

电感耦合等离子体原子发射光谱法测定植物油中聚二甲基硅氧烷的不确定度分析

石琳琳, 张书芬*, 柯剑君, 宿宇婷, 张少华, 章银珠, 李冬梅, 励 丹

(宁波市食品检验检测研究院, 宁波 315048)

摘 要: **目的** 评定电感耦合等离子体原子发射光谱法测定植物油中聚二甲基硅氧烷的不确定度。**方法** 按照 GB 5009.254-2016 对植物油中聚二甲基硅氧烷进行测定, 参照 JJF 1135-2015、JJF 1059.1-2012 等标准建模, 分析植物油中聚二甲基硅氧烷测定的不确定度的来源, 并对各不确定度分量进行量化和合成。**结果** 当植物油中的检测结果为 10.1 mg/kg 时, 其扩展不确定度为 0.111 mg/kg($k=2$)。**结论** 影响检测结果的不确定度的主要因素为待测物浓度和回收率, 样品称量、试样定容以及重复性测定引入的不确定度可以忽略不计。可以通过多次测量标线点、调整曲线范围、熟练实验步骤、增加平行样、保持仪器的稳定性等来减小测量不确定度。**关键词:** 电感耦合等离子体原子发射光谱法; 植物油; 聚二甲基硅氧烷; 不确定度

Uncertainty analysis of determination of polydimethylsiloxane in vegetable oil by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry

SHI Lin-Lin, ZHANG Shu-Fen*, KE Jian-Jun, SU Yu-Ting, ZHANG Shao-Hua,
ZHANG Yin-Zhu, LI Dong-Mei, LI Dan

(Ningbo Institute for Food Control, Ningbo 315048, China)

ABSTRACT: Objective To evaluate the uncertainty of determination of polydimethylsiloxane in vegetable oil by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry. **Methods** The polydimethylsiloxane in vegetable oil was determined according to GB 5009.254-2016. According to JJF 1135-2015, JJF 1059.1-2012 and other standards, the sources of uncertainty in the determination of polydimethylsiloxane in vegetable oil were analyzed, and the uncertainty components were quantified and synthesized. **Results** When the detection result in vegetable oil was 10.1 mg/kg, the expanded uncertainty was 0.111 mg/kg ($k=2$). **Conclusion** The main factors affecting the uncertainty of the test results are the concentration and recovery of the substance to be measured. The uncertainty introduced by sample weighing, sample volume determination and repeatability determination can be neglected. The measurement uncertainty can be reduced by measuring the marking points for several times, adjusting the curve range, mastering the experimental steps, adding parallel samples, and maintaining the stability of the instrument.

KEY WORDS: inductively coupled plasma atomic emission spectrometry; vegetable oil; polydimethylsiloxane; uncertainty

基金项目: 宁波市“泛 3315”创新团队(2018B-18-C)

Fund: Supported by Fan-3315 Innovation Team of Ningbo (2018B-18-C)

*通讯作者: 张书芬, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为食品安全检测。E-mail: shufenzhang1128@163.com

*Corresponding author: ZHANG Shu-Fen, Master, Senior Engineer, Ningbo Institute for Food Control, Building C, No.66 Qingyi Road, Yinzhou District, Ningbo 315048, China. E-mail: shufenzhang1128@163.com

1 引言

聚二甲基硅氧烷(polydimethylsiloxane, PDMS)又名二甲基硅油, 由一系列以三甲基硅氧烷末端的, 含不同单位个数的二甲基硅氧烷单元的聚合物组成, 属于有机硅聚合物^[1]。目前作为消泡剂、脱模剂、被膜剂广泛应用于油脂、豆制品、肉制品等食品的加工过程中。同时我国强制性国家标准 GB2760-2014^[2]中规定了其在各类食品加工中的最大使用量范围为 0.009~0.3 g/kg。2010 年“麦乐鸡事件”中报道的麦乐鸡中含有橡胶成分, 其主要组成就是聚二甲基硅氧烷^[3,4], 当时我国尚无关于 PDMS 的国家检测标准。2016 年 GB 5009.254-2016《动植物油中聚二甲基硅氧烷的测定》^[5]的发布填补了我国在 PDMS 检测标准方面的空白, 为监测食品中 PDMS 的残留提供了方法依据。目前 PDMS 的检测技术有电感耦合等离子体原子发射光谱法、火焰原子吸收光谱法、原子吸收石墨炉法^[6-9], 但对于 PDMS 测定的不确定评估鲜有报道。

测量不确定度是表征合理地赋予被测量之值的分散性, 与测量结果相联系的参数^[10], 它能对检测数据进行客观真实的评价, 给出测量结果的可信程度^[11], 检测实验室应该在出现检测临界值、客户有特殊需求等情况时, 有能力对每一项测量结果进行不确定度的评估^[12-15], 因此开展测量不确定度的分析与评定对确保实验室测量结果的准确性与可靠性具有十分重要的意义。本研究依据 GB5009.254-2016 第一法电感耦合等离子体原子发射光谱法对植物油中 PDMS 进行测定, 对测量结果的不确定度进行全面系统的评定, 筛选出不确定度贡献率较大的主要因素, 以期在实验中加入重视和改进, 为实验室质量控制提供可靠依据。

2 材料与方法

2.1 仪器、试剂与材料

Avio200 电感耦合等离子体发射光谱仪(PerkinElmer 有限公司); ME204E 电子天平[梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司]。

聚二甲基硅氧烷标准物质(纯度>99.0%, 美国 SIGMA-ALDRICH 公司); 航空煤油(1#, 美国 CONOSTAN 公司); 盐酸(优级纯, 国药集团化学试剂有限公司); 菜籽油(一级, 宁波大江粮油有限公司)。

2.2 实验方法

2.2.1 标准溶液的配制

准确称取 100.0 mg PDMS 于 50 mL 烧杯中, 用航空煤油 1#溶解转移至 100 mL 容量瓶中, 配制成浓度为 1000 mg/L 的标准储备液。称取 5 g 空白植物油(不含 PDMS 的市售植物油)于 100 mL 容量瓶中, 分别移取 0、0.4、1、2、3、5 mL PDMS 标准储备液, 用航空煤油 1#定容, 配制成 0、4、10、

20、30、50 mg/L 的标准曲线浓度点。

2.2.2 样品前处理

按照 GB 5009.254-2016^[5]第一法电感耦合等离子体原子发射光谱法对植物油中聚二甲基硅氧烷进行测定。称取 5 g(精确到 0.01 g)试样于 25 mL 容量瓶中, 加入 15 mL 航空煤油 1#, 充分混匀, 置于 70 °C 水浴中超声(300 W)提取 2 h, 用航空煤油 1#定容至刻度。然后全部转移至 50 mL 塑料离心管中, 再加入 15 mL, 1.37 mol/L 盐酸充分混匀, 静置分层, 取上清液 10 mL 于 15 mL 塑料离心管备用, 同时做试剂空白实验。

2.2.3 仪器条件

高频功率发生器 1.5 kW, 轴向观测方式; 冷却气流量 17 L/min; 辅助气流量 0.6 L/min; 分析谱线波长 251.611 nm。

2.2.4 数学模型

$$X = \frac{c \times v}{m}$$

式中: X 为试样中聚二甲基硅氧烷的含量, mg/kg; c 为试样提取液中聚二甲基硅氧烷的质量浓度, mg/L; v 为试样的体积, mL; m 为试样的质量, g。

2.3 不确定度的来源及分析

参照 JJF1135-2015《化学分析测量不确定度评定》^[16]、JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》^[17]、GB/T 27411-2012《检测实验室中常用不确定度评定方法与表示》^[18]和 GB/T 27418-2017《测量不确定度评定和表示》^[19]进行不确定度评定。根据化学分析的影响因素及数学模型, 聚二甲基硅氧烷测定结果不确定度的主要来源为待测液浓度、待测液定容、样品称量、样品重复测量和回收率。(1) 待测液浓度的不确定度来源为标准系列溶液配制和标准曲线拟合两部分。(2) 待测液定容的不确定度来源为定容时容量瓶的允差、温度的变化和人员的变化。(3) 样品称量的不确定度来源为天平的允差。(4) 样品重复测量的不确定度以样品测量的重复性评定。(5) 回收率的不确定度以方法回收率评定。

3 结果与分析

3.1 不确定度的评定

3.1.1 待测液浓度引入的不确定度 $u_{rel}(c)$

待测液浓度的不确定度来源为标准溶液配制 $u_{rel}(c_1)$ 和标准曲线拟合 $u_{rel}(c_2)$ 两部分, 其中标准系列溶液配制的不确定度来源为标准储备液配制 $u_{rel}(c_{1-1})$ 和标准曲线浓度点配制 $u_{rel}(c_{1-2})$ 。

(1) 标准储备液配制引入的不确定度 $u_{rel}(c_{1-1})$

标准物质纯品引入的不确定度: 据标准物质证书, 聚二甲基硅氧烷标准品的纯度为大于 99.0%, 按均匀分布, 标准物质纯

品引入的不确定度为 $u(p)=\frac{1-0.99}{\sqrt{3}}=0.00577$ ，标准物质纯
品引入的相对不确定度为 $u_{rel}(p)=\frac{0.00577}{0.99}=0.00583$ 。

标准物质称量引入的不确定度：称取标准物质
100.0 mg，天平校准证书给出的允差为 0.1 mg， $k=2$ 。按矩
形分布，天平在样品称量时引入的不确定度 $u(m_{\text{标}})=\frac{0.1}{\sqrt{3}}$
 $=0.0577$ ，标准物质称量引入的相对不确定度为
 $u_{rel}(m_{\text{标}})=\frac{0.0577}{100}=0.000577$ 。

标准物质定容引入的不确定度：容量允差引入的不
确定度：100 mL 容量瓶，依据 JJG 196-2006^[20]，经检定
为 A 级，其允许误差为 ± 0.1 ，按矩形分布，其引入的不确定度
为 $u(v_{\text{标}1})=\frac{0.1}{\sqrt{3}}=0.0577$ mL。

温度引入的不确定度：实验室温度记录在 ± 4 °C 变化，
按矩形分布，航空煤油的体积膨胀系数为 $9.6\times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$ ，则
温度引入的不确定度为 $u(v_{\text{标}2})=\frac{100\times 4\times 9.6\times 10^{-4}}{\sqrt{3}}$
 $=0.222$ mL。

人员读数引入的不确定度：使用 100 mL 容量瓶，允
许有 1% 的读数误差，按三角分布，则人员读数引入的不确
定度为 $u(v_{\text{标}3})=\frac{0.01\times 100}{\sqrt{6}}=0.408$ mL。

标准物质定容引入的相对不确定度为

$$u_{rel}(v_{\text{标}})=\frac{\sqrt{u_{rel}(v_{\text{标}1})^2+u_{rel}(v_{\text{标}2})^2+u_{rel}(v_{\text{标}3})^2}}{100}$$
$$=\frac{\sqrt{0.0577^2+0.222^2+0.408^2}}{100}=0.00468$$

储备液配制引入的相对不确定度为

$$u_{rel}(c_{1-1})=\sqrt{u_{rel}(p)^2+u_{rel}(m_{\text{标}})^2+u_{rel}(v_{\text{标}})^2}$$
$$=\sqrt{0.00583^2+0.000577^2+0.00468^2}=0.00750。$$

(2) 标准曲线配制引入的不确定度 $u_{rel}(c_{1-2})$

标准曲线制作过程中，配制系列标准溶液定容时使
用 100 mL 容量瓶，由 3.1.1 第(1)条得 100 mL 容量瓶定容
引入的相对不确定度为 0.00468，使用 6 次 100 mL 容量瓶
引入的相对不确定度 $\sqrt{0.00468^2\times 6}=0.0115$ 。

标准曲线配制使用 1.0、2.0、5.0 mL。经检定为 A 级
单标线移液管。依据 JJG196-2006^[20]，1.0、2.0、5.0 mL 移
液管允许误差分别为 ± 0.007 、 ± 0.010 、 ± 0.015 mL。实验室
温度记录在 ± 4 °C 变化，按矩形分布，航空煤油 1# 的体积膨
胀系数为 $9.6\times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$ ，则 1.0、2.0、5.0 mL 移液管引入的
不确定度见表 1。

标准曲线配制引入的相对不确定度：

$$u_{rel}(c_{1-2})=\sqrt{0.0115^2+0.00847^2}=0.0143；$$

标准系列溶液配制引入的相对不确定度为：

$$u_{rel}(c_1)=\sqrt{u_{rel}(c_{1-1})^2+u_{rel}(c_{1-2})^2}$$
$$=\sqrt{0.00750^2+0.0143^2}=0.0161。$$

(3) 标准曲线拟合引入的不确定度 $u_{rel}(c_2)$

标准系列溶液各点重复测定 3 次，得到标准系列各溶
液点响应值(counts per second, CPS)平均值，拟合标准曲线
为： $Y=23985X-7267.2$ ，通过标准曲线方程计算得各浓度
点 CPS 值及各标准点重复测定 CPS 值的平均值见表 2。

标准曲线拟合产生的不确定度为：

$$u(c_2)=\frac{S_R}{23985}\times\sqrt{\frac{1}{p}+\frac{1}{n}+\frac{(c_0-\bar{c}_i)^2}{\sum_{i=1}^n(c_i-\bar{c}_i)^2}}；$$

式中 $S_R=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n[Y_i-(23985X-7267.5)]^2}{n-2}}=5999.085$ ；样品重
复测量次数 $p=11$ ；标准系列溶液浓度点测量次数 $n=18$ ；
 $c_0=2.020$ mg/L 为阳性样品浓度值的平均值； $\bar{c}_i=19$

表 1 移液管引入的不确定度
Table 1 Uncertainty introduced by pipette

项目	1 mL 移液管	2 mL 移液管	5 mL 移液管
允许误差/mL	± 0.007	± 0.010	± 0.015
容量允差引入的 不确定度(按矩形分布)/mL	$\frac{0.007}{\sqrt{3}}=0.00404$	$\frac{0.010}{\sqrt{3}}=0.00577$	$\frac{0.015}{\sqrt{3}}=0.00866$
温度引入的 不确定度(按矩形分布)/mL	$\frac{1\times 4\times 9.6\times 10^{-4}}{\sqrt{3}}=0.00222$	$\frac{2\times 4\times 9.6\times 10^{-4}}{\sqrt{3}}=0.00443$	$\frac{5\times 4\times 9.6\times 10^{-4}}{\sqrt{3}}=0.0111$
合成相对不确定度	$\frac{\sqrt{0.00404^2+0.00222^2}}{1}=0.00461$	$\frac{\sqrt{0.00577^2+0.00443^2}}{2}=0.00364$	$\frac{\sqrt{0.00866^2+0.0111^2}}{5}=0.00282$
使用次数	2	1	2
移液管引入的 相对不确定度	$\sqrt{0.00461^2\times 2+0.00364^2\times 1+0.00282^2\times 2}=0.00847$		

表 2 标准曲线浓度 CPS 值
Table 2 CPS values of standard curve concentration

标线系列点浓度	0 mg/L	4 mg/L	10 mg/L	20 mg/L	30 mg/L	50 mg/L
CPS 平均值	8438.2	82267.6	231080.8	456709.3	714339.7	1197849.9
CPS 计算值	-7267.2	88672.8	232582.8	473432.8	712282.8	1191982.8

为标准溶液的平均浓度。计算得 $u(c_2) = \frac{5999.085}{23985} \times$

$$\sqrt{\frac{1}{11} + \frac{1}{18} + \frac{288.32^2}{1750^2}} = 0.1042, \quad u_{rel}(c_2) = \frac{u(c_2)}{c_0} = \frac{0.1042}{2.020}$$

= 0.0516; 待测液浓度引入的相对不确定度

$$u_{rel}(c) = \sqrt{u_{rel}(c_1)^2 + u_{rel}(c_2)^2} = \sqrt{0.0161^2 + 0.0516^2} = 0.0541。$$

3.1.2 待测液定容引入的不确定度 $u(v)$

容量允差引入的不确定度: 25 mL 容量瓶, 经检定为 A 级, 依据 JJG 196-2006^[20], 其允许误差为 ± 0.03 , 按矩形分布, 其引入的不确定度为 $u(v_1) = \frac{0.03}{\sqrt{3}} = 0.0173$ mL。

温度引入的不确定度: 实验室温度记录在 ± 4 °C 变化, 按矩形分布, 航空煤油 1# 的体积膨胀系数为 $9.6 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$, 则温度引入的不确定度为 $u(v_2) = \frac{25 \times 4 \times 9.6 \times 10^{-4}}{\sqrt{3}} = 0.0554$ mL。

人员读数引入的不确定度: 使用 25 mL 容量瓶, 允许有 1% 的读数误差, 按三角分布, 则人员读数引入的不确定度为 $u(v_3) = \frac{0.01 \times 25}{\sqrt{6}} = 0.102$ mL。

$$\text{待测液定容引入的相对不确定度 } u_{rel}(v) = \frac{\sqrt{u(v_1)^2 + u(v_2)^2 + u(v_3)^2}}{25} = \frac{\sqrt{0.0173^2 + 0.0554^2 + 0.102^2}}{25} = 0.00468。$$

3.1.3 样品称量引入的不确定度 $u_{rel}(m)$

称取试样 5 g, 由 3.1.1 第(1)条得天平在样品称量时引入的不确定度 $u(m) = 0.0577$ mg。样品称量引入的相对不确定度 $u_{rel}(m) = \frac{0.0577}{5 \times 1000} = 0.0000115$ 。

3.1.4 样品重复测量引入的不确定度 $u_{rel}(X)$

对待测液进行 11 次重复测量, 数据见表 3。

$$\text{样品重复测量引入的不确定度 } u(X) = \frac{0.0299}{\sqrt{11}} = 0.00902 \text{ mg/L};$$

$$\text{则样品重复测量引入的相对不确定度 } u_{rel}(X) = \frac{0.00902}{2.020} = 0.00447。$$

3.1.5 回收率引入的不确定度 $u_{rel}(R)$

在空白植物油中添加 15 mg/kg 聚二甲基硅氧烷标准溶液, 平行测量 11 次, 回收率结果见表 3。

$$\text{回收率引入的不确定度 } u(R) = \frac{3.24}{\sqrt{11}} = 0.977\%;$$

$$\text{则回收率引入的相对不确定度 } u_{rel}(R) = \frac{0.977}{94.8} = 0.0103。$$

3.2 计算合成不确定度及扩展不确定度

各分量不确定度合成聚二甲基硅氧烷总的相对不确定度 $u_{rel}(\text{总})$ 。

$$u_{rel}(\text{总}) = \sqrt{u_{rel}(c)^2 + u_{rel}(v)^2 + u_{rel}(m)^2 + u_{rel}(X)^2 + u_{rel}(R)^2} = \sqrt{0.0541^2 + 0.00468^2 + 0.0000115^2 + 0.00447^2 + 0.0103^2} = 0.0555。$$

扩展不确定度由合成不确定度乘以包含因子, 试样中聚二甲基硅氧烷的含量 $X = \frac{c \times v}{m} = 10.1$ mg/kg, 在 95% 置信水平下, $k=2$, $U=uk=0.111$, 试样中聚二甲基硅氧烷的含量 $X=(10.1 \pm 0.111)$ mg/kg。

3.3 聚二甲基硅氧烷含量测定不确定度分量值及结果分析

各不确定度分量值为: (1) 待测液浓度的不确定度为 0.0541。(2) 待测液定容的不确定度为 0.00468。(3) 样品称量的不确定度为 0.0000115。(4) 样品重复测量的不确定度为 0.00447。(5) 回收率的不确定度为 0.0103。由以上各分量的评定结果可知, 待测物浓度和回收率是产生不确定度的主要因素, 约占不确定来源的 90%。其中待测液浓度的不确定度从 3.1.1 的评定过程和结论可知, 标准曲线拟合引入的不确定度分量最大, 可以通过多次测量标准系列溶液各浓度点、以及依据样品浓度调整标准曲线各浓度的大小来减小标准曲线拟合产生的不确定度。

4 结 论

本文利用电感耦合等离子体原子发射光谱法测定植物油中 PDMS 的含量, 并对各不确定度各分量进行分析。通过分析发现影响结果不确定度的因素中由待测物浓度和回收率产生的影响最大, 待测物浓度不确定度的各分量中由标准曲线拟合引入的不确定度分量最大。由样品称量、待测液的定容、重复性测定引入的不确定度较小, 可以忽略不计。因此可以通过多次测量标线点、调整曲线范围、熟练实验步骤、增加平行样、保持仪器的稳定性等来减小测量不确定度。

表 3 阳性样品测量数据及样品加标回收率结果($n=11$)
Table 3 Measurement data of positive samples and results of recovery rate of sample added standard ($n=11$)

次数	待测液浓度 c /(mg/L)	待测液浓度平均值 $\bar{c}$ /(mg/L)	待测液浓度标准偏差 s /(mg/L)	回收率 R /%	回收率平均值 $\bar{R}$ /%	回收率标准偏差/%
1	2.009	2.020	0.0299	92.5	94.8	3.24
2	2.021			93.8		
3	1.988			91.2		
4	2.037			94.4		
5	2.047			98.4		
6	1.972			97.1		
7	2.079			98.2		
8	2.034			90.2		
9	2.029			95.7		
10	2.012			99.8		
11	1.994			91.8		

参考文献

[1] 任东升, 周志俊. 聚二甲基硅氧烷应用及安全性评估概况[J]. 中国食品卫生杂志, 2011, 23(2): 181-185.
Ren DS, Zhou ZJ. An overview on the application and safety assessment of polydimethylsiloxane [J]. Chin J Food Hyg, 2011, 23(2): 181-185.

[2] 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 standard-Standard for uses of food additives [S].

[3] 朱冬梅, 杨世哲, 李莉, 等. “麦乐鸡事件”引发的思考[J]. 广州化工, 2010, 38(11): 245-247.
Zhu DM, Yang SZ, Li L, *et al.* The thoughts resulting from 'the mcnuggets' [J]. Guangzhou Chem Ind, 2010, 38(11): 245-247.

[4] 牛亚旭, 邱丽丽. 麦乐鸡陷“橡胶门”: 重新看待食品添加剂安全问题[J]. 中国食品, 2010, 16: 32-35.
Niu YX, Qiu LL. "Rubber Door" in chicken mcnuggets: Rethinking the safety of food additives [J]. China Food, 2010, 16: 32-35.

[5] GB 5009.254-2016 食品安全国家标准 动植物油脂中聚二甲基硅氧烷的测定[S].
GB 5009.254-2016 National food safety standard-Determination of polydimethylsiloxane in animal and vegetable oils [S].

[6] 高峰, 李小林, 冯骞, 等. 电感耦合等离子体发射光谱法测定食品中聚二甲基硅氧烷的含量[J]. 食品科学, 2013, 34(8): 182-185.
Gao F, Li XL, Feng Q, *et al.* Determination of dimethylpolysiloxanes in foodstuffs by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry [J]. Food Sci, 2013, 34(8): 182-185.

[7] 乐粉鹏, 辛明亮, 吴瑛, 等. ICP-OES 有机进样法测定食用油脂中聚二甲基硅氧烷的含量[J]. 食品科技, 2013, 38(11): 303-306.
Le FP, Xin ML, Wu Y, *et al.* Determination of content of polydimethylsiloxane in edible oils by organic direct injection ICP-OES [J]. Food Sci Technol, 2013, 38(11): 303-306.

[8] 祖文川, 汪雨, 武彦文, 等. 笑气-乙炔火焰原子吸收光谱法测定食用油脂中聚二甲基硅氧烷[J]. 分析实验室, 2014, 5: 561-564.
Zu WC, Wang Y, Wu YW, *et al.* Determination of polydimethylsiloxane in edible fats and oils by nitrous gas-acetylene flame atomic absorption spectrometry [J]. Chin J Anal Lab, 2014, 5: 561-564.

[9] 朱平丽. 原子吸收石墨炉法直接进样测定食用油中的聚二甲基硅氧烷[J]. 中国计量, 2013, 5: 79-80.
Zhu PL. Determination of polydimethylsiloxane in edible oil with direct sampling by atomic absorption graphite furnace method [J]. China Metrol, 2013, 5: 79-80.

[10] CNAS-GL 06: 2018 化学分析中不确定度的评估指南[S].
CNAS-GL 06: 2018 Guidelines for the evaluation of uncertainty in chemical analysis [S].

[11] 国家质量技术监督局计量司组. 测量不确定度评定与表示指南[M]. 北京: 中国计量出版社, 2005.

Metrology division of national bureau of quality and technical supervision. Guidelines for evaluation and representation of measurement uncertainty [M]. Beijing: China Metrology Publishing House, 2005.

[12] CNAS-CL 01: 2018 检测和校准实验室能力认可准则[S].
CNAS-CL 01: 2018 Accreditation criteria for the of testing and calibration laboratories [S].

[13] CNAS-CL 01-G002: 2018 测量结果的溯源性要求[S].
CNAS-CL 01-G002: 2018 Requirements on the metrological traceability of measurement results [S].

[14] CNAS-CL 01-G003: 2018 测量不确定度的要求[S].
CNAS-CL 01-G003: 2018 Requirements for measurement uncertainty [S].

[15] CNAS-CL 01-A002: 2018 检测和校准实验室能力认可准则在化学检测领域的应用说明[S].
CNAS-CL 01-A002: 2018 Guidance on the application of testing and calibration laboratories competence accreditation criteria in the field of chemical testing [S].

[16] JJF 1135-2005 化学分析测量不确定度评定[S].
JJF 1135-2005 Evaluation of uncertainty in chemical analysis measurement [S].

[17] 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].

[18] GB/T 27411-2012 检测实验室中常用不确定度评定方法与表示[S].
GB/T 27411-2012 Routine methods for evaluation and expression of measurement uncertainty in testing laboratory [S].

[19] GB/T 27418-2017 测量不确定度评定和表示[S].
GB/T 27418-2017 Evaluation and expression of measurement uncertainty [S].

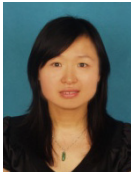
[20] JJG 196-2006 常用玻璃量器检定规程[S].
JJG 196-2006 Verification regulation of working glass container [S].

(责任编辑: 武英华)

作者简介



石琳琳, 工程师, 主要研究方向为食品安全检测。
E-mail: 28448163@qq.com



张书芬, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向食品安全检测。
E-mail: shufenzhang1128@163.com