

# 分光光度法测定蛋白饮料中蛋白质含量的 不确定度评定

赵盼盼\*, 周新星, 叶奕振

(宁波御坊堂生物科技有限公司, 宁波 315012)

**摘要:** **目的** 对分光光度法测定蛋白饮料中蛋白质含量的不确定度进行评定。**方法** 根据 JJF 1059.1-2012 标准要求, 以测定蛋白饮料中蛋白质含量为例, 分析不确定度的主要来源并定量, 计算相对合成标准不确定度, 从而评定扩展不确定度。**结果** 蛋白饮料中蛋白质含量为 5.66 g/100 g, 扩展不确定度为 0.20 g/100 g (95%,  $k=2$ )。测量结果的不确定度主要来源于分光光度法标准曲线的拟合, 测量重复性与氨氮标准溶液的影响次之, 而样品的称量和样品的定容带来的影响可忽略不计。**结论** 该评价方法及结果能提高实际工作中蛋白质检测的准确性。

**关键词:** 分光光度法; 蛋白质; 蛋白饮料; 不确定度

## Evaluation of uncertainty in determination of protein content by spectrophotometry determination in protein beverage

ZHAO Pan-Pan\*, ZHOU Xin-Xing, YE Yi-Zhen

(Ningbo Yufangtang Biological Technology Co., Ltd., Ningbo 315012, China)

**ABSTRACT: Objective** To evaluate the uncertainty of the determination of protein content in protein drinks. **Methods** According to the JJF 1059.1-2012 standard requirement, the main source of uncertainty was analyzed by quantitative determination of protein content in protein beverages, and the relative synthetic standard uncertainty was calculated to evaluate the extended uncertainty. **Results** The concentration of protein was 5.66 g/100 g and the expanded uncertainty was 0.20 g/100 g (95%,  $k=2$ ). The uncertainty of the measurement results mostly came from the standard curve fitting, the influence of measurement repeatability and ammonia nitrogen standard solution was the second, while the influence of constant volume and sample weighing could be ignored. **Conclusion** The evaluation method and results can improve the accuracy of protein detection in practical work.

**KEY WORDS:** spectrophotometry; protein; protein beverage; uncertainty

## 1 引言

一切测量结果都不可避免地会有不确定度。测量不确定度是根据所用到的信息, 表征赋予被测量值分散性的非负参数<sup>[1]</sup>。不确定评定可以作为检测质量评价的一个重要

指标, 也可以反映检测数据可信的程度。本公司生产的蛋白饮料由于添加了一定含量的低聚肽粉, 所以含有较高的蛋白质含量, 因此要对蛋白质含量进行准确地检测。测定蛋白质采用 GB 5009.5-2016《食品安全国家标准食品中蛋白质的测定》<sup>[2]</sup>标准, 标准中有 3 个方法, 第 1 法是常规方

\*通讯作者: 赵盼盼, 执业药师, 主要研究方向是质量体系管理与食品质量控制。E-mail: 834672218@qq.com

\*Corresponding author: ZHAO Pan, Licensed Pharmacist, Ningbo Yufangtang Biological Technology Co., Ltd, No. 188, Duan Tong West Road, Ningbo, Zhejiang 315100, China. E-mail: 834672218@qq.com

法-凯氏定氮法, 适用于各种食品的蛋白质检测, 第 2 法是乙酰丙酮分光光度法, 适用于各种食品的蛋白质检测, 此法消耗样品少, 并且一次可以检测多个样品, 第 3 法燃烧法, 只适合蛋白质含量大于 10% 以上的样品的检测。目前, 凯氏定氮法是应用最广泛、最经典的蛋白质测定方法, 因此已有不少关于经典方法-凯氏定氮法测定蛋白质含量不确定评定的报道<sup>[2-13]</sup>, 而分光光度法是最简单、最快速的蛋白质测定方法, 但关于分光光度法测定蛋白质含量不确定评定却较少<sup>[14]</sup>, 目前仅仅局限在环境卫生领域, 由于笔者已对分光光度法测定饮料中蛋白质含量进行了研究, 发现分光光度法线性关系理想, 并且精密度、重现性、稳定性良好、结果可靠, 与第一法凯氏定氮法相比, 测得的结果基本一致<sup>[15]</sup>, 因此本研究直接采用分光光度法测定蛋白饮料中含量, 建立分光光度法的数学模型, 分析测量结果的不确定度来源并进行定量分析, 以期提高检测数据的可靠性, 提升专业技术水平, 以填补分光光度法测定蛋白质在食品领域的空缺。

## 2 材料与方法

### 2.1 材料与仪器设备

PerkinElmer Lambda 950 紫外可见分光光度计(美国 PerkinElmer 有限公司); AB204-N 电子天平(梅特勒-托利多上海有限公司); DK-S28 电热恒温水浴锅(上海精宏实验设备有限公司); 具塞比色管、消化瓶(A 级, 天津市天科玻璃仪器制造有限公司)。

甲醛、乙酰丙酮、乙酸钠、硫酸铜、硫酸钾(分析纯, 国药集团上海化学试剂有限公司), 硫酸铵、硫酸、乙酸(优级纯, 国药集团上海化学试剂有限公司)。

水: 宁波市江东净源蒸馏水有限公司购买, 采用 GB/T 6682-2008<sup>[16]</sup>标准中三级水项目进行验收, 符合要求后使用。

本实验选取的样品: 本公司生产的蛋白饮料, 此蛋白饮料是指添加了低聚肽粉、海藻糖、果糖、低聚木糖、血橙浓缩汁等配料, 并经称量、配料、灌装、灭菌、包装等工艺制成的蛋白饮品。

### 2.2 实验方法

在消化瓶中称取蛋白饮料 2.0000 g, 加入 0.1 g 硫酸铜、1 g 硫酸钾及 5 mL 硫酸, 将瓶以 45°斜支于石棉网上, 瓶口加一漏斗。开始小火加热, 加热 0.5 h 左右, 冒黑烟, 待黑烟没有(即炭化完全)后, 大火加热, 并保持消化瓶内液体沸腾, 至液体呈蓝绿色后, 再继续加热 0.5~1.0 h。从电炉上拿下, 放置至冷却, 缓慢加入 20 mL 水。后转移至 50 mL 容量瓶中, 并用少量的水分几次清洗消化瓶, 洗液并入容量瓶中, 定容, 此为待测液。同时做试剂空白实验。

称取硫酸铵 0.4720 g 加水溶解, 转移至 100 mL 容量

瓶, 定容备用, 此溶液为氮含量为 1000 μg/mL, 即为氨氮标准储备溶液。取 10 mL 氨氮标准储备液定容于 100 mL 容量瓶中, 备用, 此溶液氮含量为 100 μg/mL, 即为氨氮标准使用溶液。分别取氨氮标准使用溶液 0、0.05、0.10、0.20、0.40、0.60、0.80、1.00 mL 至 10 mL 比色管中, 再依次加入 4.0 mL 乙酸钠-乙酸缓冲溶液及 4.0 mL 乙酰丙酮溶液, 加水定容至刻度, 摇匀备用, 沸水浴 15 min, 放置冷却, 用 1 cm 吸收皿于 400 nm 波长下测定吸光值。以氮的含量为纵坐标, 以测得的吸光值为横坐标, 在电脑上绘制标准曲线, 得出线性回归方程及  $r^2$ 。

样品蛋白质含量测定: 吸取 1 mL 的样品待测液与试剂空白测定液加入至比色管, 下同标准溶液的检测, 测出吸光值后代入回归方程, 算出待测液与试剂空白液中蛋白质的含量。

### 2.3 数学模型

蛋白质含量计算公式如下:

$$X = \frac{(C - C_0) \times 50 \times 50 \times 100 \times F}{m \times 1 \times 5 \times 1000 \times 1000}$$

式中 X 为饮料中的蛋白质含量(g/100 g); C 待测液中蛋白质含量(μg);  $C_0$  试剂空白测定液中蛋白质含量(μg);  $m$  饮料质量(g);  $F$ : 饮料为一般食品, 因此换算系数为 6.25。

## 3 结果与分析

### 3.1 不确定度分量的主要来源

由蛋白质的检测步骤可以发现, 产生不确定度的主要来源有以下几方面: 由氨氮标准溶液引入的不确定度  $u_1$ ; 由标准曲线拟合引入的不确定度  $u_2$ ; 由定容的体积引入的不确定度  $u_3$ ; 由样品质量引入的不确定度  $u_4$ ; 由测量重复性引入的不确定度  $u_5$ 。

#### 3.1.1 由氨氮标准溶液引入的不确定度 $u_1$

(1) 硫酸铵纯度引入的不确定度  $u_{11}$

硫酸铵试剂纯度为(99.0±1.0)%, 按矩形分布评定其不确定度,  $k = \sqrt{3}$ , 则硫酸铵纯度的相对不确定度为:

$$u_{11} = \frac{0.001}{0.1 \times \sqrt{3}} = 0.00577$$

(2) 硫酸铵称量引入的不确定度  $u_{12}$

所用电子天平的最大允差±0.0001 g, 按 B 类不确定度评定, 可认为服从均匀分布, 标准不确定度为:

$$u(m) = \frac{0.0001}{\sqrt{3}} = 0.0000580 \text{ g}$$

样品的称样量为 2.0000 g, 则相对标准不确定度为:

$$U_{12} = \frac{u(m)}{m} = \frac{0.000058}{0.4720} = 0.000123$$

(3) 定容引入的不确定度  $u_{13}$

称取 0.4720 g 硫酸铵加水溶解, 转移至 100 mL 容量

瓶, 定容, 此 100 mL 容量瓶的标准不确定度来源包括:

#### a. 容量瓶的检定

经计量检定, 100 mL A 级容量瓶容量允差为 $\pm 0.1$  mL, 按 B 类不确定度评定, 用均匀分布换算成标准不确定度为:

$$u_{13a}(V_{100}) = \frac{0.1}{\sqrt{3}} = 0.058 \text{ mL}$$

#### b. 容量瓶的重复性

用 100 mL A 级容量瓶重复进行 20 次定容和称量, 试验得出测定结果的标准偏差为 0.081 mL, 按 A 类不确定度评定, 则充满液体至刻度的准确性引起的标准不确定度为:

$$u_{13b}(V_{100}) = 0.078 \text{ mL}$$

#### c. 定容时的温度

由于容量瓶是在 20 °C 下检定校准, 假定定容时温度在(20 $\pm$ 5) °C 之间变动, 水的体积膨胀系数是  $2.1 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$ , 按 B 类不确定度评定, 在 95% 置信概率下, 按正态分布计算, 则由温度引入的标准不确定度为:

$$u_{13c}(V_{100}) = \frac{\Delta V_{100}}{2} = \frac{100.0 \times 5 \times 2.1 \times 10^{-4}}{2} = 0.0525 \text{ mL}$$

合并以上 a、b、c 可得

$$u_{13}(V_{100}) = \sqrt{u_{13a}(V_{100})^2 + u_{13b}(V_{100})^2 + u_{13c}(V_{100})^2} = 0.110 \text{ mL}$$

则标准溶液定容的相对不确定度为:  $u_{13} =$

$$\frac{u_{13}(V_{100})}{V_{100}} = \frac{0.110}{100.0} = 0.00110$$

#### (4) 标准溶液稀释引入的不确定度 $u_{14a}$ 与 $u_{14b}$

稀释引入的不确定度将 1000  $\mu\text{g}/\text{mL}$  氨氮标准贮备溶液按 1: 10(V/V) 稀释 1 次, 得到 100  $\mu\text{g}/\text{mL}$  氨氮标准使用液。稀释过程借助 10 mL 移液管和 100 mL 容量瓶完成, 其不确定度考虑检定、重复性和温度 3 个方面, 则 100 mL 容量瓶引入的不确定度参照 2.1.1 (3), 得出  $u_{14a} =$

$$\frac{u_{13}(V_{100})}{V_{100}} = \frac{0.110}{100.0} = 0.00110。$$

10 mL 移液管移取标准溶液, 10 mL 的标准不确定度来源如下: 1. 移液管体积的不确定度, 10 mL 移液管 20 °C 容量允差为 $\pm 0.05$  mL, 按照矩形分布估算, 其标准偏差为  $0.05/10 \times \sqrt{3} = 0.003$  mL; 2. 充满液体至刻度的变动性, 由重复 3 次测定结果为 0.02 mL; 3. 吸管和溶液温度与校正时温度差引起的体积不确定度, 假设温度变化为 2 °C, 对水的体积膨胀系数为  $2.1 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$ ; 则 95% 置信概率( $K=2$ ) 时体积变化的区间为  $10 \times 2 \times 2.1 \times 10^{-4} = 0.0042$  mL, 转换成标准偏差为  $0.0042/2 = 0.0021$  mL。以上 3 项合成得出:

$$u_{v10} = \sqrt{(0.003)^2 + (0.02)^2 + (0.0021)^2} = 0.0203 \text{ mL}$$

$$u_{14b} = \frac{0.0203}{10} = 0.00203$$

则由氨氮标准溶液引入的不确定度  $u_1$  为

$$u_1 = \sqrt{(u_{11})^2 + (u_{12})^2 + (u_{13})^2 + (u_{14a})^2 + (u_{14b})^2} = 0.00631$$

#### 3.1.2 由称样引入不确定度 $u_2$

所用电子天平的最大允差 $\pm 0.0001$  g, 按 B 类不确定度评定, 可认为服从均匀分布, 标准不确定度为:

$$u(m) = \frac{0.0001}{\sqrt{3}} = 0.0000580 \text{ g}$$

样品的称样量为 2.0000 g, 则相对标准不确定度为:

$$u_2 = \frac{u(m)}{m} = \frac{0.0000580}{2.0000} = 0.000029$$

#### 3.1.3 由样品定容引入的不确定度 $u_3$

样品消化完成后, 定容到 50 mL 容量瓶, 此容量瓶的标准不确定度来源来自以下方面:

(1) 容量瓶的检定 经计量检定, 50 mL A 级容量瓶最大允差为 $\pm 0.1$  mL, 按 B 类不确定度评定, 用均匀分布换算成标准不确定度为:

$$u_{31}(V_{50}) = \frac{0.1}{\sqrt{3}} = 0.058 \text{ mL}$$

(2) 容量瓶的重复性 用 100 mL A 级容量瓶重复进行 20 次定容和称量, 试验得出测定结果的标准偏差为 0.040 mL, 按 A 类不确定度评定, 则充满液体至刻度的准确性引起的标准不确定度为:

$$u_{32}(V_{50}) = 0.040 \text{ mL}$$

(3) 定容时的温度 容量瓶是在 20 °C 下校准, 假定温度在(20 $\pm$ 5) °C 之间变动, 水的体积膨胀系数确定为  $2.1 \times 10^{-4}/^{\circ}\text{C}$ , 按 B 类不确定度评定, 在 95% 置信概率下, 按正态分布和均匀分布计算, 则由温度引入的标准不确定度为:

$$u_{33}(V_{50}) = \frac{\Delta V_{50}}{2} = \frac{50.0 \times 5 \times 2.1 \times 10^{-4}}{2} = 0.0262 \text{ mL}$$

$$\text{合并以上 a、b、c 得} = \sqrt{u_{31}(V_{50})^2 + u_{32}(V_{50})^2 + u_{33}(V_{50})^2} = 0.0752 \text{ mL}$$

则样品定容的相对不确定度为:  $u_3 = \frac{u(V_{50})}{V_{50}}$

$$= \frac{0.0752}{50.0} = 0.00150$$

#### 3.1.4 绘制的标准曲线拟合的不确定度 $u_4$

用 100  $\mu\text{g}/\text{mL}$  浓度的氨氮标准使用液, 加空白溶液, 配制了 8 种不同浓度的氨氮标准溶液, 并进行了测定, 每个浓度做 2 个平行样, 吸光值测定结果见表 1。

绘制的标准曲线方程:

$$A = a + bC = 0.0023 + 0.0048C \quad r^2 = 0.998 \quad (\text{A 为吸光值, C 为氮的含量})$$

根据标准溶液的浓度, 利用标准曲线求得吸光度的理论值  $a+bC_i$ , 计算实际吸光度  $A_i$  与理论值的残差,  $n$  为标准溶液测定的总次数, 采用 8 个浓度, 每个浓度 2 个平行, 则  $n=16$ , 则按贝赛尔公式计算残差标准偏差  $s$ :

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [A_i - (a + bC_i)]^2}{n - 2}} = 0.00527$$

离均差和为:  $l_{xx} = \sum_{j=1}^n (C_j - \bar{C})^2 = 19444$ , 其中

$\bar{C} = 39.375 \mu\text{g/mL}$ , 为 8 个标准浓度的平均值。

$p$  为样品测定次数, 每个样品平行测定 6 次, 则  $p=6$ , 测得容量瓶中蛋白质的浓度  $C_s$  为  $36.19 \mu\text{g/L}$ 。则标准曲线拟合的标准不确定度为:

$$u(C_{SP}) = \frac{s}{b} \sqrt{\frac{1}{p} + \frac{1}{n} + \frac{(C_s - \bar{C})^2}{l_{xx}}} = 0.526 \mu\text{g/mL}$$

标准曲线拟合的相对不确定度为:

$$u_4 = \frac{u(C_{sp})}{C_{sp}} = \frac{0.526}{36.19} = 0.0145$$

表 1 不同标准浓度测得的吸光值( $n=2$ )

Table 1 Absorption values at different standard concentrations( $n=2$ )

氮的含量 ( $\mu\text{g/mL}$ )	吸光值		平均吸光值 $A$	标准偏差
	1	2		
0	0.000	0.000	0.000	0
5.0	0.029	0.031	0.030	0.0667
10.0	0.053	0.049	0.050	0.0784
20.0	0.105	0.105	0.105	0
40.0	0.190	0.188	0.189	0.0053
60.0	0.277	0.279	0.278	0.0072
80.0	0.379	0.377	0.378	0.0053
100.0	0.490	0.492	0.491	0.0041

### 3.1.5 重复性实验引入的不确定度 $u_5$

6 次重复测定的结果, 覆盖试验的全过程, 即始于取样、样品消化、蒸馏、显色直至检测和计算结果。结果见表 2。

表 2 样品蛋白质含量重复检测结果( $n=6$ )

Table 2 Results of repeated detection of sample protein content( $n=6$ )

编号	吸光度	蛋白质检测结果/(g/100 g)
1	0.178	5.72
2	0.175	5.62
3	0.175	5.62
4	0.177	5.69
5	0.177	5.69
6	0.175	5.62
平均值	0.176	5.66

重复性实验按 A 类不确定度考虑, 蛋白质含量的标

$$\text{准差为 } s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} = 0.101$$

则蛋白质含量重复性实验 A 的不确定度为

$$u(A) = \frac{0.277}{\sqrt{6}} = 0.0412 \text{ mL}$$

蛋白质含量重复性实验 A 的相对不确定度

$$u_5 = \frac{u(A)}{X} = 0.00728$$

### 3.2 蛋白质含量的相对合成标准不确定度

样品中蛋白质的标准不确定度分析: 测得饮料中蛋白质含量为  $5.66 \text{ g/100 g}$ , 则样品中蛋白质标准不确定度为:

$$U_{rel}(C) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2} = 0.0175 \text{ mL}$$

则蛋白质的相对合成标准不确定度为:

$$u_c(X) = 0.0175 \times X = 0.0175 \times 5.66 = 0.099\%$$

各不确定度分量及其合成不确定度的贡献率列于表 3。

表 3 不确定度分量及各贡献率

Table 3 Uncertainty component and its contribution rate

名称	量值	相对标准不确定度	贡献率/%
氨氮标准溶液	100 $\mu\text{g/mL}$	0.00631	21.30
样品称量	2.0000 g	0.000029	0.098
定容的体积	50 mL	0.00150	5.06
标准曲线	2.0000 g	0.0145	48.96
重复性实验	11.60 g/100 g	0.00728	24.58

### 3.3 扩展不确定度的评定

设包含因子  $k=2$ (即 95% 的置信概率), 则  $U(X) = 2u_c(X) = 0.099 \times 2 = 0.20 \text{ g/100 g}$

蛋白质检测结果可表示为:  $X = (5.66 \pm 0.20) \text{ g/100 g}, k=2$ 。

## 4 结 论

蛋白饮料中蛋白质含量为  $5.66 \text{ g/100 g}$ , 扩展不确定度为  $0.20 \text{ g/100 g}$ , 因此蛋白质含量为  $(5.66 \pm 0.20) \text{ g/100 g}$ , 符合企业标准要求( $\geq 3.00 \text{ g/100 g}$ )。

根据不确定度分量及各贡献率结果可知, 不确定度中标准曲线拟合的贡献最大, 测量重复性与氨氮标准溶液的影响次之, 而定容体积与样品称量带来的影响与前两个相比, 可忽略不计。对分光光度法测定蛋白饮料中蛋白质含量进行不确定度分析及定量, 使我们了解样品中蛋白质含量的真值大小, 并且在日后的蛋白质检测中, 我们会对不确定度评定出的主要因素, 进行严格的控制, 把有效的精力投入到主要因素中, 从而尽可能地降低检测结果的不确定度, 提高检测结果的准确性。

## 参考文献

- [1] JJF 1059-2012 测量不确定度评定与表示[S].  
JJF 1059-2012 Evaluation and representation of uncertainty in measurement [S].
- [2] GB 5009.5-2010 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定[S].  
GB 5009.5-2016 National food safety standard-Determination of protein in food [S].
- [3] 林荆, 林永辉, 陈竞秀. 凯氏定氮法测定大豆粉中蛋白质的不确定度评定[J]. 福建分析测试, 2015, (6): 27-29.  
Lin J, Lin YH, Chen JX. Uncertainty evaluation of determination of protein in soyabean powder by Kjeldahl method [J]. Fujian Anal Test, 2015, (6): 27-29.
- [4] 王红梅, 雷萍, 王少鸥, 等. 凯氏定氮法测定灵芝破壁孢子粉中粗蛋白质含量的不确定度评定[J]. 食用菌学报, 2012, (2): 73-76.  
Wang HM, Lei P, Wang SO, *et al.* Evaluation of uncertainty in determination of crude protein content in ganoderma lucidum broken spores powder by Kjeldahl nitrogen determination method [J]. J Edib Fung, 2012, (2): 73-76.
- [5] 姬勇, 陈霞, 罗力力. 全自动定氮仪测定大米中蛋白质含量的测量不确定度分析[J]. 农产品加工(学刊), 2011, (1): 78-79, 103.  
Ji Y, Chen X, Luo LL. Uncertainty analysis of determination of protein content in rice by automatic nitrogen determination instrument [J]. Proc Agric Prod (Acad J), 2011, (1): 78-79, 103.
- [6] 戴飞, 吴贝贝, 关敬媛. 凯氏定氮法测定固体饮料中蛋白质含量的不确定度评定[J]. 安徽农业科学, 2017, (7): 76-78.  
Dai F, Wu BB, Guan JY. Evaluation of uncertainty in the determination of protein content in solid beverage by KN method [J]. Anhui Agric Sci, 2017, (7): 76-78.
- [7] 刘洁. 凯氏定氮法测定大米中蛋白质含量的不确定度评定[J]. 现代农业科技, 2017, (13): 241, 244.  
Liu J. Evaluation of uncertainty in the determination of protein content in rice by Kjeldahl nitrogen determination method [J]. Mod Agric Sci Technol, 2017, (13): 241, 244.
- [8] 俞秋虹, 陈达峰, 魏峰. 乳清粉中蛋白质测定实验的不确定度评估[J]. 现代食品, 2018, (2): 49-52.  
Yu QH, Chen DF, Wei F. Evaluation of uncertainty in the determination of protein in whey powder [J]. Mod Food, 2018, (2): 49-52.
- [9] 邱志超, 官咏仪, 林海丹. 奶粉中蛋白质含量测量不确定度的评定[J]. 工业计量, 2013, (5): 61-64.  
Qiu ZC, Guan YY, Lin HD. Evaluation of uncertainty in measurement of protein content in milk powder [J]. Ind Metrol, 2013, (5): 61-64.
- [10] 陈雄, 戴璇. 奶粉中蛋白质的不确定度评定[J]. 食品安全导刊, 2016, (9): 78-79.  
Chen X, Dai X. Evaluation of protein uncertainty in milk powder [J]. Guid Food Saf, 2016, (9): 78-79.
- [11] 李伟志. 奶粉中蛋白质不确定度的分析[J]. 中国现代药物应用, 2013, (23): 249-250.  
Li WZ. Analysis of protein uncertainty in milk powder [J]. Mod Drug Appl Chin, 2013, (23): 249-250.
- [12] 杨桂菊. 气相色谱法测定食品中苯甲酸的不确定度评定[J]. 中国酿造, 2004, (2): 34-36.  
Yang GJ. Determination of benzoic acid in food by gas chromatography [J]. Chin Brew, 2004, (2): 34-36.
- [13] 唐静, 罗玥, 黄萍, 等. 全自动凯氏定氮仪测定蛋白饮料中蛋白质的不确定度分析[J]. 安徽农业科学, 2018, (7): 152-154.  
Tang J, Luo Y, Huang P, *et al.* Analysis of the uncertainty of proteins in protein beverages by fully automated KN determination [J]. Anhui Agric Sci, 2018, (7): 152-154.
- [14] 张玉林, 董晓丹. 分光光度法测定垃圾堆肥中蛋白质的不确定度评定[J]. 环境卫生工程, 2012, (5): 49-52.  
Zhang YL, Dong XD. Evaluation of uncertainty in the determination of protein in waste compost by spectrophotometry [J]. Environ Health Eng, 2012, (5): 49-52.
- [15] 贾福怀, 戴飞, 吴贝贝, 等. 分光光度法测定固体蛋白饮料中蛋白质含量[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(17): 4725-4728.  
Jia FH, Dai F, Wu BB, *et al.* Determination of protein in solid drink by spectrophotometry [J]. J Food Saf Qual, 2018, 9(17): 4725-4728.
- [16] GB/T 6682-2008 分析实验室用水规格和试验方法[S].  
GB/T 6682-2008 Specifications and test methods for analytical laboratory water [S].

(责任编辑: 陈雨薇)

## 作者简介

赵盼盼, 执业药师, 主要研究方向是质量体系管理与食品质量控制。

E-mail: 834672218@qq.com