

干香菇中二氧化硫的测定的不确定度评定

雷萍, 刘海燕*

(上海市农业科学院农产品质量标准与检测技术研究所, 上海 201403)

摘要: **目的** 对干香菇中二氧化硫的测定的不确定度进行评定。**方法** 依据 GB 5009.34-2016 对菜市场 and 超市购买的干香菇进行了二氧化硫含量的测定, 依据 JJF 1135-2005 建立数学模型, 分析不确定度的来源, 根据来源的不同分类进行各类不确定度的评定和合成。**结果** 本研究中干香菇中的二氧化硫含量为 (0.0610 ± 0.0013) g/kg, 超过了国标规定的限量标准(95%置信概率, $k=2$)。**结论** 测量结果的不确定度主要来源于样品的均匀性和标准溶液的标定及稀释。

关键词: 干香菇; 二氧化硫; 不确定度

Uncertainty evaluation of determination of sulfur dioxide in dried shiitake

LEI Ping, LIU Hai-Yan*

(Institute for Agro-Product Quality Standards and Testing Technology, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai 201403, China)

ABSTRACT: Objective To evaluate the uncertainty of determination of sulfur dioxide in dried shiitake. **Methods** Sulfur dioxide content of dried shiitake purchased from vegetable markets and supermarkets was measured according to GB 5009.34-2016. The mathematical model was established according to JJF 1135-2005 to analyze the sources of uncertainty. All kinds of uncertainty were evaluated and synthesized according to different classification of sources. **Results** The results showed that the sulfur dioxide content in dried shiitake was (0.0610 ± 0.0013) g/kg, which exceeded the national standard limit (95% confidence probability, $k=2$). **Conclusion** The uncertainty of the measurement results mainly comes from the uniformity of the sample and the calibration and dilution of the standard solution.

KEY WORDS: dried shiitake; sulfur dioxide; uncertainty

1 引言

二氧化硫是国内外食品加工行业允许使用的一种食品添加剂, 主要起到护色、防腐、漂白和抗氧化的作用。部分厂家为了获得好的外观和较长的保质期, 会在干香菇的生产过程中添加二氧化硫。

按照标准规定合理使用二氧化硫不会对人体健康造成危害, 少量二氧化硫进入人体后最终生成硫酸盐, 可通

过尿液排出体外, 不会产生毒性作用。但如果过量摄入二氧化硫, 则容易产生过敏, 可能会引发呼吸困难、腹泻、呕吐等症状, 对脑及其他组织也可能产生不同程度损伤^[1-3]。国际上多个国家和地区对二氧化硫的使用均有明确的规定, 我国相关标准和法规明确了可以使用二氧化硫的食品类别及相应的使用限量和残留量, 作为干制的食用菌, 可以使用二氧化硫作为抗氧化剂, 最大使用量(以残留量计算)不得超过 0.05 g/kg^[4]。在对食用菌产品进行合格判定

*通讯作者: 刘海燕, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为农产品中营养元素的检测与评价。E-mail: 16719835@qq.com

*Corresponding author: LIU Hai-Yan, Master, Assistant Professor, Institute for Agro-Product Quality Standards and Testing Technology, SAAS, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai 201403, China. E-mail: 16719835@qq.com

时,需要进行不确定的评定,确定测量结果的可信程度。本研究对干香菇中二氧化硫的测定的不确定度评定进行评定,以期对干香菇中二氧化硫的规范测定提供参考。

2 材料与amp;方法

2.1 仪器与试剂

DFT-100 剪切式粉碎机(江苏同君仪器科技有限公司)。

盐酸(HCl)、硫酸(H₂SO₄)、可溶性淀粉[(C₆H₁₀O₅)_n]、氢氧化钠(NaOH)、碳酸钠(Na₂CO₃)、乙酸铅(C₄H₆O₄Pb)、硫代硫酸钠(Na₂S₂O₃·5H₂O)、无水硫代硫酸钠(Na₂S₂O₃)、碘(I₂)、碘化钾(KI)(分析纯,国药集团试剂有限公司)。实验用水为 GB/T 6682-2016 规定的三级水。

2.2 试剂配制

盐酸-水溶液(1:1, V:V): 取 50 mL 盐酸,缓缓倾入 50 mL 水中,边加边搅拌。

硫酸-水溶液(1:9, V:V): 取 10 mL 硫酸,缓缓倾入 90 mL 水中,边加边搅拌。

淀粉指示液(10 g/L): 称取可溶性淀粉 1 g,调成糊状,加入 100 mL 沸水中,边加边搅拌,煮沸 2 min,冷却,临用现配。

乙酸铅溶液(20 g/L): 称取 2 g 乙酸铅,溶于少量水中并稀释至 100 mL。

2.3 标准溶液配制与标定

硫代硫酸钠标准溶液(0.1 mol/L): 购买有证书的硫代硫酸钠标准溶液(证书编号 H1708081/064)。

碘标准溶液[c(1/2I₂)=0.10 mol/L]: 称取碘 13 g 和碘化钾 35 g,加水约 100mL,搅拌溶解后加入 3 滴盐酸,稀释至 1 L,过滤后转入棕色瓶。使用前用硫代硫酸钠标准溶液标定。

碘标准溶液[c(1/2I₂)=0.01000 mol/L]: 将碘标准溶液[c(1/2I₂)=0.10 mol/L]用水稀释 10 倍。

依据 GB/T 601-2016《化学试剂 标准滴定溶液的制备》配制并标定碘溶液(0.1 mol/L)^[5,6],称取 13 g 碘和 35 g 碘化钾,溶于 100 mL 水中,置于棕色瓶中,放置 2 d,稀释至 1000 mL,摇匀。量取 35.00~40.00 mL 配制的碘溶液,置于碘量瓶中,加 150 mL 水(15~20 ℃),加 5 mL 盐酸溶液[c(HCl)=0.1 mol/L],用[c(Na₂S₂O₃)=0.1 mol/L]硫代硫酸钠标准滴定溶液滴定,近终点时加 2 mL 淀粉指示液(10 g/L),继续滴定至溶液蓝色消失。

同时做空白实验: 取 250 mL 水(15~20 ℃),加 5 mL [c(HCl)=0.1 mol/L]盐酸溶液,加 0.05~0.20 mL 配制的碘溶液及 2 mL 淀粉指示液(10 g/L),用[c(Na₂S₂O₃)=0.1 mol/L]硫代硫酸钠标准滴定溶液滴定至溶液蓝色消失。

2.4 样品的测定

2.4.1 样品制备

将干香菇适当剪成小块,再用剪切式粉碎机剪碎,搅拌均匀,备用。

2.4.2 样品蒸馏^[7-9]

称取 5 g 均匀样品(精确至 0.001 g,取样量可视含量高低而定),放进蒸馏烧瓶中,加水 250 mL。安装好冷凝装置,碘量瓶中加入 25 mL 乙酸铅(20 g/L)吸收液,将冷凝管下端插入吸收液液面下。然后在蒸馏瓶中加入 10 mL 盐酸-水溶液,立即盖塞,加热蒸馏。当蒸馏液收集到约 200 mL 时,使冷凝管下端离开液面,再蒸馏 1 min 左右。用少量蒸馏水冲洗冷凝管下端。

同时做空白实验: 除蒸馏烧瓶中不添加样品外,其余过程步骤相同。

2.4.3 滴定

向碘量瓶中依次加入 10 mL 盐酸-水溶液、1 mL 淀粉指示液(10 g/L),摇匀之后用碘标准溶液(c(1/2I₂)=0.01000 mol/L)滴定至溶液颜色变蓝,且 30 s 内不褪色,记录消耗的碘标准滴定溶液体积。

2.5 数学模型

试样中二氧化硫的含量按式(1)计算:

$$X=(V-V_0)\times 0.032\times c\times 1000/m \quad (1)$$

式(1)中: X—样品中的二氧化硫总含量(以 SO₂ 计), g/kg;

V—滴定样品消耗的碘标准溶液体积, mL;

V₀—空白实验消耗的碘标准溶液体积, mL;

0.032—1 mL 碘标准溶液[c(1/2I₂)=1.0 mol/L]相当于二氧化硫的质量, g;

c—碘标准溶液浓度,单位为 mol/L;

m—试样质量或体积, g。

3 结果与分析

3.1 不确定度来源分析

根据二氧化硫的测定方法原理和含量计算数学模型分析得到的合成相对标准不确定度为:

$$U_{rel}(C)=\sqrt{U_{rel}^2(1)+U_{rel}^2(2)+U_{rel}^2(3)+U_{rel}^2(4)+U_{rel}^2(5)+U_{rel}^2(6)} \quad (2)$$

U_{rel}(1)—样品重复测量引入的不确定度;

U_{rel}(2)—样品称量引入的不确定度;

U_{rel}(3)—样品滴定过程中由 V、V₀ 引入的不确定度;

U_{rel}(4)—标准溶液引入的不确定度;

U_{rel}(5)—标准溶液稀释引入的不确定度。

3.2 不确定度各分量的评定

3.2.1 样品重复测定引入的不确定度 U_{rel}(1)-A 类不确定的评定^[10]

食用菌中二氧化硫测量结果见表 1。

表 1 食用菌(干香菇)中二氧化硫含量(%)
Table 1 Sulfur dioxide content in edible fungi (dried shiitake) (%)

m/g	V/mL	V ₀ /mL	c/(mol/L)	X/(g/kg)	\bar{X} (g/kg)	$\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$
5.0287	1.45	0.5	0.01007	0.0609		
5.9557	1.67	0.5	0.01007	0.0633		
5.6821	1.6	0.5	0.01007	0.0624		
5.2673	1.51	0.5	0.01007	0.0618		
5.4226	1.5	0.5	0.01007	0.0594	0.0610	2.68E-05
5.4733	1.52	0.5	0.01007	0.0601		
5.0287	1.4	0.5	0.01007	0.0577		
5.5275	1.58	0.5	0.01007	0.0630		
5.0369	1.46	0.5	0.01007	0.0614		
5.3408	1.5	0.5	0.01007	0.0603		

$$U_{rel}(1) = \frac{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}}{\bar{X} \sqrt{n}} = \frac{\sqrt{\frac{2.68E-05}{10 \times 9}}}{0.061} = 0.0090。$$

3.2.2 样品称量引入的不确定度 $U_{rel}(2)$ 的计算^[11]

根据 B 类不确定度判定, 查检定证书 AL204-IC 型电子天平的最大允许误差为 ±0.0005 g, 取 $k = \sqrt{3}$, 则天平引入的标准差为 $0.0005/\sqrt{3}$; 因称量需进行 2 次, 则由称量引入的标准不确定度为:

$$u(m) = \sqrt{2 \times \left(\frac{0.0005}{\sqrt{3}}\right)^2} = 4.1 \times 10^{-4} \text{ g}。$$

其相对标准不确定度:

$$U_{rel}(2) = u_{rel}(m) = \frac{4.1 \times 10^{-4}}{5.000} = 0.000082。$$

3.2.3 样品滴定过程中引入的不确定 $U_{rel}(3)$ 的计算^[12]

(1) 2.00 mL 滴定管引入的标准不确定度分量 $U_{rel}(V_1)$

由 JJG 196-1990《常用玻璃量器》检定规程^[13]查得 2.00 mL 滴定管容量允许误差为 ±0.01 mL(A 级), 按矩形分布 $k = \sqrt{3}$, 不确定度 $u(V_1) = 0.01/\sqrt{3} = 0.00577$ mL, 相对标准不确定度为 $0.00577/2.00 = 0.00026$ 。

(2) 滴定终点引入的标准不确定度分量 $U_{rel}(V_2)$

滴定终点时的体积(0.5 滴)误差为 ±0.005 mL, 呈 2 点分布, 引入的标准不确定度 $U_{rel}(V_2)$ 为 0.0025 mL。

(3) 2.00mL 滴定管因操作温度变化引入的不确定度 $U_{rel}(V_T)$

室温 17 °C, 根据温度变化 3 °C, 水温度膨胀系数为 $2.1 \times 10^{-4}/\text{°C}$, 可得到 2.00 mL 滴定管(A)体积变化 ΔV 为 $2.00 \times 2.1 \times 10^{-4}/\text{°C} \times 3 \text{ °C} = 0.00126$ mL, 按均匀分布取 $k = \sqrt{3}$, 标准不确定度为 $0.00126/\sqrt{3} = 0.000728$ mL, 相对标准不

确定度为 $0.000728/\sqrt{3} / 2.00 = 0.00021$ 。

由于 V_0 所引起的温差体积变化与 V 所引起的温差体积变化相比非常小, 故温度变化给 V_0 带来的不确定度非常小, 可忽略不计。下文的 V_0' 的不确定度同样如此, 忽略不计。

则其相对标准不确定度:

$$U_{rel}(3) = \sqrt{U_{rel}^2(V_1) + U_{rel}^2(V_2) + U_{rel}^2(V_T)} = \sqrt{0.00026^2 + 0.0025^2 + 0.00021^2} = 0.0025。$$

3.2.4 标准溶液标定过程中引入的不确定度

碘标准滴定溶液的浓度 $[c'(1/2I_2)]$ 按式(3)计算:

$$C'(1/2I_2) = (V_1 - V_2) \times c'_1 / (V_3 - V_4) \quad (3)$$

式(3)中:

V_1 —硫代硫酸钠标准滴定溶液体积, mL;

V_2 —空白实验消耗硫代硫酸钠标准滴定溶液体积, mL;

C'_1 —硫代硫酸钠标准滴定溶液浓度, mol/L;

V_3 —碘溶液体积, mL;

V_4 —空白实验中加入碘溶液体积, mL。

依据 GB/T 601-2016《化学试剂 标准滴定溶液的制备》的要求, 标准滴定溶液的标定应由 2 人进行实验, 分别各做 4 组平行。测定结果极差的相对值应满足标准的规定, 取 2 人 8 组平行测定结果的平均值作为标定结果。滴定过程中, 对滴定体积进行温度补偿校正(表 2)。

表 2 0.1 mol/L 碘标准溶液标定结果

Table 2 Calibration results of 0.1 mol/L iodine standard solution

次数	1	2	3	4	平均值
实验员 A 数据	0.10539	0.10549	0.10557	0.10563	0.10552
实验员 B 数据	0.10568	0.10540	0.10534	0.10557	0.10550

从碘标准溶液的标定过程和计算数学模型来看, 标定结果不确定度的来源主要由以下 3 方面引起: (a)测量的重复性(A 类不确定度); (b)硫代硫酸钠标准溶液引入的不确定度; (c)使用的量具及影响体积的相关因素。

(1) A 类评定的标准不确定度

表 1 为实验员 A、B 的测量数据, 单次测量的标准偏差为

$$S_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{Ai} - \bar{x}_A)^2}{n_A - 1}} = 1.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}。$$

$$S_B = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{Bi} - \bar{x}_B)^2}{n_B - 1}} = 1.6 \times 10^{-4} \text{ mol/L}。$$

所以以上两组数据的合并标准偏差为:

$$S = \sqrt{\frac{(n_A - 1)S_A^2 + (n_B - 1)S_B^2}{(n_A - 1) + (n_B - 1)}} \\ = \sqrt{\frac{(4 - 1)(1.0 \times 10^{-4})^2 + (4 - 1)(1.6 \times 10^{-4})^2}{(4 - 1) + (4 - 1)}} \\ = 1.3 \times 10^{-4} \text{ mol/L}。$$

即 A 类评定相对标准不确定度是: $U_{rel}(A') = 0.0013$ 。

(2) 硫代硫酸钠有证标准溶液 c_1 引入的不确定

查证书, 硫代硫酸钠标准溶液的浓度为 0.1030 mol/L , 相对扩展不确定度为 0.2% , $k=2$ 处理, 得到 $U_{rel}(c'_1) = \frac{0.002}{2} = 0.001$ 。

(3) 使用的量具及影响体积的相关因素 c $U_{rel}(V')$ 的计算

50.00 mL 滴定管的 MPE 为 $\pm 0.03 \text{ mL}$, 按均匀分布取 $k = \sqrt{3}$, 标准不确定度为 $0.03/\sqrt{3} = 0.0173 \text{ mL}$, 相对标准不确定度为 $0.0173/50 = 0.000346$ 。

滴定终点误差为 1 滴 0.05 mL , 引入的标准不确定度为 $0.05/35 = 0.00143$ 。

由于对滴定体积已进行过温度补偿校正, 由温度差产生的体积变化引起的不确定忽略不计。

则: $U_{rel}(V) = 0.00294$

$$U_{rel}(V'_1) = U_{rel}(V'_2) = U_{rel}(V'_3) = U_{rel}(V'_4) \\ = \sqrt{0.000346^2 + 0.00143^2} = 0.00147。$$

(4) 碘标准溶液标定结果不确定度

因各个不确定度之间相互独立, 无相关性, 所以碘标准溶液标定结果相对合成标准不确定度为:

$$U_{rel}(4) = U_{rel}(c') = \sqrt{U_{rel}(A') + U_{rel}(c'_1) + U_{rel}(V')} \\ = \sqrt{0.0013^2 + 0.001^2 + 0.00294^2} \\ = 0.0034。$$

3.2.5 标准溶液稀释过程中引入的不确定度 $U_{rel}(5)$ [13-15]

使用 10 mL (A 级) 的移液管和 100 mL (A 级) 的容量瓶, 将标准溶液稀释成浓度为 0.01 mol/mL 的标准使用液, 稀释过程引入的不确定度主要是溶液体积测量的不确定度, 包括体积校准、温度变化引入的不确定度。根据 JJG 196-2006《常用玻璃量器检定规程》中给出的玻璃量器的允差, 计算标准溶液稀释过程中单标线移液管和容量瓶引入的不确定度。

(1) 10.00 mL 单标线移液管(A)和 100.0 mL 容量瓶体积校准引入的不确定度

10.00 mL 单标线移液管(A)的 MPE 为 $\pm 0.025 \text{ mL}$, 按均匀分布取 $k = \sqrt{3}$, 标准不确定度为 $0.025/\sqrt{3} = 0.0144 \text{ mL}$, 相对标准不确定度为 $0.0144/10.00 = 0.00144$ 。

100 mL 容量瓶的 MPE 为 $\pm 0.10 \text{ mL}$, 按均匀分布取 $k = \sqrt{3}$, 标准不确定度为 $0.10/\sqrt{3} = 0.0576 \text{ mL}$, 相对标准不确

定度为 $0.0576/100 = 0.000576$ 。

(2) 标准溶液使用液稀释过程引入的相对不确定度

实验室室温 $17 \text{ }^\circ\text{C}$, 根据温度变化 $3 \text{ }^\circ\text{C}$, 水温度膨胀系数为 $2.1 \times 10^{-4}/^\circ\text{C}$, 可得到 1.00 mL 单标线移液管(A)体积变化 ΔV 为 $10.00 \times 2.1 \times 10^{-4}/^\circ\text{C} \times 3 \text{ }^\circ\text{C} = 0.0063 \text{ mL}$, 按均匀分布取 $k = \sqrt{3}$, 标准不确定度为 $0.0062/\sqrt{3} = 0.0036 \text{ mL}$, 相对标准不确定度为 $0.0036/\sqrt{3}/10.00 = 0.00021$ 。

可得到 100.0 mL 容量瓶(A)体积变化 ΔV 为 $100.0 \times 2.1 \times 10^{-4}/^\circ\text{C} \times 3 \text{ }^\circ\text{C} = 0.063 \text{ mL}$, 按均匀分布取 $k = \sqrt{3}$, 标准不确定度为 $0.063/\sqrt{3} = 0.0364 \text{ mL}$, 相对标准不确定度为 $0.063/\sqrt{3}/100.0 = 0.00036$ 。

因此, 标准溶液使用液稀释过程引入的相对不确定度为:

$$U_{rel}(5) = \sqrt{0.0044^2 + 0.000576^2 + 0.00021^2 + 0.00036^2} \\ = 0.0046。$$

3.3 合成标准不确定度

各因素引起的不确定度见表 3。

表 3 不确定度分量一览表
Table 3 List of uncertainty components

不确定度分量	$U_{rel}(1)$	$U_{rel}(2)$	$U_{rel}(3)$	$U_{rel}(4)$	$U_{rel}(5)$
量值	0.0090	0.000082	0.0025	0.0034	0.0046

根据计算得到的各不确定度分量计算磷的合成标准不确定度:

$$U_{rel} = \sqrt{U_{rel}^2(1) + U_{rel}^2(2) + U_{rel}^2(3) + U_{rel}^2(4) + U_{rel}^2(5)} \\ = \sqrt{0.0090^2 + 0.000082^2 + 0.0025^2 + 0.0034^2 + 0.0046^2} \\ = 0.011。$$

标准不确定度为: $U_c = U_{rel} \times \bar{c} = 0.011 \times 0.0610 = 0.00067 \text{ g/kg}$ 。

3.4 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则扩展不确定度为:

$$U = k \times U_c = 2 \times 0.00067 = 0.0013 \text{ g/kg}。$$

4 结论

实验测得食用菌中二氧化硫含量平均值为 0.0610 g/kg , 可表示为: $(0.0610 \pm 0.0013) \text{ g/kg}$, $k=2$ 。

本实验中干香菇中的二氧化硫含量为 $(0.0610 \pm 0.0013) \text{ g/kg}$, 超过了国标规定的限量标准 0.05 g/kg (95%置信概率), 日常生活中不宜过量食用。通过不确定分量的计算, 可知样品的均匀性、标准溶液的标定和稀释、样品的滴定过程中产生的不确定度贡献最大, 应尽量做到取样均

匀, 规范化操作, 来减少测定过程中的误差, 降低检测结果的不确定度。

参考文献

- [1] 杨丽. 食品中二氧化硫的来源、危害及国标中检测方法综述[J]. 中外食品工业(下), 2014, (3): 42-43.
Yang L. The source and harm of sulfur dioxide in food and the detection methods in national standard [J]. Sino-foreign Food Ind, 2014, (3): 42-43.
- [2] 岸. 食品安全风险解析: 关于在食品中使用二氧化硫的科学解读[J]. 福建轻纺, 2016, (9): 2-4.
An. Risk analysis of food safety: A scientific interpretation of the use of sulfur dioxide in food [J]. Light Textile Ind Fujian, 2016, (9): 2-4.
- [3] 闵小珍. 食品中二氧化硫检测的若干问题探讨[J]. 现代食品, 2018, (6): 88-90.
Min XZ. Discussion on some problems of detecting sulfur dioxide in food [J]. Mod Food, 2018, (6): 88-90.
- [4] GB 2760-2014 食品添加剂使用标准[S].
GB 2760-2014 Standards for the use of food additives [S].
- [5] 董朝明, 陆清儿. 用无水碳酸钠标定盐酸溶液不确定度的研究[J]. 现代农业科技, 2008, (21): 316-317.
Tong ZM, Lu QE. Calibration of uncertainty in hydrochloric acid solution by anhydrous sodium carbonate [J]. Mod Agric Sci Technol, 2008, (21): 316-317.
- [6] GB/T 601-2016 化学试剂 标准滴定溶液的制备[S].
GB/T 601-2016 Chemical reagent-Preparation of standard titration solution [S].
- [7] GB 5009.34-2016 食品中二氧化硫的测定[S].
GB 5009.34-2016 Determination of sulfur dioxide in foods [S].
- [8] 胡文敏, 罗佳琳, 陈科, 等. 全自动蒸馏仪蒸汽蒸馏与直火加热蒸馏测定二氧化硫的比较[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(12): 3017-3019.
Hu WM, Luo JL, Chen K, *et al.* Comparison of automatic steam distillation and direct-fire heating distillation for determination of sulfur dioxide [J]. J Food Saf Qual, 2018, 9(12): 3017-3019.
- [9] 欧志东. 食品中残留二氧化硫的检测[J]. 广东化工, 2014, 41(2): 120-121.
Ou ZD. Residual sulfur dioxide examination in food [J]. Guangdong Chem Ind, 2014, 41(2): 120-121.
- [10] JJF 1135-2005 化学分析中测量不确定度评定[S].
JJF 1135-2005 Evaluation of uncertainty in measurement in chemical analysis [S].
- [11] 雷萍, 王红梅. 测定灵芝孢子粉中水分含量的不确定度分析[J]. 上海农业学报, 2013, 29(1): 48-50.
Lei P, Wang HM. Analysis on the uncertainty of determining moisture content in *Ganoderma lucidum* spore powder [J]. Acta Agric Shanghai, 2013, 29(1): 48-50.
- [12] 雷萍, 赵晓燕. DDGS 中粗蛋白含量测定的不确定度评定[J]. 上海农业学报, 2015, (1): 87-91.
Lei P, Zhao XY. The uncertainty evaluation of determining crude protein of DDGS [J]. Acta Agric Shanghai, 2015, (1): 87-91.
- [13] JJG 196-2006 常用玻璃量器[S].
JJG 196-2006 Common glass gauge [S].
- [14] 赵海峰, 张辉珍, 谢寒冰, 等. 移液枪和移液管对测量结果不确定度的影响[J]. 中国卫生检验杂志, 2015, (21): 3775-3778.
Zhao HF, Zhang HZ, Xie HB, *et al.* Influence of pipette and pipette on uncertainty of measurement results [J]. Chin J Health Lab Technol, 2015, (21): 3775-3778.
- [15] 龚剑, 占永革. 标准溶液稀释不确定度评定[J]. 实验室技术与管理, 2011, 28(5): 52-53, 67.
Gong J, Zhan YG. Uncertainty evaluation of dilution of standard solution, laboratory technology and management [J]. Exp Technol Manag, 2011, 28(5): 52-53, 67.

(责任编辑: 武英华)

作者简介

雷 萍, 高级实验师, 主要研究方向为农产品中营养元素的检测与评价。
E-mail: 7123404@qq.com

刘海燕, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为农产品中营养元素的检测与评价。
E-mail: 16719835@qq.com