

doi:10.3969/j.issn.1006-4931.2022.04.018

# 复方营养混悬剂中铁元素的测定及其不确定度评定\*

李 潇, 周长明, 丁 锐, 邵天舒, 王 静<sup>△</sup>

(北京市药品检验研究院·国家药品监督管理局仿制药研究与评价重点实验室·中药成分分析与生物评价北京市重点实验室, 北京 102206)

**摘要:**目的 建立复方营养混悬剂中铁元素的测定方法,并评定其不确定度。方法 对样品进行微波消解,采用原子吸收光谱法测定铁元素的含量,波长为248.3 nm,燃气流量为0.9 L/min,通带为0.2 nm,雾化器提升时间为4 s,燃烧器高度为7.0 mm。同时分析测定方法的不确定度。结果 铁元素质量浓度在0.125~6 μg/mL范围内与仪器信号强度的线性关系良好;精密性、重复性试验的RSD均小于2.28%(n=6),平均加样回收率为100.98%,RSD为5.03%(n=9);耐用性试验的RSD为3.05%。样品量为0.5 g时,铁元素测定结果为(39.535 2±3.321 0) μg/g,置信概率为95%,k=2。结论 所建立的方法稳定性、专属性及耐用性均较好,同时对该方法进行了不确定度评定,可为复方营养混悬剂的质量控制提供量化评价指标。

**关键词:**复方营养混悬剂;微波消解;铁元素;含量测定;不确定度

中图分类号:R917

文献标志码:A

文章编号:1006-4931(2022)04-0075-05

## Determination of Iron Element in Compound Nutrition Suspension and the Uncertainty Evaluation for the Method

LI Xiao, ZHOU Changming, DING Rui, SHAO Tianshu, WANG Jing

(Beijing Institute for Drug Control · NMPA Key Laboratory for Research and Evaluation of Generic Drugs · Beijing Key Laboratory of Analysis and Evaluation on Chinese Medicine, Beijing, China 102206)

**Abstract:** **Objective** To establish a method for the determination of iron element in Compound Nutrition Suspension, and to evaluate the uncertainty for the method. **Methods** The samples were digested by microwave digestion, and the content of iron element was determined by the atomic absorption spectrometry. The wavelength was 248.3 nm, the gas flow was 0.9 L/min, the passband was 0.2 nm, the lifted time of atomizer was 4 s, and the burner height was 7.0 mm. The uncertainty of the method was analyzed. **Results** The mass concentration of iron element showed a good linear relationship with the signal intensity of the instrument in the range of 0.125–6 μg/mL. The RSDs of precision and repeatability tests were less than 2.28% (n=6), and the average recovery was 100.98% with an RSD of 5.03% (n=9). The RSD of the durability test was 3.05%. When the mass of the sample was 0.5 g, the content of iron element was (39.535 2±3.321 0) μg/g, the confidence probability was 95%, k=2. **Conclusion** The method has good stability, specificity and durability. Meanwhile, the uncertainty evaluation of this method can provide quantitative evaluation indexes for the quality control of Compound Nutritional Suspension.

**Key words:** Compound Nutritional Suspension; microwave digestion; iron element; content determination; uncertainty

复方营养混悬剂的处方包括酪蛋白、必需脂肪酸、维生素、矿物质、微量元素等,在临床属整蛋白型肠内营养剂。现行质量标准中无铁元素含量测定项,但严重烧伤、长时间腹泻、血液透析等患者的铁等微量元素缺失较多<sup>[1]</sup>,故应测定复方营养混悬剂中铁元素的含量。本研究中根据《化学分析中不确定度的评估指南》对铁元素含量测定进行了不确定度分析,并确定其不确定度的影响因素,为该制剂的质量控制提供量化评价指标<sup>[2-10]</sup>。现报道如下。

## 1 仪器与试剂

### 1.1 仪器

ICE 3500型原子吸收光谱仪(美国 Thermo Fisher Scientific 公司);XA205DU型电子天平(梅特勒-托利多国际贸易<上海>有限公司);ETHOS One型微波消

解仪(意大利 Milestone 公司)。

### 1.2 试剂

复方营养混悬剂(A公司,批号分别为1709002, 1709003, 1709004;B公司,批号分别为190803, 190202, 190204);铁单元素溶液标准物质[中国计量科学研究院,质量浓度为100 μg/mL,编号为GBW(E)080123,批号为19042];浓硝酸为优级纯,水为超纯水。

## 2 方法与结果

### 2.1 试验条件

波长:248.3 nm;燃气流量:0.9 L/min;通带:0.2 nm;雾化器提升时间:4 s;燃烧器高度:7.0 mm。

### 2.2 测定方法

#### 2.2.1 溶液制备

精密量取铁单元素溶液标准物质(100 μg/mL)

\*基金项目:国家药典委员会《中国药典》药品标准提高项目[118]。

第一作者:李潇,女,硕士研究生,药师,研究方向为药品检验,(电子信箱)jesscy@aliyun.com。

<sup>△</sup>通信作者:王静,女,硕士研究生,副主任药师,研究方向为药品检验,(电子信箱)wj80914@163.com。

10 mL,置100 mL容量瓶中,用水定容,摇匀,即得对照品溶液。称取复方营养混悬剂0.5 g,精密称定,置聚四氟乙烯消解罐中,加入浓硝酸8 mL,拧紧盖子,放置1 h,微波消解程序见表1。消解完毕后,取出,置电热板上加热至硝酸1 mL,冷却,将消化液移至20 mL容量瓶中,用少量水洗涤3~4次,合并洗涤液,置容量瓶中,加水定容,摇匀,即得供试品溶液。以1.8%硝酸溶液作为空白对照溶液。

表1 微波消解程序

Tab. 1 Microwave digestion procedure

| 时间(min) | 功率(W) | 温度(℃) | 时间(min) | 功率(W) | 温度(℃) |
|---------|-------|-------|---------|-------|-------|
| 5       | 1 200 | 120   | 10      | 1 200 | 185   |
| 5       | 1 200 | 150   | 15      | 1 200 | 185   |
| 5       | 1 200 | 150   |         |       |       |

2.2.2 方法学考察

线性关系考察:精密量取2.2.1项下对照品溶液0.25,0.5,1,3,4,6,12 mL,分别置20 mL容量瓶中,用水定容,按2.1项下试验条件进样测定,记录仪器信号强度。以铁元素质量浓度( $X, \mu\text{g}/\text{mL}$ )为横坐标、仪器信号强度( $Y$ )为纵坐标进行线性回归,得回归方程 $Y = 0.035\,14\,X + 0.003\,86$  ( $r = 0.998\,7, n = 7$ )。结果表明,铁元素质量浓度在0.125~6  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 范围内与仪器信号强度的线性关系良好。

精密度试验:取2.2.1项下供试品溶液适量,按2.1项下试验条件试验3 d,每天进样2次测定,记录仪器信号强度。结果的 $RSD$ 小于2.0% ( $n = 6$ ),表明方法精密度良好。

重复性试验:称取样品(批号为190803)适量,精密称定,共6份,按2.2.1项下方法制备供试品溶液,再按2.1项下试验条件进样测定,记录仪器信号强度,并计算含量。结果铁元素平均含量为39.535 2  $\mu\text{g}/\text{g}$ ,  $RSD$ 为2.27% ( $n = 6$ ),表明方法重复性良好。

加样回收试验:取已知含量的样品(批号为190803)适量,共9份,分别加入低、中、高质量浓度的对照品溶液,按2.2.1项下方法制备供试品溶液,再按2.1项下试验条件进样测定,记录仪器信号强度,并计算回收率。结果见表2。

2.2.3 耐用性试验

按2.2.1项下方法制备供试品溶液,改变原子吸收光谱仪带宽和燃气通量,其他参数不变,测定铁元素含量。结果见表3,在不同条件下测定铁元素含量的 $RSD$ 为3.05%,表明带宽和燃气通量对测定结果影响较小,该方法耐用性较好。

2.2.4 样品含量测定

取6批样品各适量,分别按2.2.1项下方法制备

表2 加样回收试验结果( $n = 9$ )

Tab. 2 Results of the recovery test( $n = 9$ )

| 取样量(g)  | 样品含量( $\mu\text{g}$ ) | 加入量( $\mu\text{g}$ ) | 测得量( $\mu\text{g}$ ) | 回收率(%) | $\bar{X}$ (%) | $RSD$ (%) |
|---------|-----------------------|----------------------|----------------------|--------|---------------|-----------|
| 0.251 9 | 7.862 3               | 6.3                  | 14.531 1             | 105.85 |               |           |
| 0.251 4 | 7.846 7               | 6.3                  | 14.066 9             | 98.73  |               |           |
| 0.251 0 | 7.834 2               | 6.3                  | 14.438 3             | 104.83 |               |           |
| 0.251 7 | 7.856 1               | 9.0                  | 16.759 5             | 98.93  |               |           |
| 0.251 8 | 7.859 2               | 9.0                  | 17.595 2             | 108.18 | 100.98        | 5.03      |
| 0.251 3 | 7.843 6               | 9.0                  | 16.666 7             | 98.03  |               |           |
| 0.250 5 | 7.818 6               | 11.7                 | 20.009 3             | 104.19 |               |           |
| 0.251 2 | 7.840 5               | 11.7                 | 18.616 5             | 92.10  |               |           |
| 0.251 6 | 7.852 9               | 11.7                 | 19.312 9             | 97.95  |               |           |

表3 耐用性试验结果

Tab. 3 Results of the durability test

| 仪器参数                  | 相当于标示量(%) | $RSD$ (%) |
|-----------------------|-----------|-----------|
| 0.2 nm通带-0.9 L/min燃气量 | 106.00    |           |
| 0.1 nm通带-0.9 L/min燃气量 | 101.70    | 3.05      |
| 0.2 nm通带-1.0 L/min燃气量 | 107.97    |           |

供试品溶液,再按2.1项下试验条件进样测定,平行测定3次,记录仪器信号强度,并计算样品含量。结果见表4。

表4 样品含量测定结果( $n = 3$ )

Tab. 4 Results of content determination of iron element in the samples ( $n = 3$ )

| 批号      | 铁元素(%) | 批号      | 铁元素(%) | 批号     | 铁元素(%) |
|---------|--------|---------|--------|--------|--------|
| 1709002 | 91.44  | 1709004 | 96.31  | 190202 | 114.66 |
| 1709003 | 104.86 | 190803  | 104.82 | 190204 | 97.55  |

2.3 不确定度数学模型

根据公式 $X = (C \times V \times 10^{-6}) / (W \times 10^{-3})$ 建立模型,由此讨论各分量的不确定度。式中, $X$ 为样品中铁元素的含量( $\text{mg}/\text{kg}$ ); $C$ 为由回归方程得待测元素的质量浓度( $\mu\text{g}/\text{mL}$ ); $V$ 为样品溶液定容体积( $\text{mL}$ ); $W$ 为样品质量( $\text{g}$ )。

2.4 测量不确定度评定

2.4.1 样品称量引起的不确定度( $u_{w,\text{rel}}$ )

样品称量使用的仪器为万分之一电子天平,该仪器校准证书显示允许误差为 $\pm 0.1\text{ mg}$ ,按矩形分布, $k = \sqrt{3}$ ,其不确定度为 $u_w = 0.1 / \sqrt{3} = 0.058\text{ mg}$ 。供试品称样量为0.5 g,取0.5 g砝码,重复称量10次,标准偏差( $S$ )为0.4 mg。因此,称量的相对不确定度经计算为 $u_{w,\text{rel}} = \sqrt{0.058^2 + 0.4^2} \div 500 = 8.08 \times 10^{-4}$ 。

2.4.2 样品溶液定容引起的不确定度( $u_{t,\text{rel}}$ )

样品消解后,用水转移并定容至20 mL A级容量瓶中。不确定度包括容量瓶的校准不确定度和溶液温度引起的不确定度。其不确定度根据《JJG 196—2006》

(常用玻璃量器检定规程)的规定,20 mL A级容量瓶20 ℃时允许误差为 $\pm 0.02$  mL,按矩形分布计算,为 $u_{t,1} = 0.02 \div \sqrt{3} = 0.012$  mL。容量瓶的校准温度为20 ℃,一般情况下,实验室温差为3 ℃,水体积膨胀系数为 $2.1 \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ 。由此计算出由实验室温差造成的不确定度为 $u_{t,2} = 20 \times 3 \times 2.1 \times 10^{-4} \div \sqrt{3} = 0.007$  mL。因此,样品溶液定容的相对标准不确定度经计算为 $u_{t,\text{rel}} = \sqrt{0.012^2 + 0.007^2} \div 20 = 0.0014$ 。

#### 2.4.3 标准物质引起的不确定度

本研究中所用铁元素溶液标准物质的标准物质证书中,标明其扩展不确定度( $u$ )为0.8%,扩展因子 $k=2$ 。因此,由标准物质本身引起的相对标准不确定度为 $u_s = 0.8\% \div 2 = 4 \times 10^{-4}$ 。

#### 2.4.4 标准溶液引起的不确定度

标准溶液引起的不确定度 $u_p$ 包括配制标准溶液、标准曲线拟合和结果重复测定产生的不确定度。

##### 1) 配制标准溶液引起的不确定度

标准溶液稀释的不确定度主要为容量瓶和移液管引起的不确定度,包括校准的不确定度及温度效应的不确定度。本研究中标准溶液稀释过程中会使用到100 mL、20 mL A级容量瓶,0.5 mL、1 mL、3 mL A级单标线移液管,5 mL、10 mL A级刻度移液管。

##### (1) 容量瓶引起的不确定度

①100 mL A级容量瓶:允许误差为 $\pm 0.10$  mL;矩形分布, $k = \sqrt{3}$ ,则100 mL容量瓶引起的校准不确定度为 $u_{100,1} = 0.1 \div \sqrt{3} = 0.058$  mL。溶液的实际温度与校正时温度的差值引起的不确定度。容量瓶的校准温度为20 ℃,一般情况下实验室温差为3 ℃,水体积膨胀系数为 $2.1 \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ ,由此计算出实验室温差引起的不确定度为 $u_{100,2} = 100 \times 3 \times 2.1 \times 10^{-4} \div \sqrt{3} = 0.036$  mL。

②20 mL A级容量瓶:允许误差为 $\pm 0.02$  mL;矩形分布, $k = \sqrt{3}$ ,则20 mL容量瓶引起的校准不确定度为 $u_{20,1} = 0.02 \div \sqrt{3} = 0.012$  mL。

容量瓶的校准温度为20 ℃,一般情况下实验室温差为3 ℃,水体积膨胀系数为 $2.1 \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$ ,因此温度引起的不确定度为 $u_{20,2} = 20 \times 3 \times 2.1 \times 10^{-4} \div \sqrt{3} = 0.0073$  mL。

因此,由100 mL、20 mL A级容量瓶引起的相对标准不确定度分别为 $u_{100} = \sqrt{0.058^2 + 0.036^2} \div 100 = 6.8 \times 10^{-4}$ , $u_{20} = \sqrt{0.012^2 + 0.0073^2} \div 20 = 7 \times 10^{-4}$ 。

##### (2) 单标线移液管引起的相对不确定度

①0.5 mL A级单标线移液管:允许误差为 $\pm 0.006$  mL,故 $u_{0.5,1} = 0.006 \div \sqrt{3} = 0.0035$  mL;一般情况下,实验室温差为3 ℃,故 $u_{0.5,2} = 0.5 \times 3 \times 2.1 \times 10^{-4} \div \sqrt{3} =$

$1.8 \times 10^{-4}$  mL。故0.5 mL单标线移液管移取0.5 mL溶液的相对不确定度为 $u_{0.5} = \sqrt{0.0035^2 + 0.00018^2} \div 0.5 = 0.007$ 。

②1 mL A级单标线移液管:允许误差为 $\pm 0.007$  mL,故 $u_{1,1} = 0.007 \div \sqrt{3} = 0.0040$  mL;一般情况下,实验室温差为3 ℃,故 $u_{1,2} = 1 \times 3 \times 2.1 \times 10^{-4} \div \sqrt{3} = 3.6 \times 10^{-4}$  mL。故1 mL单标线移液管移取1.0 mL溶液的相对不确定度为 $u_1 = \sqrt{0.0040^2 + 0.00036^2} \div 1 = 0.0040$ 。

③3 mL A级单标线移液管:允许误差为 $\pm 0.015$  mL,故 $u_{3,1} = 0.015 \div \sqrt{3} = 0.0087$  mL;一般情况下实验室温差为3 ℃,故 $u_{3,2} = 3 \times 3 \times 2.1 \times 10^{-4} \div \sqrt{3} = 0.0011$  mL。故3 mL移液管移取3.0 mL溶液的相对不确定度为 $u_3 = \sqrt{0.0087^2 + 0.0011^2} \div 3 = 0.0029$ 。

##### (3) 刻度移液管引起的相对不确定度

①5 mL A级刻度移液管:允许误差为 $\pm 0.025$  mL;故 $u_{5,1} = 0.025 \div \sqrt{3} = 0.014$  mL;一般情况下,实验室温差为3 ℃,故 $u_{5,2} = 4 \times 3 \times 2.1 \times 10^{-4} \div \sqrt{3} = 0.0015$  mL。故5 mL刻度移液管移取4.0 mL溶液的相对不确定度为 $u_5 = \sqrt{0.014^2 + 0.0015^2} \div 5 = 0.0028$ 。

②10 mL A级刻度移液管:允许误差为 $\pm 0.05$  mL,故 $u_{10,1} = 0.05 \div \sqrt{3} = 0.029$  mL;一般情况下,实验室温差为3 ℃,故 $u_{10,2} = 6 \times 3 \times 2.1 \times 10^{-4} \div \sqrt{3} = 0.0022$  mL。DTY 10 mL刻度移液管移取6.0 mL溶液的相对不确定度为 $u_{10} = \sqrt{0.029^2 + 0.0022^2} \div 10 = 0.0029$ 。

铁元素标准溶液制备过程中使用100 mL容量瓶1次,20 mL容量瓶5次,0.5 mL移液管1次,1 mL移液管1次,3 mL移液管1次,5 mL刻度吸管1次,10 mL刻度吸管1次。因此,配制铁标准溶液引起的不确定度为, $u_p = (1 \times u_{100}^2 + 5 \times u_{20}^2 + 1 \times u_{0.5}^2 + 1 \times u_1^2 + 1 \times u_3^2 + 1 \times u_5^2 + 1 \times u_{10}^2)^{\frac{1}{2}} = 0.0097$ 。

##### 2) 标准曲线拟合引起的不确定度

由标准曲线拟合的 $S$ 可由下式表示:

$$u_c = \frac{S_R}{B} \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{p} + \frac{(C_0 - C)^2}{\sum_{j=1}^n (C_{0j} - C_0)^2}}$$

$$u_{\text{rel},c} = \frac{u_c}{C}$$

$$(S_R = \sqrt{\frac{\sum (A_{0j} - A_j)^2}{n-2}}, C_0 = \frac{\sum C_{0j}}{n}, A_j = a + bC_{0j})$$

式中, $B$ 为斜率; $S_R$ 为标准曲线的剩余标准差(残差的标准差); $n$ 为标准曲线的点数( $n=5$ ); $p$ 为样品的重复测定次数( $p=6$ ); $C$ 为样品的平均值; $C_0$ 为回归曲线各点质量浓度的平均值; $C_{0j}$ 为标准溶液各点的质量浓

度; $A_{aj}$ 为标准溶液各点的响应值; $A_j$ 为根据回归曲线计算的理论值。结果见表5。

表5 标准曲线拟合引起的不确定度

Tab.5 Uncertainty caused by the standard curve fitting

| 指标                              |      | $A_{aj}$     | $A_j$   |
|---------------------------------|------|--------------|---------|
| 质量浓度( $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) | 0.25 | 0.005 4      | 0.004 3 |
|                                 | 0.5  | 0.142        | 0.014 3 |
|                                 | 1.5  | 0.514        | 0.054 2 |
|                                 | 2    | 0.074 8      | 0.074 1 |
|                                 | 3    | 0.114 6      | 0.114   |
| $S_R$                           |      | 0.001 796 35 |         |
| $C_0$                           |      | 1.45         |         |
| $B$                             |      | 0.039 9      |         |
| $C$                             |      | 0.819 1      |         |
| $u_c$                           |      | 0.032 4      |         |
| $u_{\text{rel},c}$              |      | 0.039 6      |         |

### 3) 结果重复测定产生的不确定度

在本试验条件下,对复方营养混悬剂进行了6次平行测定,计算其平均值 $C_0$ 及 $S$ 。按照A类不确定度评定,铁元素由重复性引入的相对标准不确定度 $u_{s,\text{rel}} = S \div (C_0 \times \sqrt{n}) = 0.013 9 \div (0.819 1 \times \sqrt{6}) = 0.041 6$ 。结果见表6。

表6 结果重复测定产生的相对不确定度

Tab.6 Results of the relative uncertainty caused by the repeatability test

| 项目  | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | $C_0$   | $S$     |
|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 吸光度 | 0.027 6 | 0.027 2 | 0.026 5 | 0.026 9 | 0.027 5 | 0.026 2 | 0.819 1 | 0.013 9 |
| $C$ | 0.834 6 | 0.824 6 | 0.807 0 | 0.817 0 | 0.832 1 | 0.799 5 |         |         |

### 2.4.5 供试品溶液中铁元素质量浓度的合成不确定度

按公式计算可得, $u_{x,\text{rel}} = \sqrt{u_{p,\text{rel}}^2 + u_{C,\text{rel}}^2 + u_{S,\text{rel}}^2} = \sqrt{0.009 7^2 + 0.039 6^2 + 0.041 6^2} = 0.005 8$ 。

### 2.4.6 供试品中铁元素含量的合成标准不确定度

相对不确定度分量见表7。

表7 相对不确定度分量汇总

Tab.7 Weight summary of relative standard uncertainty

| 不确定度来源        | 不确定度分量             | 数值                    |
|---------------|--------------------|-----------------------|
| 样品称量引起的不确定度   | $u_{w,\text{rel}}$ | $8.08 \times 10^{-4}$ |
| 样品溶液定容引起的不确定度 | $u_{l,\text{rel}}$ | 0.001 4               |
| 标准物质引起的不确定度   | $u_{s,\text{rel}}$ | 0.041 6               |
| 配制标准溶液引起的不确定度 | $u_{x,\text{rel}}$ | 0.005 8               |

以上各不确定度分量各不相关,铁元素含量的合成不确定度为 $u_{\text{rel}} = \sqrt{u_{w,\text{rel}}^2 + u_{l,\text{rel}}^2 + u_{s,\text{rel}}^2 + u_{x,\text{rel}}^2} = \sqrt{0.000 808^2 + 0.001 4^2 + 0.041 6^2 + 0.005 8^2} = 0.042 0$ 。

标准不确定度为 $u_c = u_{\text{rel}} \times C$ ;其中 $C$ 为供试品铁元素含量( $\mu\text{g}/\text{g}$ )。 $u_c = 0.042 0 \times 39.535 2 = 1.660 5$ 。取包

含因子 $k = 2$ ,此时对应的置信概率为95%,扩展不确定度 $U = k \times u_c = 3.321 0$ 。

### 2.4.7 评定结果

采用原子吸收光谱法测定复方营养混悬剂中铁元素的含量,样品量为0.5 g时,铁元素测定结果为 $(39.535 2 \pm 3.321 0) \mu\text{g}/\text{g}$ ,置信概率为95%, $k = 2$ 。

## 3 讨论

复方营养混悬剂主要用于严重创伤、消耗性疾病或术后营养不足的补充及肿瘤放射治疗或化学治疗的支持治疗,由于大多为重症疾病,所以微量元素在其中有重要作用,但在该产品现行标准中均无铁元素含量的测定方法。在同类产品中,部分采用先放置石英坩埚中炽灼至无烟,然后在550℃炽灼至灰白色的方法<sup>[11-13]</sup>。本产品使用该方法的重复性欠佳,可能由于炽灼的过程为开放体系,而铁元素在本产品中含量较低(38 mg/kg),在炽灼过程中易损失,导致结果不稳定,故未尝试。

本研究中所用微波消解法为封闭体系,样品不易损失,重复性、回收率、线性和耐用性试验结果均较好。同时,对该方法的不确定度做了分析,发现不确定度主要来源于样品溶液的定容和标准溶液的制备,标准物质和样品的称量对不确定度的影响较小,故在试验中应注意。

## 参考文献

- [1] OJO O, BROOKE J. Recent Advances in Enteral Nutrition[J]. Nutrients, 2016, 8(11): 709.
- [2] CHEN J, QIAO F, YU JH, et al. Evaluation of the uncertainty for the determination of heavy metals in Strychni Semen by ICP-MS[J]. Chin J Pharm Anal, 2013, 33(12): 2176-2182.
- [3] China National Accreditation Service for Conformity Assessment. CNAS-GL06. Guidance on Evaluating the Uncertainty in Chemical Analysis [M]. Beijing: China Jiliang Publishing House, 2006: 1-138.
- [4] 郭雷, 周长明, 宋宇, 等. 电感耦合等离子体质谱法测定人血白蛋白中铝含量的不确定度评定[J]. 中国新药杂志, 2018, 27(24): 2944-2948.
- [5] 宋宇, 邵天舒, 周长明, 等. 原子吸收光谱法测定整蛋白型肠内营养剂中4种元素含量的不确定度[J]. 华西药学杂志, 2018, 33(6): 667-670.
- [6] JOLLIET P, PICHARD C, BIOLO G, et al. Enteral nutrition in intensive care patients: A practical approach[J]. Clinical Nutrition, 1999, 18(1): 47-56.
- [7] 陈春香, 李先和, 苗海南, 等. 原子吸收法测定铜精矿中氧化镁含量的不确定度评定[J]. 工业计量, 2016, 26(6): 46-49.
- [8] 丁锐, 周长明, 纪宏, 等. 微波消解-原子吸收光谱法测定肠内营养粉(维沃)中八种金属元素的含量[J]. 光谱学与光谱分析, 2011, 31(11): 3130-3133.
- [9] 林健辉, 魏琳婷, 王秋玲. 火焰原子吸收测定水中钾的不确定度评定[J]. 广东化工, 2014, 15(41): 236-237.
- [10] 杨娟, 王立云, 杨龙华, 等. 测量不确定度在化学药物质