

# 火焰原子吸收法测定叶酸片中铁含量的不确定度评估

李 凯, 张美萍, 麻开香\*

(北京振东康远制药有限公司, 北京 102200)

**摘要:** **目的** 评定原子吸收法(atomic absorption spectrometry, AAS)测定叶酸片中铁含量测量结果的不确定度。**方法** 样品经过消解后稀释定容, 参照 GB/T 5009.90-2016 采用原子吸收光谱仪进行含量检测。通过对铁含量计算公式的分析, 对样品称量、消解液定容体积、标准曲线的拟合、标准溶液的配制、标准物质的纯度、测量的重复性及空白试剂等各个影响因素的不确定度分量进行计算及评估, 计算合成的不确定度。**结果** 该叶酸片中的铁含量为 41.25 mg/kg, 在 95% 的置信概率下对其进行扩展不确定度为 1.24 mg/kg。**结论** 可通过改进标准曲线的配制方式降低不确定度, 对叶酸片中铁含量的测定的方法转移提供了参考的检验区间。

**关键词:** 叶酸片; 原子吸收; 铁; 不确定度

## Evaluation of uncertainty in determination of iron in folic acid tablets by flame atomic absorption spectrometry

LI Kai, ZHANG Mei-Ping, MA Kai-Xiang\*

(Beijing Zhendong Kangyuan Pharmaceutical Co., Ltd., Beijing, 102200, China)

**ABSTRACT: Objective** To evaluate the uncertainty of the determination of iron content in folic acid tablets by atomic absorption spectrometry (AAS). **Methods** The sample was diluted with constant volume after digestion, and the content was detected by atomic absorption spectrometer with reference to GB/T 5009.90-2016. Through the analysis of the calculation formula of iron content, the uncertainty components of various influencing factors such as sample weighing, digestion solution constant volume volume, standard curve fitting, preparation of standard solution, purity of standard substance, repeatability of measurement and blank reagent were calculated and evaluated, and then the uncertainty of synthesis was calculated. **Results** The iron content in the folic acid tablet was 41.25 mg/kg, and the expansion uncertainty was 1.24 mg/kg at a 95% confidence probability. **Conclusion** The uncertainty can be reduced by improving the preparation of standard curve, which provides a reference interval for the method transfer of determination of iron content in folic acid tablets.

**KEY WORDS:** folic acid tablets; atomic absorption; iron; uncertainty

## 1 引言

铁是最早发现和体内含量最多的人体必需的微量元

素<sup>[1]</sup>, 能够参与体内氧的运送和组织呼吸过程、维持正常的造血功能、促进脂类物质在血液中的转运以及维持正常的免疫功能等活动<sup>[2]</sup>。人体内的铁的来源主要是通过食物

\*通讯作者: 麻开香, 工程师, 主要研究方向为保健食品研究与开发。E-mail: makaixiang@zajt.com

\*Corresponding author: MA Kai-Xiang, Engineer, Beijing Zhendong Kangyuan Pharmaceutical Co., Ltd., Beijing 102200, China. E-mail: makaixiang@zajt.com

获取,食物中的含铁化合物分为血红素铁和非血红素铁,前者主要存在于动物性食物中,能被肠道吸收;后者主要存在于植物性食品中,由于存在植酸、丹宁、多酚等物质,吸收效率较低<sup>[3]</sup>。营养性缺铁性贫血是常见的缺铁症状,缺铁还会导致皮肤黏膜逐渐苍白、头发枯黄、注意力不集中等症<sup>[2,4-9]</sup>,且孕妇严重贫血会导致分娩的病死率增加,需要补充铁来满足血量的增加和供给胎儿与胎盘组织所需要的铁量<sup>[1]</sup>。但长期过量服用铁补充剂,会导致铁不正常的吸收增加,肝脏中铁超量扩散,出现肝硬化、皮肤高度色素沉着、以房性心律不齐的心力衰竭等临床症状<sup>[10]</sup>。因此,叶酸片中铁含量的准确测量有利于评估原子吸收光谱仪的正常状况,且通过不确定度的计算可以表征测量铁含量的可信赖程度。

叶酸片是以叶酸、富马酸亚铁等为原料,加入适当的辅料制成的一款针对孕妇群体使用的片剂。本研究中采用原子吸收光谱法测定叶酸片中铁含量,根据《测量不确定度评定与表示》<sup>[11]</sup>对检测过程中影响检测结果的不确定性的各种因素进行分析与评定,以期为叶酸片中铁含量的测量准确性提供参考的依据,为该方法的转移验证提供参考的检验区间。

## 2 材料与方法

### 2.1 仪器与试剂

叶酸片(北京振东光明药物研究院有限公司提供);硝酸(优级纯,默克化工技术有限公司);铁单元素溶液标准物质(1000 μg/mL,中国计量科学研究院)。

PL403 电子天平(梅特勒托利多仪器有限公司);Multiwave3000 微波消解仪(奥地利安东帕有限公司);PTFE-TFM 消解罐(奥地利安东帕有限公司);PinAAcle900T 原子吸收光谱仪(美国 PerkinElmer 公司);AS-2 铁空心阴极灯(美国 PerkinElmer 公司);Milli-Q Reference 纯水机(默克化工技术有限公司);09A24S 电热赶酸板(上海博通化学科技有限公司)。

### 2.2 实验方法

#### 2.2.1 溶液的配制

硝酸(5:95, V:V):取 50 mL 硝酸,加入 950 mL 超纯水混匀即可。

铁标准储备液(100 μg/mL):准确吸取铁标准液 10.00 mL,用硝酸溶液(5:95, V:V)定容至 100 mL 容量瓶中即可。

#### 2.2.2 样品溶液的配制

取叶酸片 20 片研细,准确称取样品 0.15 g(精确到 0.0001 g),置于消解罐中,加入 5 mL 硝酸,在电热赶酸板上 130 °C 预热 30 min;放冷后,拧紧消解瓶盖,使其瓶盖中心点与外边平齐;放入微波消解仪中进行消解。消解冷却后,置于电热赶酸板上,160 °C 挥发至 1.00 mL,转移到

100 mL 容量瓶中,用少量超纯水洗涤内罐和内盖 2~3 次,合并洗涤液与容量瓶中,并用硝酸溶液(5:95, V:V)定容至刻度;再取 1 mL 置于 50 mL 容量瓶中,硝酸(5:95, V:V)定容。

#### 2.2.3 空白样品的配制

加入与样品溶液等量的试剂同 2.2.2 步骤进行消解、定容。

#### 2.2.4 仪器工作条件

经过优化,铁元素测定最佳工作条件如表 1:

表 1 最佳工作条件  
Table 1 Best working conditions

元素灯	吸收波长 /nm	狭缝宽度 /nm	灯电流 /mA	乙炔流量 /(L/min)	空气流量 /(L/min)
Fe	248.33	0.2	10	2.5	10

#### 2.2.5 上机检测

分别准确移取铁标准储备液 0.00、0.50、1.00、1.50、2.00 mL 于 100 mL 容量瓶中,并用硝酸溶液(5:95, V:V)定容制备成标准曲线溶液。启动仪器,按照 2.2.4 设置的火焰原子吸收光谱仪的工作条件,预热 30 min 后,分别对标准曲线溶液、空白样品、样品溶液按照《食品中铁的测定》<sup>[12]</sup>进行测定。

#### 2.2.6 铁含量测定的计算公式

$$X = \frac{(C - C_0) \times 10^{-6}}{m} \times 10^{-6} \quad (1)$$

式中:

- X 为样品中铁的含量, mg/kg;
- C 为样品溶液中铁的质量浓度, mg/L;
- C<sub>0</sub> 为空白样品中铁的质量浓度, mg/L;
- V 为样品消解液定容体积, mL;
- m 为样品称样量, g。

## 3 结果与分析

### 3.1 铁含量测定不确定度分量的来源

从检测过程及计算公式中可知,样品中铁含量的不确定度来源主要有:

- 1、测量重复性引入的不确定度  $U_x$ ;
- 2、标准曲线及标准物质引入的不确定性  $U_C$ :包括标准曲线拟合过程引入的不确定度  $U_{C1}$ 、标准物质纯度引入的不确定度  $U_{C2}$ 、标准溶液配制过程带来的不确定度  $U_{C3}$ ;
- 3、试剂空白实验重复性检测引入的不确定度  $U_{co}$ ;
- 4、样品消解液定容体积引入的不确定度  $U_v$ ;
- 5、样品称量引入的不确定度  $U_m$ :包括天平校准引入的不确定度  $U_{m1}$ 和样品重复称量引入的不确定度  $U_{m2}$ ;具体分析见图 1。

### 3.2 铁含量测定不确定度分量量化

#### 3.2.1 测量重复性引入的不确定度 $U_x$

在重复条件下对叶酸片中的铁含量进行 10 次检测, 检测结果及不确定度见表 2。

#### 3.2.2 标准曲线及标准物质引入的不确定性 $U_C$

(1) 标准曲线拟合过程引入的不确定度  $U_{C1}$

铁标准溶液 6 个浓度点, 每个浓度点分别检测 3 次, 得到相应的吸光度  $A$ , 以浓度为横坐标  $X$ , 吸光度为纵坐标  $Y$ , 拟合后得到的线性方程  $Y=0.08982X+0.00299$ , 标准曲线的相关系数  $R=0.99947$ , 具体数值见表 3。

标准曲线拟合过程引入不确定度按照公式, 公式中

字母的意义见表 4。

$$U_{C1} = \frac{S_R}{b} \sqrt{\frac{1}{p} + \frac{1}{n} + \frac{(C_0 - \bar{C})^2}{\sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2}}$$

$$S_R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (Y_{ij} - Y_j)^2}{mn - 2}}$$

将相关数据代入公式得:

$$S_R=0.0027 \text{ mg/L}; U_{C1}=0.0119 \text{ mg/L};$$

则标准曲线拟合过程引入的相对标准不确定度

$U_{rel(C1)}$ 为:

$$U_{rel(C1)} = \frac{U_{C1}}{C_0} = \frac{0.0119}{1.2375} = 0.0096$$

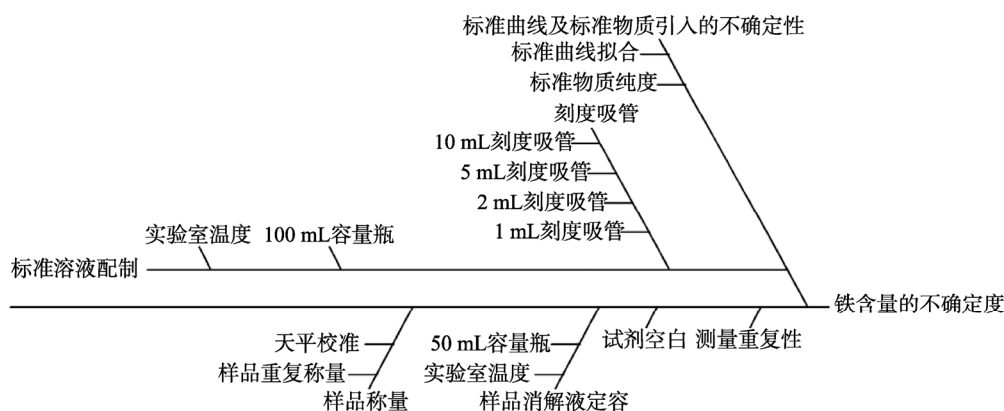


图 1 不确定度来源分量因果图

Fig.1 Uncertainty source component causality diagram

表 2 叶酸片中铁含量重复性测量结果及不确定度的计算

Table 2 Repetitive measurement of iron content in folic acid tablets and calculation of uncertainty

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
铁含量/(mg/g)	41.46	41.56	41.09	41.13	40.77	40.66	41.16	41.86	41.66	41.13
平均值 $\bar{x}$ /(mg/g)	$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{10} x_i = 41.25$									
标准偏差 $S$ /(mg/g)	$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.38$									
相对标准偏差 RSD	$RSD = \frac{s}{x} = \frac{0.38}{41.25} = 0.0092$									
测量重复性的标准不确定度 $U_x^{(13,14)}$ /(mg/g)	$U_x = \frac{RSD}{\sqrt{p}} = \frac{0.0092}{\sqrt{10}} = 0.0029, (p \text{ 为测量次数})$									
测量重复性相对标准不确定度 $U_{rel}(x)$	$U_{rel}(x) = \frac{U_x}{x} = \frac{0.0029}{41.25} = 0.00007$									

表 3 吸光度值结果(n=6)

Table 3 Absorption results (n=6)

浓度/(mg/L)	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	
吸	1	0.0000	0.0484	0.0962	0.1418	0.1822	0.2240
光	2	0.0001	0.0479	0.0950	0.1416	0.1816	0.2254
度	3	0.0000	0.0475	0.0956	0.1407	0.1817	0.2250

表 4 公式中字母代表的意义  
Table 4 Significance of letters in formulas

字母	意义	具体数值
$U_{c1}$	标准曲线拟合的不确定度;	
$p$	样品的测量次数;	$p=10$
$n$	标准曲线测量点的个数;	$n=6$
$m$	每个标准曲线测量点的测量次数;	$m=3$
$C_0$	被测的样品浓度;	$C_0=1.2375 \text{ mg/L}$
$\bar{c}$	标准曲线测量点的平均浓度;	$\bar{c}=1.25 \text{ mg/L}$
$b$	标准曲线线性方程的斜率;	$b=0.08982$
SR	残差的标准差;	
$Y_{ij}$	仪器中显示的每针标品的吸光度, Abs;	
$Y_i$	根据标准曲线拟合方程计算得到的每针标准品的吸光度, Abs。	

### (2) 标准物质纯度引入的不确定度 $U_{C2}$

由铁单元素标准溶液提供的证书可知,浓度为 1000  $\mu\text{g/mL}$ ,扩展不确定度  $U$  为 2  $\mu\text{g/mL}$ ,按照正态分布置信概率  $P=95\%$ ,包含因子  $k=2$ ,则铁单元素的标准溶液相对标准不确定度  $U_{\text{rel}(C2)}$ :

$$U_{\text{rel}(C2)} = \frac{2}{2 \times 1000} = 0.0010$$

### (3) 标准溶液配制过程引入的不确定度 $U_{C3}$

标准溶液配制过程中使用了 A 级的 100 mL 单标线容量瓶及流出式 1、2、5、10 mL 刻度吸管,参照《常用玻璃量器检定规程》<sup>[15]</sup>可知,100 mL 单标线容量瓶及流出式 1、2、5 mL 刻度吸管的容量允差分别为  $\pm 0.10$ 、 $\pm 0.008$ 、 $\pm 0.012$ 、 $\pm 0.025$  和  $\pm 0.05$  mL,按照三角分布考虑,包含因子  $k=6$ 。

检测过程中实验室内的温度为  $20 \pm 5$   $^{\circ}\text{C}$ ,根据《化学分析中不确定度的评估指南》<sup>[16]</sup>可知水的膨胀系数为  $2.1 \times 10^{-4}$   $\text{mL}/^{\circ}\text{C}$ ,按矩形分布考虑,包含因子  $k=3$ 。标准溶液配制过程引入的不确定度见表 5。

标准溶液配制过程中,一共使用了 7 次 100 mL 的容量瓶,且相互独立,故 100 mL 容量瓶引入的相对标准不确定度为

$$U_{\text{rel}(\text{容}100)}^{\circ} = \sqrt{7 \times U_{\text{rel}(\text{容}100)}^2} = 0.00193$$

使用 1 mL 刻度吸管配制标准溶液时量取体积分别为 0.5、1.0 mL,且相互独立,因此得出 1 mL 刻度吸管引入的相对标准不确定度为

$$U_{\text{rel}(\text{刻}1)}^{\circ} = \sqrt{\left(\frac{U_{\text{rel}(\text{刻}1)}^{\circ}}{0.5}\right)^2 + \left(\frac{U_{\text{rel}(\text{刻}1)}^{\circ}}{1.0}\right)^2} = 0.00749$$

使用 2 mL 刻度吸管配制标准溶液时量取体积分别为 1.5、2.0 mL,且相互独立,因此得出 2 mL 刻度吸管引入的相对标准不确定度为

$$U_{\text{rel}(\text{刻}2)}^{\circ} = \sqrt{\left(\frac{U_{\text{rel}(\text{刻}2)}^{\circ}}{1.5}\right)^2 + \left(\frac{U_{\text{rel}(\text{刻}2)}^{\circ}}{2.0}\right)^2} = 0.00210$$

使用 5 mL 刻度吸管配制标准溶液时量取体积为 2.5 mL,因此得出 5 mL 刻度吸管引入的相对标准不确定度为

$$U_{\text{rel}(\text{刻}5)}^{\circ} = \sqrt{\left(\frac{U_{\text{rel}(\text{刻}5)}^{\circ}}{2.5}\right)^2} = 0.00085$$

使用 10 mL 刻度吸管配制标准溶液储备液时量取体积为 10.0 mL,因此得出 10 mL 刻度吸管引入的相对标准不确定度为

$$U_{\text{rel}(\text{刻}10)}^{\circ} = \sqrt{\left(\frac{U_{\text{rel}(\text{刻}10)}^{\circ}}{10}\right)^2} = 0.00021$$

则铁标准溶液的合成相对标准不确定度  $U_{\text{rel}(C3)}$  为

$$U_{\text{rel}(C3)} = \sqrt{\left(U_{\text{rel}(\text{容}100)}^{\circ}\right)^2 + \left(U_{\text{rel}(\text{刻}1)}^{\circ}\right)^2 + \left(U_{\text{rel}(\text{刻}2)}^{\circ}\right)^2 + \left(U_{\text{rel}(\text{刻}5)}^{\circ}\right)^2 + \left(U_{\text{rel}(\text{刻}10)}^{\circ}\right)^2} = 0.00806$$

则标准溶液配制、标准曲线拟合及标准物质的纯度的相对标准不确定度  $U_{\text{rel}(C)}$  为:

$$U_{\text{rel}(C)} = \sqrt{U_{\text{rel}(C1)}^2 + U_{\text{rel}(C2)}^2 + U_{\text{rel}(C3)}^2} = 0.01257$$

### 3.2.3 试剂空白实验重复性检测引入的不确定度 $U_{CO}$

参照 GB 5009.90-2016<sup>[12]</sup>重复进行试剂空白实验 6 次,分析试剂空白中铁的含量,结果见表 6。

则试剂空白实验重复性检测引入的相对标准不确定度  $U_{\text{rel}(CO)}$  为:

$$U_{\text{rel}(CO)} = \frac{RSD}{\sqrt{n}} = \frac{0.0146}{\sqrt{6}} = 0.00596$$

### 3.2.4 样品消解液定容体积引入的不确定度 $U_V$

样品消解过程中产生的不确定度主要由容量瓶的不确定度和温度对水体积的影响两部分构成。参照《常用玻璃量器检定规程》<sup>[15]</sup>可知, A 级的 50 mL 的容量瓶的容量允差为  $\pm 0.05$  mL,按照三角分布考虑,包含因子  $k=6$ ,则

$$U_{\text{容}50(1)} = \frac{0.05}{\sqrt{6}} = 0.0204 \text{ mL}$$

实验室温度按照矩形分布考虑,包含因子  $k=3$ ,则实

表 5 标准曲线配制过程引入的不确定度  
Table 5 Uncertainty introduced in the preparation of standard curves

项目	容量允许误差	校准产生的不确定度	温度产生的不确定度	相对标准不确定度
100 mL 容量瓶	±0.10 mL	$U_{容100(1)} = \frac{0.10}{\sqrt{6}} = 0.0408 \text{ mL}$	$U_{容100(2)} = \frac{5 \times 2.1 \times 10^{-4}}{\sqrt{3}} = 0.0606 \text{ mL}$	$U_{rel(容100)} = \frac{\sqrt{U_{容100(1)}^2 + U_{容100(2)}^2}}{100} = 0.00073$
1 mL 刻度吸管	±0.008 mL	$U_{刻1(1)} = \frac{0.008}{\sqrt{6}} = 0.0033 \text{ mL}$	$U_{刻1(2)} = \frac{5 \times 2.1 \times 10^{-4} \times 1}{\sqrt{3}} = 0.0006 \text{ mL}$	$U_{rel(刻1)} = \frac{\sqrt{U_{刻1(1)}^2 + U_{刻1(2)}^2}}{1} = 0.00335$
2 mL 刻度吸管	±0.012 mL	$U_{刻2(1)} = \frac{0.012}{\sqrt{6}} = 0.0049 \text{ mL}$	$U_{刻2(2)} = \frac{5 \times 2.1 \times 10^{-4} \times 2}{\sqrt{3}} = 0.0012 \text{ mL}$	$U_{rel(刻2)} = \frac{\sqrt{U_{刻2(1)}^2 + U_{刻2(2)}^2}}{2} = 0.00252$
5 mL 刻度吸管	±0.025 mL	$U_{刻5(1)} = \frac{0.025}{\sqrt{6}} = 0.0102 \text{ mL}$	$U_{刻5(2)} = \frac{5 \times 2.1 \times 10^{-4} \times 5}{\sqrt{3}} = 0.0030 \text{ mL}$	$U_{rel(刻5)} = \frac{\sqrt{U_{刻5(1)}^2 + U_{刻5(2)}^2}}{5} = 0.00213$
10 mL 刻度吸管	±0.05 mL	$U_{刻10(1)} = \frac{0.05}{\sqrt{6}} = 0.0204 \text{ mL}$	$U_{刻10(2)} = \frac{5 \times 2.1 \times 10^{-4} \times 10}{\sqrt{3}} = 0.0060 \text{ mL}$	$U_{rel(刻10)} = \frac{\sqrt{U_{刻10(1)}^2 + U_{刻10(2)}^2}}{10} = 0.00213$

表 6 试剂空白测定结果  
Table 6 Reagent blank test results

检测	序号					
	1	2	3	4	5	6
吸光度值	0.5417	0.5430	0.55219	0.5641	0.5423	0.5445
平均值 $\bar{x}$	0.5480					
标准偏差 $S$	0.0008					
相对标准偏差 RSD	0.0146					

实验室温度引入的不确定度为

$$U_{容50(2)} = \frac{5 \times 2.1 \times 10^{-4} \times 50}{\sqrt{3}} = 0.0303 \text{ mL}$$

所以 50 mL 容量瓶引入的相对标准不确定度为:

$$U_{rel(容50)} = \frac{\sqrt{U_{容50(1)}^2 + U_{容50(2)}^2}}{50} = 0.00073$$

微波消解仪中放置了消解罐 12 个, 其中 10 个为样品, 2 个为试剂空白, 则 10 个样品消解液定容体积的相对标准不确定度为

$$U_{rel(V)} = \sqrt{10 \times (U_{rel(容50)}^2 + U_{rel(容100)}^2)} = 0.00326$$

### 3.2.5 样品称量引入的不确定度 $U_m$

#### (1) 天平校准

天平证书提供的最大允许误差为 ±0.2 mg, 服从矩形分布, 则天平校准引入的标准不确定度为

$$U_{m1} = \frac{0.2}{\sqrt{3}} = 0.11547 \text{ mg}$$

#### (2) 样品重复称量

根据《化学分析中不确定度的评估指南》<sup>[16,17]</sup>得到分析天平的重复性约为  $0.5 \times$  最后一位有效数字, 分析天平的最后一位有效数字为 0.01 mg, 则由于称量引入的标准不确定度为

$$U_{m2} = 0.5 \times 0.01 \text{ mg} = 0.005 \text{ mg}$$

样品称量时一共称量了 2 次, 一次是去皮清零, 一次是样品称重, 两次相互独立, 故称量引入的标准不确定度

$$U_m = \sqrt{2 \times (U_{m1}^2 + U_{m2}^2)} = 0.1635$$

称取样品的质量分别  $m_i$  为 0.1507 g、0.1510 g、0.1493 g、0.1495 g、0.1482 g、0.1478 g、0.1496 g、0.1514 g、0.1495 g, 且相互独立, 则由天平引起的相对标准不确定度为

$$U_{rel(m)} = \sqrt{\sum_{i=1}^{10} \left(\frac{U_m}{m_i}\right)^2} = 0.00345$$

### 3.3 合成标准不确定度

不确定度各分量的贡献度如表 7 所示。

各分量合成相对标准不确定度为

$$U_{rel(x)}^\circ = \sqrt{U_{rel(x)}^2 + U_{rel(m)}^2 + U_{rel(C)}^2 + U_{rel(V)}^2 + U_{rel(co)}^2} = 0.015$$

因测得的叶酸片中铁的含量为 41.25 mg/kg, 所以叶酸片中铁含量不确定度为

$$U_X = \bar{X} \times U_{rel(x)}^\circ = 41.25 \times 0.015 = 0.6188 \text{ mg/kg}$$

### 3.4 包含因子及扩展不确定度

在 95% 置信概率下, 取包含因子  $k=2$ , 则叶酸片中铁含量的扩展不确定度为

$$U = k \times U_X = 2 \times 0.6188 = 1.24 \text{ mg/kg}$$

表7 不确定度各分量的贡献度  
Table 7 Contribution of Uncertainty Components

序号	符号	来源	相对标准不确定度	贡献度/%
1	$U_{rel(x)}$	测量重复性	0.00007	0.28
2	$U_{rel(C)}$	标准溶液配制、 标准曲线拟合 及标准物质的纯度	0.01257	49.66
3	$U_{rel(C0)}$	试剂空白	0.00596	23.55
4	$U_{rel(V)}$	样品消解液定容	0.00326	12.88
5	$U_{rel(m)}$	样品称量	0.00345	13.63

### 3.5 结果报告

火焰原子吸收光谱法测定叶酸片中铁的含量为 $(41.25 \pm 1.24) \text{mg/kg}$ ,  $k=2$ 。

## 4 结论

本研究采用火焰原子吸收光谱法对叶酸片中铁的含量进行检测,讨论了测试过程中不确定度的主要来源及不确定度分量的评定方法。结果表明,对总不确定度的贡献率最大的是标准溶液配制、标准曲线拟合及标准物质的纯度,其次是试剂空白测量引入的不确定度;样品的称量、消解液定容及测量重复性对数据结果影响不大。为了提高检测结果的准确性,可通过改进标准溶液的配制方式——使用原子吸收光谱仪自带的标准曲线测定程序,且可使用纯度较高的试剂配制样品来降低不确定度。为叶酸片中铁含量的测量准确性提供依据,且对该检测方法的方法转移提供了一定的参考意义。

### 参考文献

- 顾景范. 现代临床营养学[M]. 北京: 科学出版社, 2003.  
Gu JF. Modern clinical nutrition [M]. Beijing: Science Press, 2003.
- 高永清, 吴小南, 蔡美琴. 营养与食品卫生学[M]. 北京: 科学出版社, 2008.  
Gao YQ, Wu XN, Cai MQ. Nutrition and food hygiene [M]. Beijing: Science Press, 2008.
- 阚建全. 食品化学[M]. 武汉: 中国农业大学出版社, 2008.  
Kan JQ. Food Chemistry [M]. Wuhan: China Agricultural University Press, 2008.
- 孙长峰, 郭娜. 微量元素铁的生理功能及对人体健康的影响[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(5): 222-225.  
Sun CF, Guo N. The physiological function of trace element iron and its influence on human health [J]. Food Res Dev, 2012, 33(5): 222-225.
- 赵聪, 黄浩, 陈贵堂. 缺铁性贫血与补铁剂研究概况[J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(8): 3216-3221.  
Zhao C, Huang H, Chen GT. A survey of iron deficiency anemia and iron supplement [J]. J Food Saf Qual, 2016, 7(8): 3216-3221.
- 杨维东. 微量元素与健康[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2007.  
Yang WD. Trace elements and health [M]. Wuhan: Huazhong University

of Science and Technology Press, 2007.

- 冯吉燕, 马丙臣, 李淑梅. 孕妇不同孕期铁元素缺乏的比较[J]. 心理月刊, 2018, (2): 219-220.  
Feng JY, Ma BC, Li SM. Comparison of iron deficiency in pregnant women during different periods of pregnancy [J]. Psy Mth, 2018, (2): 219-220.
- 梁聪, 吴仕伟, 王立, 等. 铁元素的生理功能及缺铁性贫血对人体健康的影响[J]. 医学信息(下旬刊), 2011, 24(1): 158.  
Liang C, Wu SW, Wang L, et al. The physiological function of iron and the effect of iron deficiency anemia on human health [J]. Med Inf (First Issue), 2011, 24(1): 158
- 孙晓琦, 武天琦, 李璐. 锌、铁、铜、锰微量元素与老年人常见疾病的关系[J]. 现代食品, 2018, (18): 43-45.  
Sun XQ, Wu TQ, Li L. The relationship between trace elements of zinc, iron, copper and manganese and common diseases in the elderly [J]. Mod Food, 2018, (18): 43-45.
- 闫琪, 李光辉. 妊娠期母体铁营养状态及铁补充剂应用对围生结局影响的研究进展[J]. 中国全科医学, 2019, 22(3): 21-25.  
Yan Q, Li GH. Progress in the effects of maternal iron nutrition status and iron supplementation on perinatal outcomes during pregnancy [J]. Chin J Gen Pract, 2019, 22(3): 21-25.
- JJF 1059.1-2012 测量不确定度评定与表示[S].  
JJF 1059.1-2012 Measurement uncertainty evaluation and representation [S].
- GB/T 5009.90—2016 食品安全国家标准 食品中铁的测定[S].  
GB/T 5009.90—2016 National Food Safety Standards-Determination of iron in food [S].
- 冯文燕, 王淦, 全亚男. 原子吸收光谱法测定食品接触用纸中的铅不确定度评定[J]. 食品研究与开发, 2018, (1): 158-161.  
Feng WY, Wang W, Tong YN. Determination of lead uncertainty in food contact paper by atomic absorption spectrometry [J]. Food Res Dev, 2018, (1): 158-161.
- 王超, 刘杨, 蒋祥飞, 等. 原子吸收分光光度计石墨炉法测定食品中镉的不确定度评定[J/OL]. 酿酒科技, 2019, 42. <http://www.lmst.com.cn/docview.php3?keyid=46862>  
Wang C, Liu Y, Jiang XF, et al. Evaluation of uncertainty in determination of cadmium in food by graphite furnace method with atomic absorption spectrophotometer [J/OL]. Brew Tec, 2019, 42. <http://www.lmst.com.cn/docview.php3?keyid=46862>
- JJG 196-2006 常用玻璃量器检定规程[S].  
JJG 196-2006 Common glass measuring instrument verification procedure [S].
- 中国实验室国家认可委员会. 化学分析中不确定度的评估指南[M]. 北京: 中国计量出版社, 2002.  
National Laboratory Accreditation Committee of China. Guidelines for the evaluation of uncertainty in chemical analysis [M]. Beijing: China Metrology Press, 2002.
- 胡利敏, 苏运聪, 李飞, 等. 原子吸收火焰法测定婴幼儿奶粉中钙质量分数的不确定度评估[J]. 中国乳品工业, 2018, 46(8): 50-52.  
Hu LM, Su YC, Li F, et al. Uncertainty evaluation of calcium mass fraction in infant milk powder by atomic absorption flame method [J]. Chin Dairy Ind, 2018, 46(8): 50-52.

(责任编辑: 王欣)

作者简介



李 凯, 检验员, 主要研究方向为保健品的研究与开发。  
E-mail: 308218025@qq.com



麻开香, 工程师, 主要研究方向为保健品的研究与开发。  
E-mail: makaixiang@zajt.com



### 食品接触材料研究专题征稿函

食品与药品接触材料是指用于制造食品包装容器和构成食品包装的材料总称, 包括纸、塑料、金属、玻璃、陶瓷等原材料以及粘合剂, 涂覆材料等各种辅助材料。食品与药品包装是食品的重要组成部分, 具有保护食品与药品不受外来生物、化学和物理因素的影响, 维持食品与药品质量稳定的特点。为了满足各种食品与药品的包装要求, 接触材料必须具备适当的阻隔性、足够的机械强度、化学稳定性、耐高温及光学性能等多种性能。此外, 当接触材料直接与食品、药品接触时, 有些物质会迁移渗透到食品、药品中, 可能导致食品、药品的安全隐患。因此, 食品与药品接触材料的安全问题也显得尤为重要。

鉴于此, 本刊特别策划了“食品接触材料研究”专题, 由华南农业大学 向红 教授担任专题主编, 主要围绕食品接触材料的制备、性能(机械性能、阻隔性、化学稳定性、抗菌性及其他性能)、接触材料中有害物质的检测及其向食品中的迁移行为、绿色及智能接触材料的研究与开发等方面或您认为有意义的相关领域展开论述和研究, 综述及研究论文均可。

鉴于您在该领域丰富的研究经历和突出的学术造诣, 学报主编吴永宁技术总师和专题主编向红 教授特邀请您为本专题撰写稿件, 综述、研究论文、研究简报均可, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。

本专题计划在 2020 年 1 月正刊出版, 请在 2019 年 11 月 20 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并经审稿合格后优先发表。希望您能够通过各种途径宣传此专题, 并积极为本专题推荐稿件和约稿对象。谢谢您的参与和支持!

投稿方式: 备注“2019 专题: 食品接触材料研究”

网站: www.chinafoodj.com

E-mail: jfoodsqa@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部