878	2546778
	6663	68728	336101	624935	1308333	2654201
线性回归方程	$Y=644575.09X+3635.05, r^2=0.9999$					
样品测试液中铝元素含量/(mg/L)	0.471		0.457	0.478		均值: 0.469
油条中铝元素含量/(mg/kg)	12.71		12.34	12.91		均值: 12.65

### 2.2.4 稀释定容的不确定度

稀释定容不确定度来源于容量瓶、刻度吸管、温度。样品定容至 25.00 mL 容量瓶中, 标准物质用 2.5 mL 刻度吸管稀释至 50.00 mL 容量瓶中。

定容引起的不确定度: 1 支 2.5 mL 刻度吸管(A 级容量允差 0.01 mL), 25 mL 容量瓶(A 级容量允差 0.03 mL), 1 支 50 mL 容量瓶(A 级容量允差 0.05 mL), 假定均匀分布。

$u(2.5 \text{ mL 刻度吸管})=0.01/\sqrt{3}=0.00577 \text{ mL}$ ;  $u(25 \text{ mL 容量瓶})=0.03/\sqrt{3}=0.0173 \text{ mL}$ ;

$u(50 \text{ mL 容量瓶})=0.05/\sqrt{3}=0.0289 \text{ mL}$ 。

温度引起的不确定度: 温度的波动范围为(20±4) °C, 水的膨胀系数为  $2.1 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$ , 温度变化引起的不确定度为: 2.5 mL 刻度吸管  $2.1 \times 10^{-4} \times 4 \times 2.5/\sqrt{3}=0.000241 \text{ mL}$ ; 25 mL 容量瓶  $2.1 \times 10^{-4} \times 4 \times 50/\sqrt{3}=0.0121 \text{ mL}$ ; 50 mL 容量瓶  $2.1 \times 10^{-4} \times 4 \times 50/\sqrt{3}=0.0242 \text{ mL}$ , 则:  $u_{\text{rel}}(3)=$

$$\sqrt{\left(\frac{0.00577}{2.50}\right)^2 + \left(\frac{0.0173}{25.00}\right)^2 \times 9 + \left(\frac{0.0289}{50.00}\right)^2 + \left(\frac{0.000241}{2.50}\right)^2 + \left(\frac{0.0121}{25.00}\right)^2 \times 9 + \left(\frac{0.0242}{50.00}\right)^2} = 0.0012。$$

### 2.2.5 标准物质的不确定度

标准物质证书给定浓度是(1000±0.5) mg/L, ( $k=2$ ), 则:

$$u_{\text{rel}}(4) = \frac{0.5}{1000 \times 2} = 0.00025。$$

### 2.2.6 回收率引入的不确定度

考虑到试样在消解转移过程中会损失, 仪器测定时基体会产生干扰带来不确定度, 上述低、中、高浓度 9 份样品的平均回收率为  $\bar{R}=102\%$ , 标准偏差  $S_R=0.0356$ , 平均值的标准偏差为  $u(\bar{R}) = \frac{S_R}{\sqrt{n}} = 0.0118$ , 回收率引入的相对标准

不确定度为:  $u_{\text{rel}}(5) = \frac{u(\bar{R})}{\bar{R}} = \frac{0.0118}{1.02} = 0.0116$ 。

对于以上计算结果进行显著性检验( $t$  检验)。根据公式

$$t = \frac{|1 - \bar{R}|}{u(\bar{R})} = 1.69, \text{ 当置信概率 } 95\%, \text{ 自由度为 } 8 \text{ 时, 查 JJF}$$

1059.1《测量不确定度评定与表示》附录 B 得  $t_{0.95}(8) = 2.31$ , 则  $t=1.69 \leq 2.31$ , 与回收率 100% 无显著性差异, 测量结果不采用修正因子。

### 2.2.7 测定重复性引入的不确定度

重复性测定 3 次的结果(见表 3)进行计算, 平均值  $\bar{A}$  为 12.65 mg/kg, 标准偏差  $S_A$  为 0.236, 相对不确定度为

$$u_{\text{rel}}(6) = \frac{S_A}{\sqrt{n} \times \bar{A}} = \frac{0.236}{\sqrt{3} \times 12.65} = 0.0108。$$

## 2.3 合成标准不确定度

将标准曲线、样品称量、稀释定容、标准物质、回收率测定、样品测定重复性的不确定度进行合成。

合成标准不确定度为:

$$u_{\text{rel}} = \sqrt{(u_{\text{rel}}1)^2 + (u_{\text{rel}}2)^2 + (u_{\text{rel}}3)^2 + (u_{\text{rel}}4)^2 + (u_{\text{rel}}5)^2 + (u_{\text{rel}}6)^2} = 0.0209。$$

## 2.4 测量结果报告

按置信水平 95%, 取包含因子  $k=2$ , 则  $U = u_{\text{rel}} \times C_0 \times k = 0.0209 \times 12.65 \times 2 = 0.53 \text{ mg/kg}$ , 即扩展不确定度为 0.53 mg/kg。油条中铝元素测定结果报告为 (12.65±0.53) mg/kg ( $k=2, P=95\%$ )。

## 3 结论

本次测定精密度和回收率都符合 GB/T 27404—2008 《实验室质量控制规范 食品理化检测》标准规定, 表明本次测试结果可靠有效。实验过程中影响样品测量不确定度的因素很多, 对总不确定度的贡献各不相同<sup>[20]</sup>。本研究显示, 影响不确定度结果的主要因素是标准曲线拟合、重复性测定、回收率, 次要因素是样品称量、样品及标准物质的稀释定容、标准物质本身。

因此, 在实际操作中, 须加强主要因素的控制, 包括标准溶液配制注意合理用量具、标准曲线浓度范围设置不宜过宽、标准点应尽可能均匀分布在关注的浓度范围内<sup>[21]</sup>。样品测量重复性主要受样品前处理和上机仪器影响, 实际操作中可增加工作液测定次数、优化前处理方法, 增加平行样测定及选择精度较高玻璃量器减少引入的不确定度<sup>[22]</sup>。选择合适的标准溶液, 增加标准溶液的测量次数, 加强检测人员操作技能的培训, 提升检验检测技术水平<sup>[23-24]</sup>, 以减小测量的不确定度, 提升测定结果的准确度和可靠性。

## 参考文献

- [1] XI LX, QING JJ. Determination and evaluation of aluminum contents in flour products [J]. Appl Mech Mater, 2012, 15(2): 1022-1027.
- [2] 辛向东, 王晓岚, 陈昆, 等. 镇江市部分市售面粉食品铝含量调查[J]. 江苏预防医学, 2016, 27(3): 359-360.
- [3] XIN XD, WANG XL, CHEN K, et al. Investigation of aluminum content in some commercially available noodle foods in Zhenjiang city [J]. Jiangsu Prev Med, 2016, 27(3): 359-360.
- [4] 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—Standards for use of food additives [S].
- [5] 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.
- [6] YANG WY, ZHANG YP, WANG RY, et al. Aluminum toxicity and animal and plant derived food safety [J]. Chin J Front Health Quar, 2007, 30(5): 319-327.
- [7] 杨文军. 食品风险检测铝污染物的测量不确定度分析[J]. 中国卫生工程学报, 2014, 13(1): 54-55.
- [8] YANG WJ. Analysis of measurement uncertainty of aluminum

- contamination in food risk detection [J]. *Chin Health Eng*, 2014, 13(1): 54–55.
- [6] 戚吉祥. 铬天青 S 分光光度法测定大米粉中铝测量不确定度的分析[J]. *江苏预防医学*, 2015, 26(6): 116–117.  
QI JX. Analysis of uncertainty in measurement of aluminum in rice flour by chrome azurol S spectrophotometry [J]. *Jiangsu Prev Med*, 2015, 26(6): 116–117.
- [7] 陈惠珠. 铬天青 S 分光光度法测定水中铝的不确定度评定[J]. *上海预防医学*, 2014, 26(12): 667–669.  
CHEN HZ. Evaluation of uncertainty in determination of aluminum in water by chrome azurol S spectrophotometry [J]. *Shanghai Prev Med*, 2014, 26(12): 667–669.
- [8] 段玉林, 张少梅, 洗津. 原子荧光法测定稻谷中总汞含量的不确定度评定[J]. *食品安全质量检测学报*, 2020, 15(11): 3532–3537.  
DUAN YL, ZHANG SM, XIAN J. Evaluation of uncertainty in determination of total mercury in rice by atomic fluorescence spectrometry [J]. *J Food Saf Qual*, 2020, 15(11): 3532–3537.
- [9] 杜娟, 吴雪莹, 章珮琳, 等. 火焰原子吸收光谱法测定奶粉中钙含量及不确定度评定[J]. *广东化工*, 2020, 9(11): 197–199.  
DU J, WU XY, ZHANG PL, *et al.* Determination of calcium in milk powder by flame atomic absorption spectrometry and evaluation of uncertainty [J]. *Guangdong Chem Ind*, 2020, 9(11): 197–199.
- [10] 殷忠. 食品考核盲样中镉含量的不确定度评定[J]. *微量元素与健康研究*, 2019, (3): 57–59.  
YIN Z. Uncertainty evaluation of cadmium content in blind samples for food examination [J]. *Stud Trace Elem Health*, 2019, (3): 57–59.
- [11] PETER SD. Improved documentation of spectral lines for inductively coupled plasma emission spectrometry [J]. *Spectrochim Acta B*, 2018, 143: 78–90.
- [12] 陈晓强, 罗贵民. 电感耦合等离子体质谱法测定食品中锗含量及不确定度评定[J]. *广东化工*, 2019, (12): 148–150.  
CHEN XQ, LUO GM. Determination of germanium in food by inductively coupled plasma mass spectrometry and evaluation of uncertainty [J]. *Guangdong Chem Ind*, 2019, (12): 148–150.
- [13] 盖丽娜, 马晓博, 毛琰. 糕点中铝含量的不确定度评定[J]. *现代食品*, 2019, (1): 89–94.  
GAI LN, MA XB, MAO L. Uncertainty evaluation of aluminum content in pastry [J]. *Mod Food*, 2019, (1): 89–94.
- [14] 郝玉林. 化学分析测量不确定度评定应用实例[M]. 北京: 中国标准出版社, 2010.  
HAO YL. Application example of uncertainty evaluation in chemical analysis measurement [M]. Beijing: China Standard Press, 2010.
- [15] JJF 1059.1—2012 测量不确定度评定与表示[S].  
JJF 1059.1—2012 Evaluation and expression of uncertainty in measurement [S].
- [16] GB 5009.268—2016 食品安全国家标准 食品中多元素的测定[S].  
GB 5009.268—2016 National food safety standards-Determination of multi elements in food [S].
- [17] GB/T 27404—2008 实验室质量控制规范 食品理化检测[S].  
GB/T 27404—2008 Specification for laboratory quality control-Food physical and chemical testing [S].
- [18] GB/T 27418—2017 测量不确定度评定和表示[S].  
GB/T 27418—2017 Evaluation and expression of uncertainty in measurement [S].
- [19] CNAS-GL006—2019 化学分析中不确定度的评估指南[S].  
CNAS-GL006—2019 Guidance for the evaluation of uncertainty in chemical analysis [S].
- [20] 唐桂新. 测量不确定度在食品检验检测中的应用探究[J]. *中国新技术新产品*, 2020, (3): 50–51.  
TANG GX. Application of measurement uncertainty in food inspection [J]. *Chin New Tech New Prod*, 2020, (3): 50–51.
- [21] 谭曜, 许赛慧, 计红, 等. ICP-MS 法检测食品中铝含量的不确定度评价[J]. *中国口岸科学技术*, 2020, (10): 11–16.  
TAN Z, XU SH, JI H, *et al.* Evaluation of uncertainty in determination of aluminum in food by inductively coupled plasma mass spectrometry [J]. *Chin Port Sci Tech*, 2020, (10): 11–16.
- [22] 占永革, 龚剑, 黄湘燕. 关于化学分析回收率不确定度评估公式的思考[J]. *广州大学学报(自然科学版)*, 2014, (3): 40–46.  
ZHAN YG, GONG J, HUANG XY. On the evaluation formula of uncertainty of recovery rate in chemical analysis [J]. *J Guangzhou Univ (Nat Sci Ed)*, 2014, (3): 40–46.
- [23] 梁馨予, 庞桂娇. 电感耦合等离子体质谱法测定辣椒镉含量中不确定度的评估[J]. *食品安全质量检测学报*, 2020, 23(11): 8952–8957.  
LIANG XY, PANG GJ. Evaluation of uncertainty in determination of cadmium in pepper by inductively coupled plasma mass spectrometry [J]. *J Food Saf Qual*, 2020, 23(11): 8952–8957.
- [24] 唐媛媛, 庄姜云, 林铜锐, 等. 气相色谱法测定蜂蜜中马拉硫磷残留量的不确定度评定[J]. *食品安全质量检测学报*, 2020, 22(11): 8578–8583.  
TANG YY, ZHUANG JY, LIN JR, *et al.* Evaluation of uncertainty in determination of malathion residues in honey by gas chromatography [J]. *J Food Saf Qual*, 2020, 22(11): 8578–8583.

(责任编辑: 于梦娇)

## 作者简介



李流川, 主管技师, 主要研究方向为理化检验、食品质量与安全。  
E-mail: 464434186@qq.com



鲜欣言, 主管技师, 主要研究方向为理化检验、食品质量与安全。  
E-mail: 346708561@qq.com