

乳粉中磷含量检测的不确定度比较

蓝小飞*, 谢琳

(嘉兴市食品药品检验检测院, 嘉兴 314001)

摘要: **目的** 为提高乳粉中磷检测结果的准确性。**方法** 对于干法消化和湿法消化两种方法的不确定度进行评定和比较。**结果** 采用干法消化后测得样品磷含量为 488 mg/100 g, 其不确定度结果为 30.0 mg/100 g, 采用湿法消化后测得磷含量为 495 mg/100 g, 其不确定度结果为 33.4 mg/100 g。**结论** 2 种检测方法对结果的准确性影响上是一致的。样品称量、标准溶液配制和样液定容体积带入的相对标准不确定度可忽略不计, 标准溶液的配制及分光光度法的稳定性及样品回收率是检测结果准确与否的关键所在。

关键词: 乳粉; 分光光度法; 不确定度; 磷

Comparison of uncertainty in detection of phosphorus content in milk powder

LAN Xiao-Fei*, XIE Lin

(Jiaxing Institute For Food And Drug Control, Jiaxing 314001, China)

ABSTRACT: Objective To improve the accuracy of phosphorus in milk powder. **Methods** The uncertainty of dry digestion and wet digestion were evaluated and compared. **Results** The uncertainty was 30.0 mg/100 g when the phosphorus content of the sample was 488 mg/100 g after dry digestion. The uncertainty was 33.4 mg/100 g when the phosphorus content was 495 mg/100 g after wet digestion. **Conclusion** Two test methods have the same effect on the accuracy of the results. The relative standard uncertainty of sample weighing, preparation of standard solution and constant volume of sample solution can be ignored. The preparation of standard solution, the stability of spectrophotometry and the recovery of samples are the key to the accuracy of test results.

KEY WORDS: milk powder; spectrophotometric; uncertainty; phosphorus

1 引言

磷作为人体不可缺少的元素, 是人体骨骼和“控制信息传递”的核酸分子重要组成, 磷摄入量过少可引起佝偻病、软骨症及神经系统疾病^[1-3], 过多的磷的摄入会刺激甲状旁腺激素分泌增加, 引起高磷血症或低钙血症^[4]。因而准确的测定婴幼儿配方奶粉中的磷含量对于婴幼儿奶粉的品质具有重要的意义。GB 10767-2010、GB 10765-2010 和 GB 25596-2010 均对婴幼儿配方奶粉中磷的含量作了明确要求^[5-7]。当前测定乳粉中磷的方法有钼蓝分光光度法、钒

钼黄分光光度法和 ICP-MS 等方法^[8-11], 新版国标方法 GB 5009.87-2016《食品安全国家标准食品中磷的测定》^[12]中的第二法专门规定了婴幼儿配方食品和乳粉中磷的测定, 与 GB/T 5009.87-2003 比较, 新标准增加了干法灰化的检测方法。为提高婴幼儿配方乳粉中磷的检测结果的准确性, 保证婴幼儿配方乳粉的品质, 在新标准实施后, 需要对不确定度重新进行评定, 本研究依据 JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》^[13]的评定原则, 对 GB 5009.87-2016 钒钼黄分光光度法测定婴幼儿乳粉中磷含量的 2 种检测方法的不确定度进行了评定, 并且对 2 种检测方法的不确定

*通讯作者: 蓝小飞, 工程师, 主要研究方向为食品安全检测。E-mail: feilinxinyuan@126.com

*Corresponding author: LAN Xiao-Fei, Intermediate Engineer, Jiaxing Institute For Food And Drug Control, No.39, Qingyi Road, Nanhu District, Jiaxing 314000, China. E-mail: feilinxinyuan@126.com

度结果进行了比较,以期提高婴幼儿配方乳粉中磷的检测结果的准确性。

2 材料与方法

2.1 仪器与试剂

ME204E/02 电子天平(分度值 0.001 g, 梅特勒-托利多有限公司); UV2600 紫外可见分光光度计(日本岛津公司)。

磷酸二氢钾基准物质(北京世纪科博有限公司); 硝酸、盐酸、高氯酸、硫酸(优级纯, 国药集团化学试剂有限公司)。

2.2 实验方法

根据 GB 5009.87-2016《食品安全国家标准 食品中磷的测定》中第二法钒钼黄分光光度法检查样品中磷的含量。湿法消解前处理: 称取: 试样 0.500 g 至消化管中, 加入 10 mL 硝酸, 1 mL 高氯酸, 2 mL 硫酸, 在可调式电热炉上消解至呈无色透明或略带黄色。消化液放冷, 加 20 mL 水, 赶酸。放冷后转移至 100.0 mL 容量瓶中, 用水多次洗涤消化管, 合并洗液于容量瓶中, 加水至刻度, 混匀。作为试样测定溶液。同时做试剂空白试验。干法灰化前处理: 称取试样 0.500 g, 在火上灼烧成炭分, 再于 550 °C 下成灰分, 直至灰分呈白色为止, 加入 10 mL 6 mol/L 盐酸溶液后于水浴上蒸干。再加入 2 mL 6 mol/L 盐酸溶液, 用蒸馏水分 3 次将残渣洗入 100 mL 容量瓶中, 用水稀释到刻度, 混匀。同时做试剂空白试验。

准确吸取试样 10.00 mL 及等量的空白溶液到 50 mL 容量瓶中, 先用氢氧化钠溶液(6 mol/L)调至黄色, 再用硝酸溶液(0.2 mol/L)调至无色, 最后用氢氧化钠溶液(0.1 mol/L)调至微黄色。准确吸取磷标准储备液 0、2.50、5.00、7.50、10.0、15.0 mL 于 50 mL 容量瓶中, 加入 10 mL 钒钼酸铵试剂, 用水定容至刻度。加入 10 mL 钒钼酸铵试剂, 用水定容至刻度。于 440 nm 测定其吸光度值, 与标准系列比较定量。

3 结果与分析

3.1 不确定度来源分析及数学模型

3.1.1 测量数学模型

根据方法样品中磷的含量按式(1)计算:

$$X = \frac{\rho \times V \times V_2}{m \times V_1 \times 1000} \times 100 \quad (1)$$

根据计算公式, 建立数学模型为:

$$X = \frac{\rho \times V \times V_2}{m \times V_1 \times 1000} \times f \times 100$$

式中: X —试样中磷的含量, mg/100 g;

m —试样称样量, g;

ρ —测定用试样溶液中磷的质量浓度, mg/mL;

V —样品消化液定容体积, mL

V_2 —样品比色液定容体积, mL

V_1 —测定用样品消化液的体积, mL

f —测样品加标回收率, %

3.1.2 不确定度来源分析

根据已经建立的数学模型可知, 样品在检测过程中不确定度来源主要包括: 样品称量、样液定容、标准溶液配制、标准工作曲线拟合、样品加标回收率 f 等因素。干法和湿法 2 种不同的消解方法主要区别仅在消解阶段, 且均选择 100 mL 容量瓶定容, 检测方法一致, 因此, 2 者主要是回收率不同, 其他因数的不确定度均相同。

3.2 测量不确定度

3.2.1 制备样品待测液导致的不确定度

(1) 选择电子分析天平的最大允许误差为 ± 0.001 g 称量, 按均匀分布, $k = \sqrt{3}$, 称量 2 次, 则

$$u(m_1) = \sqrt{2 \times \left(\frac{0.001}{\sqrt{3}}\right)^2} = 0.00082 \text{ g}$$

(2) 所选电子天平分辨率为 0.001, 分辨率较大, 重复测试的不确定度忽略不计, 按平均分布, 则:

$$u(m_2) = \frac{0.001}{2 \times \sqrt{3}} = 0.00029 \text{ g}$$

(3) 样品称量引入不确定度合成为:

$$u(m) = \sqrt{u^2(m_1) + u^2(m_2)} = 0.00087 \text{ g}$$

相对不确定度为:

$$u_{\text{rel}}(m) = u(m)/m = 0.0017$$

3.2.2 样品消化液定容引入不确定度

(1) 样液定容选择 100 mL 单标线容量瓶, 校准后符合 A 级, 产生允差不确定度为 ± 0.10 mL^[14], 按均匀分布,

$$\text{取 } k = \sqrt{3}, [u(V_{100})] = \frac{0.10}{\sqrt{3}} = 0.058 \text{ mL}$$

(2) 实验室检测环境温度在 (20 ± 5) °C, 水的膨胀系数为 $2.1 \times 10^{-4}/^\circ\text{C}$, 按均匀分布, 取 $k = \sqrt{3}$, 则由于温度变化引起的标准不确定度:

$$u(T) = \frac{2.1 \times 10^{-4} \times 5 \times 100}{\sqrt{3}} = 0.0061 \text{ mL}$$

(3) 样液定容引入的不确定度合成为:

$$u(V) = \sqrt{0.058^2 + 0.061^2} = 0.084 \text{ mL}$$

相对不确定度为: $u_{\text{rel}}(V) = u(V)/V = 8.4 \times 10^{-4}$

3.2.3 测定用试样消化液的体积导致的不确定度 $u(V_1)$

(1) 使用 10 mL 移液管, 经校准符合 A 级, 允差为产生的不确定度为 ± 0.05 mL^[6], 按三角分布, $k = \sqrt{3}$,

$$[u(V_{10})] = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.029 \text{ mL}$$

(2) 实验室检测环境温度在 (20 ± 5) °C, 水的膨胀系数为 $2.1 \times 10^{-4}/^\circ\text{C}$, 按均匀分布, 取 $k = \sqrt{3}$, 则环境温度变化

$$\text{引入的标准不确定度: } u(T) = \frac{2.1 \times 10^{-4} \times 5 \times 10}{\sqrt{3}} = 0.0061 \text{ mL}$$

标准不确定度合成为:

$$u(V_1) = \sqrt{0.029^2 + 0.0061^2} = 0.030 \text{ mL}$$

相对不确定度为:

$$u_{\text{rel}}(V_1) = u(V_1)/V = 3.0 \times 10^{-3}$$

3.2.4 样品比色液定容引入的不确定度 $u(V_2)$

(1) 选择容量瓶为 50 mL 单标线瓶, 校准后符合 A 级, 产生允差的不确定度为 ± 0.05 mL^[6],

$$\text{按均匀分布, 取 } k=\sqrt{3}, [u(V_{50})]=\frac{0.05}{\sqrt{3}}=0.029 \text{ mL}$$

(2) 实验室检测环境温度在 (20 ± 5) °C, 水的膨胀系数为 $2.1\times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$, 按均匀分布, 取 $k=\sqrt{3}$, 则由于温度变化所引起的标准不确定度:

$$u(T)=\frac{2.1\times 10^{-4}\times 5\times 500}{\sqrt{3}}=0.0030 \text{ mL}$$

(3) 样品定容的不确定度合成为:

$$u(V_2)=\sqrt{0.029^2+0.0030^2}=0.029 \text{ mL}$$

相对不确定度为:

$$u_{\text{rel}}(V_2)=u(V_2)/V=5.8\times 10^{-4}$$

3.2.5 制备标准溶液导致的不确定度

3.2.5.1 标准物质纯度引入的不确定度

基准物质磷酸二氢钾纯度为 99.5%, 根据基准物质证书得知相对不确定度为 $\pm 0.5\%$, $k=2$, 则:

$$u(c_s)/c_s=\frac{0.5\%}{2}=0.0025$$

3.2.5.2 标准物质称量引起的不确定度

(1) 选择电子分析天平的最大允许误差为 ± 0.001 g 称量, 按均匀分布, $k=\sqrt{3}$, 称量 2 次, 则

$$u(m_1)=\sqrt{2\times\left(\frac{0.0001}{\sqrt{3}}\right)^2}=8.2\times 10^{-5} \text{ g}$$

(2) 电子天平分辨率为 0.0001, 重复测量的不确定度忽略不计, 按平均分布, 则:

$$u(m_2)=\frac{0.0001}{2\times\sqrt{3}}=2.9\times 10^{-5} \text{ g}$$

(3) 标样称量导致的不确定度合成为:

$$u(m)=\sqrt{u^2(m_1)+u^2(m_2)}=8.7\times 10^{-5} \text{ g}$$

相对不确定度为:

$$\text{其 } u_{\text{rel}}(m)=\frac{u(m)}{m}=4.0\times 10^{-4} \text{ g}$$

3.2.5.3 标准储备液定容导致的不确定度

(1) 选择 1000 mL 单标线容量瓶, 校准后符合 A 级, 产生允差不确定度为 ± 0.40 mL^[6],

$$\text{按均匀分布, 取 } k=\sqrt{3}, [u(V_{1000})]=\frac{0.40}{\sqrt{3}}=0.23 \text{ mL}$$

(2) 实验室检测环境温度在 (20 ± 5) °C, 水的膨胀系数为 $2.1\times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$, 按均匀分布, 取 $k=\sqrt{3}$, 则实验环境温度变化引起的标准不确定度:

$$u(T)=\frac{2.1\times 10^{-4}\times 5\times 1000}{\sqrt{3}}=0.61 \text{ mL}$$

(3) 样液定容的不确定度合成为:

$$u(V_3)=\sqrt{0.23^2+0.61^2}=0.65 \text{ mL}$$

相对不确定度为:

$$u_{\text{rel}}(V_3)=u(V_3)/V=6.5\times 10^{-4}$$

3.2.5.4 制备标准工作液导致的不确定度

(1) 移液管产生的不确定度

用移液管分别吸取 50.00 mg/mL 的标准储备液(mL): 2.50、5.00、7.50、10.0、15.0 配成标准系列浓度点(mg/mL): 2.50、5.00、7.50、10.0、15.0。制备过程中 5 mL 移液管使用 2 次, 10 mL 移液管使用 3 次, 20 mL 移液管使用 1 次, 50 mL 容量瓶 5 个。

5 mL 移液管, 经校准符合 A 级, 允许产生的不确定度为 ± 0.025 mL, 按均匀分布, $k=\sqrt{3}$, $u_1=\frac{0.025}{\sqrt{3}}=0.0144$ mL, 由温度引入的相对不确定度 $u_2=0.0030$ mL, 则:

$$u_{\text{rel}}(5)=\frac{\sqrt{u_1^2+u_2^2}}{V}=0.0030$$

同理, 使用 10 mL 移液管, 允许产生的不确定度为 ± 0.05 mL, 则 $u_{\text{rel}}(10)=0.0029$; 使用 25 mL 移液管, 允许产生的不确定度为 ± 0.10 mL, 则 $u_{\text{rel}}(25)=0.0023$; 50 mL 单标线容量瓶允许产生的不确定度为 ± 0.05 mL, 则 $u_{\text{rel}}(50)=0.00058$ 。

标准工作溶液引入的相对标准不确定度为:

$$u_{\text{rel}}(c)=\sqrt{\frac{u_{\text{rel}}(c)^2+u_{\text{rel}}(m)^2+u_{\text{rel}}(V)^2+2u_{\text{rel}}(5)^2}{+2u_{\text{rel}}(10)^2+u_{\text{rel}}(25)^2+5u_{\text{rel}}(50)^2}}=0.0070$$

3.2.6 标准工作曲线拟合产生的标准不确定度

本试验使用的标准溶液浓度 50.0 $\mu\text{g/mL}$, 分别配制 2.50、5.00、7.50、10.0、15.0 $\mu\text{g/mL}$ 的 5 个校准标准溶液, 系列标准工作溶液 x_i 的测定结果见表 1。在采用最小二乘法拟合校准曲线过程中, 校准标准溶液质量浓度的不确定度很小到故忽略不计, 计算得到的样液中磷的含量的不确定度仅与吸光度的测量不确定度相关, 与校准标准溶液的不确定度无关, 5 个校准标准溶液质量浓度之间的相关性也忽略不计。

拟合的校准曲线的方程为: $A=a+bM$

根据给出公式, 拟合曲线的斜率 b 和截距 a 计算如下:

$$b=\frac{S_{xy}}{S_{xx}}=\frac{\sum_{i=1}^n(M_i-\bar{M})(A_i-\bar{A})}{\sum_{i=1}^n(A_i-\bar{A})^2}=\frac{9.365}{277.5}=0.0337$$

$$a=\bar{A}-b\bar{M}=0.249-0.0337\times 8=-0.0206$$

则根据实验公式, 吸光度的测量标准差为:

$$s(A)=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n-2}}=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (A_i-a-bM)^2}{n-2}}=0.00496$$

标准工作曲线拟合引入的标准不确定度

$$u(M)=\frac{S(A)}{b}\sqrt{\frac{1}{p}+\frac{1}{n}+\frac{(M-\bar{M})^2}{S_{xx}}}=0.114$$

干法消解乳粉中磷的含量测定 2 次, 即 $p=2$, 测得平均值为 $M_{\mp}=4.9562$ $\mu\text{g/mL}$;

湿法消解乳粉中磷的含量测定 2 次, 即 $p=2$, 测得平均值为 $M_{\text{湿}}=4.8144$ $\mu\text{g/mL}$;

表 1 系列标准工作溶液吸光度测定结果
Table 1 Absorbance results of calibration standard solutions

标准工作溶液浓度 $M_i/(\mu\text{g}/\text{mL})$	2.50	5.00	7.50	10.0	15.0
吸光度	0.0643	0.1466	0.2308	0.3141	0.4795
吸光度	0.0649	0.1468	0.2311	0.3139	0.4798
吸光度	0.0652	0.1471	0.2314	0.3144	0.5003
吸光度平均值	0.0648	0.1468	0.2311	0.3141	0.4865

转化为相对不确定度: $u_{\text{rel}}(M_{\mp})=0.023$

$$u_{\text{rel}}(M_{\text{湿}})=0.024。$$

3.2.7 样品加标回收率导致的标准不确定度

利用干法消化的方法对奶粉样品进行了 6 次加标回收实验, 回收率的结果分别为 98.6%、97.2%、99.4%、101.5%、97.8%、96.4%, 平均回收率 98.5%, 其相对标准偏差为 1.81%, 因此, 由于回收率导致的相对不确定度为: $u_{\text{rel}}(f_{\mp})=0.0181$ 。对湿法消解的样品进行 6 次加标回收实验, 回收率分别为 101.2%、103.2%、102.5%、101.8%、103.4%、105.4%, 计算平均回收率得 102.9%, 其相对标准偏差为 2.17%, 由湿法消解后回收率引入的相对不确定度为: $u_{\text{rel}}(f_{\text{湿}})=0.0217$ 。

3.3 总合成不确定度^[15]

$$\frac{U_{(y)}}{y} = \sqrt{u_{\text{rel}}(m)^2 + u_{\text{rel}}(V)^2 + u_{\text{rel}}(V_1)^2 + u_{\text{rel}}(V_2)^2 + u_{\text{rel}}(V_3)^2 + u_{\text{rel}}(c)^2 + u_{\text{rel}}(M)^2 + u_{\text{rel}}(f)^2}$$

$$\frac{U_{\mp(y)}}{y} = 0.0303, \quad \frac{U_{\text{湿}(y)}}{y} = 0.0303$$

奶粉中磷含量:

$$y = \frac{\rho \times V \times V_2}{m \times V_1 \times 1000} \times f \times 100$$

$$y_{\mp} = 488 \text{ mg}/100 \text{ g}, y_{\text{湿}} = 495 \text{ mg}/100 \text{ g}$$

因此, $u_{\mp}(y)=15.0 \text{ mg}/100 \text{ g}$

同理, $u_{\text{湿}(y)}=16.5 \text{ mg}/100 \text{ g}$ 。

3.4 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则扩展不确定度:

$$U_{\mp}(y)=2u_{\mp}(y)=30.0 \text{ mg}/100 \text{ g}, U_{\text{湿}(y)}=2u_{\text{湿}(y)}=33.4 \text{ mg}/100 \text{ g}。$$

3.5 测定结果报告

2 种检测方法对该奶粉中磷的含量检测结果的报告分别为:

$$\bar{Y}_{\mp} = (\bar{y}_{\mp} \pm U_{\mp}(y)) = (488 \pm 30.0) \text{ mg}/100 \text{ g}, k=2;$$

$$\bar{Y}_{\text{湿}} = (\bar{y}_{\text{湿}} \pm U_{\text{湿}(y)}) = (495 \pm 33.4) \text{ mg}/100 \text{ g}, k=2。$$

4 结 论

分别使用干法灰化和湿法消解对奶粉样品进行前处

理, 再依据 GB 5009.87-2016 钒钼黄分光光度法测定奶粉中磷含量, 其结果表明:

(1) 干法消化和湿法消化样品 2 种方法检测结果的不确定度分别为 30.0 mg/100 g 和 33.4 mg/100 g, 湿法的不确定度略大于干法消化, 选择消化方式对结果的准确性的影响基本一致。

(2) 2 种方法的测量不确定度主要因素是配置标准浓度系列而拟合的曲线求得的样品浓度和样品加标回收率, 而样液的定容、样品的称量和配制标准溶液导致的相对标准不确定度很小, 可忽略不计, 这也显示了准确的配制标准溶液、校准好紫外分光光度计和做好样品的回收率是检测结果准确与否的关键。

参考文献

- [1] 卫敏, 刘钟栋. 食品中磷的检测方法[J]. 中国科学 B 辑, 2010, 40(7): 914-921.
Wei M, Liu ZD. Development on method for determination of phosphorus in foods [J]. Sci Chin Ser B, 2010, 40(7): 914-921.
- [2] 段彬伍, 徐霞, 何小嫣等. 朱智伟. 钒钼黄比色法测定植物源性食品中磷的含量[J]. 中国稻米, 2012, 18(4): 48-50, 53.
Duan SW, Xu X, He XY, et al. Determination of phosphorus in plant-derived foods by vanadium molybdenum yellow colorimetric method [J]. Chin Rice, 2012, 18(4): 48-50, 53.
- [3] Hesketh J. Nutrigenomics and selenium: Gene expression patterns physiological targets and genetics [J]. Annu Rev Nutr, 2008, 28: 157-177.
- [4] Sax, Leonard. The institute of medicine's "dietary reference intake" for phosphorus: A critical perspective [J]. J Am Coll Nutr, 2001, 20(4): 271-278.
- [5] GB 10767-2010 食品安全国家标准较大婴儿和幼儿配方食品[S].
GB 10767-2010 National food safety standard older infants and young children formula [S].
- [6] GB 10765-2010 食品安全国家标准婴儿配方食品[S].
GB 10767-2010 National food safety standard older infants and young children formula [S].
- [7] GB 25596-2010 食品安全国家标准 特殊医学用途婴儿配方食品通则 [S].
GB 25596-2010 General rules for infant formula for special medical purposes [S].
- [8] 王文特, 张海红, 田洪芸, 等. 钼黄分光光度法检测液态特殊食品中磷含量的优化[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(16): 5352-5356.
Wang WT, Zhang HH, Tian HY, et al. Optimization of determination of

- phosphorus content in special liquid food by vanadium molybdenum yellow spectrophotometry [J]. *J Food Saf Qual*, 2019, 10(16): 5352–5356.
- [9] 向晓黎, 罗力力, 党富民, 等. 钼蓝分光光度法测定食品中磷的研究及改进[J]. *安徽农业科学*. 2015, 43(8): 244–245.
- Xiang XL, Luo LL, Dang FM, *et al.* Research and improvement of determination for phosphorus in food by molybdenum blue spectrophotometry [J]. *J Anhui Agric Sci*, 2015, 43(8): 244–245.
- [10] 姜杰, 张慧敏, 李胜浓, 等. 电感耦合等离子体发射光谱法测定深圳市母乳中钙和磷[J]. *实用预防医学*, 2015, 22(8): 28–30.
- Jiang J, Zhang HM, Li SN, *et al.* Determination of calcium and phosphorus in human milk in shenzhen city by inductively coupled plasma optical emission spectrometer [J]. *Pract Pre Med*, 2015, 22(8): 28–30.
- [11] 杨红霞, 赵令浩, 高津旭, 等. 激光剥蚀-电感耦合等离子体质谱法原位分析印度芥菜中 Cd、P、S、Cu 等 7 种元素[J]. *分析化学*, 2014, 42(3): 355–359.
- Yang HX, Zhao LH, Gao JX, *et al.* Distribution of Cd, P, S, K, Ca, Cu and Zn Elements in Indian Mustard by LA-ICP-MS [J]. *Chin J Anal Chem*, 2014, 42(3): 355–359.
- [12] GB 5009. 87–2016 食品安全国家标准食品中磷的测定[S].
- GB 5009. 87–2016 Determination of phosphorus in foods [S].
- [13] 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].
- [14] JJG 196–2006 常用玻璃量器检定规程 [S].
- JJG 196–2006 Working glass container [S].
- [15] CNAS-GL05: 2011 测量不确定度的要求的实施指南[S].
- CNAS-GL05: 2011 Guidance on the application of the requirements for measurement uncertainty [S].

(责任编辑: 王 欣)

作者简介



蓝小飞, 硕士, 工程师, 主要研究方向为食品检测。

E-mail: feilinxinyuan@126.com