

# 滴定法测定菜籽油中过氧化值的不确定度评定

王 茹<sup>1,2</sup> 常立娟<sup>2</sup> 陈 阳<sup>2</sup> 张明锦<sup>1</sup>

(1. 青海师范大学化学化工学院, 青海 西宁 810000; 2. 青海省产品质量检验检测院, 青海 西宁 810000)

**摘要:** [目的] 提高滴定法测定菜籽油中过氧化值的准确性和可靠性。[方法] 用滴定法测定菜籽油中的过氧化值, 并建立数学模型, 对不确定度来源进行分析, 评定各不确定度分量, 最终计算出合成不确定度。[结果] 菜籽油中过氧化值含量为 0.043 g/100 g 时, 扩展不确定度为  $\pm 0.001\ 06$  g/100 g ( $k=2$ )。[结论] 影响检测结果不确定度的因素主要是试样测量重复性和滴定体积, 其他因素影响相对较小, 使用精度高的 A 级滴定管和增加平行测定的次数可以降低检测的不确定度。

**关键词:** 滴定法; 菜籽油; 过氧化值; 不确定度

## Determination of uncertainty in peroxide value of rapeseed oil by titration method

WANG Ru<sup>1,2</sup> CHANG Lijuan<sup>2</sup> CHEN Yang<sup>2</sup> ZHANG Mingjin<sup>1</sup>

(1. School of Chemistry and Chemical Engineering, Qinghai Normal University, Xining, Qinghai 810000, China;  
2. Qinghai Provincial Product Quality Inspection and Testing Institute, Xining, Qinghai 810000, China)

**Abstract:** [Objective] To improve the accuracy and reliability of the titration method for determining the peroxide value in rapeseed oil. [Methods] The peroxide value in rapeseed oil is determined using the titration method, and a mathematical model is established to analyze the sources of uncertainty. The uncertainty components are evaluated, and the combined uncertainty is calculated. [Results] When the peroxide value in rapeseed oil is 0.043 g/100 g, the expanded uncertainty is  $\pm 0.001\ 06$  g/100 g ( $k=2$ ). [Conclusion] The factors that mainly influence the uncertainty of the measurement results are the repeatability of sample measurement and titration volume. Other factors have a relatively smaller effect. Using high-precision Class A burettes and increasing the number of parallel measurements can reduce the uncertainty of the detection.

**Keywords:** titration method; rapeseed oil; peroxide value; uncertainty

菜籽油作为一种重要的植物油, 在食品工业和日常生活中扮演着重要的角色, 具有广泛的应用和市场需求。菜籽油中的不饱和脂肪酸, 容易受外界环境影响而氧化, 导致其营养成分减少, 甚至产生严重的异味和对人体有害的物质, 从而降低食用安全性<sup>[1]</sup>。

过氧化值是衡量油脂氧化程度的重要指标<sup>[2-3]</sup>。通过测定过氧化值, 可以评估油脂的新鲜程度和稳定性, 从而指导油品的生产加工和贮存管理。GB/T 1536—2021《菜籽油》将菜籽油的质量等级分为一级、二级和三级的

压榨和浸出菜籽油, 这一划分包括但不限于酸价、过氧化值, 其中规定一级菜籽油过氧化值限值为  $\leq 0.125$  g/100 g, 二级、三级菜籽油过氧化值限值为  $\leq 0.250$  g/100 g。过氧化值高的菜籽油, 不宜用于需要高品质油脂的场合, 且过氧化值高不宜长期贮藏, 需在短时间内使用完毕, 以减少氧化变质的可能, 因此对菜籽油过氧化值进行准确的测定具有重要意义。传统上, 测定菜籽油过氧化值的方法主要有滴定法、自动电位滴定法和紫外光谱法等<sup>[4]</sup>。其中滴定法因操作简便、结果准确、成本低廉等优点, 被广泛

基金项目: 青海省自然科学基金(编号: 2022-ZJ-769)

通信作者: 张明锦(1979—), 男, 青海师范大学教授, 博士。E-mail: zhangmingjin@qhnu.edu.cn

收稿日期: 2024-08-29 改回日期: 2025-03-17

引用格式: 王茹, 常立娟, 陈阳, 等. 滴定法测定菜籽油中过氧化值的不确定度评定[J]. 食品与机械, 2025, 41(7): 51-55.

Citation: WANG Ru, CHANG Lijuan, CHEN Yang, et al. Determination of uncertainty in peroxide value of rapeseed oil by titration method[J]. Food & Machinery, 2025, 41(7): 51-55.

应用于食用油品质检验和研究中。

不确定度可以反映被测数值的离散性,其是测量结果的一部分,同时也是符合性评估规则所关注的重要因素。不确定度评定不仅仅是简单的误差分析,更重要的是考虑到试验中所有可能的误差来源,并量化它们对测量结果的影响。所以,实验室需要研究测量不确定度对测量结果的影响,并评估每一个用数值表示的测量结果的测量不确定度<sup>[5-6]</sup>。

2017年3月1日实施的GB 5009.227—2016《食品安全国家标准 食品中过氧化值的测定》中标准滴定溶液稀释采用一步到位稀释,考虑到正负相消的情况在一步稀释中不存在,只有在逐级稀释中存在,且通常逐级稀释和一步稀释,最终稀释体积一般相同,因此逐级稀释比一步稀释有优势<sup>[7]</sup>。2024年3月6日实施的GB 5009.227—2023,作为GB 5009.227—2016的替代标准,其中标准溶液配制要求逐级稀释。研究依据GB 5009.227—2023中滴定法对菜籽油中过氧化值进行测定,通过对滴定法的步骤和误差来源进行仔细分析,结合CNAS-GL006:2019《化学分析中不确定度的评定指南》、JJF1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》提供的评定方法,以及不确定度评定相关文献<sup>[8-9]</sup>,对测定结果的不确定度进行评定,以期提高滴定法测定菜籽油中过氧化值的准确性和可靠性。

## 1 材料与方法

### 1.1 仪器与试剂

电子天平:AB204-S型,梅特勒托利多国际贸易上海有限公司;

聚四氟乙烯酸碱通用滴定管:10 mL(棕色A级),北京北玻博美玻璃有限公司;

硫代硫酸钠容量分析用溶液标准物质:编号GBW(E) 081608,  $C(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)=0.100\ 6\ \text{mol/L}$ ,相对扩展不确定度0.2%( $k=2$ ),北京海岸鸿蒙标准物质技术有限公司;

冰乙酸、三氯甲烷、碘化钾、淀粉:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

菜籽油样品:市售。

### 1.2 方法

1.2.1 测定方法 根据GB 5009.227—2023第一法进行测定,具体过程:称取2~3 g(精确至0.001 g)菜籽油试样,于250 mL碘量瓶,加入30 mL三氯甲烷—冰乙酸( $V_{\text{三氯甲烷}}:V_{\text{冰乙酸}}=2:3$ ),溶解后加入1.00 mL碘化钾饱和溶液,振摇30 s,暗处放置3 min,取出后,加入100 mL水,1 mL淀粉指示剂,摇匀,立即用硫代硫酸钠标准滴定液滴定至终点,并做空白试验(含量估值 $\leq 0.15\ \text{g}/100\ \text{g}$ ,用0.002 mol/L标准滴定液;含量估值 $> 0.15\ \text{g}/100\ \text{g}$ ,用0.01 mol/L标准滴定液)。

### 1.2.2 数学模型

$$X = \frac{(V - V_0) \times C \times 0.126\ 9}{m} \times 100, \quad (1)$$

式中:

$X$ ——样品中过氧化值含量,  $\text{g}/100\ \text{g}$ ;

$V$ ——滴定过程中消耗标准滴定溶液的体积,  $\text{mL}$ ;

$V_0$ ——空白试验中消耗标准滴定溶液的体积,  $\text{mL}$ ;

$C$ ——标准滴定溶液浓度,  $\text{mol/L}$ ;

$m$ ——试样质量,  $\text{g}$ ;

0.126 9——与1 mL标准滴定溶液相当的碘的质量,  $\text{g}/\text{mmol}$ ;

100——换算系数。

## 2 结果与分析

### 2.1 不确定度分量来源

从测定过程和数学模型可知,滴定法测定菜籽油中过氧化值的不确定度分量来源主要有以下方面:①称量引入的相对标准不确定度 $u_{\text{rel}(m)}$ ;②去除试剂空白消耗标准滴定液体积引入的相对标准不确定度 $u_{\text{rel}(V-V_0)}$ ;③标准滴定液浓度稀释过程引入的相对标准不确定度 $u_{\text{rel}(c)}$ ;④重复测量引入的相对标准不确定度 $u_{\text{rel}(\text{rep})}$ 。各不确定度分量关系见图1。

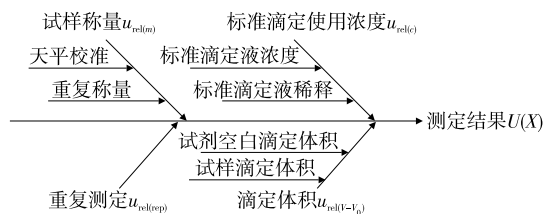


图1 过氧化值测定不确定度分量组成关系图

Figure 1 Composition relationship of uncertainty components in peroxide value measurement

### 2.2 不确定度的评定

2.2.1 由称量引入的相对标准不确定度 $u_{\text{rel}(m)}$  根据电子天平AB204-S校准证书,可知允许误差为 $\pm 0.1\ \text{mg}$ ,根据矩形分布, $k=\sqrt{3}$ ,标准不确定度为: $\frac{0.1}{\sqrt{3}}=0.057\ 74\ \text{mg}$ 。

不确定度分量分别计算总重和皮重,产生的标准不确定度为: $u_{(m)}=\sqrt{2 \times (0.057\ 74)^2}=0.081\ 66\ \text{mg}$ 。

称量引入的相对标准不确定度: $u_{\text{rel}(m)}=\frac{0.081\ 66\ \text{mg}}{2.496\ 1\ \text{g}}=0.000\ 032\ 7$ 。

2.2.2 去除试剂空白消耗标准滴定液体积引入的相对标准不确定度 $u_{\text{rel}(V-V_0)}$  在滴定过程中,体积 $V-V_0$ 的不确定度评定主要有以下4个方面。①滴定管校准的不确定度:容量允差按三角分布计算, $k=\sqrt{6}$ ,其标准不确定

度为  $u_{1(V)} = \frac{\text{容量允差}^{[10]}}{\sqrt{6}}$ ; ② 滴定管使用温度与校准温度不同引起的标准不确定度:标准温度为 20 °C,实验室温度波动范围为 ±5 °C,水的体积膨胀系数为  $2.1 \times 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ [11],按均匀分布,  $k = \sqrt{3}$ ,温度变化引入的标准不确定度为  $u_{2(V)} = \frac{5 \times 2.1 \times 10^{-4} \times V}{\sqrt{3}}$ , 滴定体积  $V = 4.24 \text{ mL}$ ; ③ 肉眼判断终点的标准不确定度:在最终结果计算时考虑过量滴定导致的误差,肉眼判断终点的标准不确定度大约为 0.03 mL [12],  $u_{3(V)} = 0.03 \text{ mL}$ ; ④ 试剂空白消耗标准滴定溶液的标准不确定度:实际试剂空白消耗体积为 0.00 mL。尽管试剂空白不存在滴定,但是仍然存在滴定管的容量允差和终点判断。因此,试剂空白消耗

体积不确定度来自两方面:① 滴定管容量允差按三角分布引入的不确定度  $u_{4(V_1)} = \frac{0.025}{\sqrt{6}}$ ; ② 肉眼判断终点体积

按均匀分布引入的不确定度  $u_{4(V_2)} = \frac{0.03}{\sqrt{3}}$ , 则试剂空白体

积引入的不确定度  $u_{4(V)} = \sqrt{u_{4(V_1)}^2 + u_{4(V_2)}^2}$ 。

不确定度分量  $V$  与  $V_0$  使用相同滴定管,二者强正相关,  $u_{1(V)}$ 、 $u_{2(V)}$ 、 $u_{3(V)}$ 、 $u_{4(V)}$  相互独立,互不相关,因此,可以采用和方根方法合成计算滴定过程引入的标准不确定度 [13], 标准不确定度  $u_{(V)} = \sqrt{u_{1(V)}^2 + u_{2(V)}^2 + u_{3(V)}^2 + u_{4(V)}^2}$ , 相对标准不确定度  $u_{\text{rel}(V-V_0)} = \frac{u_{(V)}}{V}$ , 滴定体积  $V = 4.24 \text{ mL}$ , 结果见表 1。

表 1 试样扣除试剂空白消耗标准滴定液体积引入的相对标准不确定度

Table 1 Relative standard uncertainty introduced by subtracting reagent blank consumption from standard titration solution volume for sample deduction

容量允差 $\Delta$ / mL	滴定管校准的不 确定度 $u_{1(V)}/\text{mL}$	温度变化引入的不 确定度 $u_{2(V)}/\text{mL}$	肉眼判断终点的 不确定度 $u_{3(V)}/\text{mL}$	试剂空白引入的不 确定度 $u_{4(V)}/\text{mL}$	标准不确定度 $u_{(V)}/\text{mL}$	相对标准不确定 度 $u_{\text{rel}(V-V_0)}$
±0.025	0.010 2	0.002 57	0.03	0.020 1	0.037 6	0.008 87

2.2.3 标准滴定液浓度稀释过程引入的相对标准不确定度  $u_{\text{rel}(c)}$

(1) 硫代硫酸钠容量分析用溶液标准物质引入的不确定度  $u_{(c)}$ : 硫代硫酸钠容量分析用溶液标准物质 GBW (E) 081608, 其标准值为 0.100 6 mol/L, 根据供应商证书上相对扩展不确定度 0.2% ( $k=2$ ), 得到标准滴定液浓度相对标准不确定度为  $u_{(c)} = \frac{0.2\%}{2} = 0.001$ 。

(2) 标准滴定溶液稀释过程中引入的不确定度: 用移液管移取 10.0 mL 硫代硫酸钠容量分析用溶液标准物质于 100 mL 容量瓶中, 用新煮沸冷却的水定容至刻度, 摇匀, 得到 0.010 06 mol/L 的标准滴定液中间液; 用移液管移取 50.0 mL 标准滴定液中间液于 250 mL 容量瓶中, 用新煮沸冷却的水定容至刻度, 摇匀, 得到 0.002 012 mol/L 的标准滴定液使用液, 临用前配制。

标准滴定溶液稀释过程中, 不确定度主要来源于移

液管和容量瓶。由二者体积引入的不确定度主要有: ① 校准移液管和容量瓶引入的不确定度, 即容量不确定度; ② 使用温度与校准温度变化引入的标准不确定度。二者引入的不确定度具体评定过程参考 2.2.2, 根据 JJG 196—2006《中华人民共和国国家计量检定规程 常用玻璃量器》, 可知 A 级容量瓶和 A 级移液管的容量允差 [14]。按三角分布计算,  $k = \sqrt{6}$ , 可以计算出标准滴定液稀释过程中使用的各玻璃量器引入的不确定度, 结果见表 2。

在标准滴定液稀释过程中, 10, 50 mL 的单标线移液管各使用 1 次, 100, 250 mL 的容量瓶各使用 1 次, 因此在标准滴定液稀释过程中引入的相对标准不确定度为  $u_{\text{rel}(c)} = \sqrt{u_{(c)}^2 + u_{\text{rel}(10)}^2 + u_{\text{rel}(50)}^2 + u_{\text{rel}(100)}^2 + u_{\text{rel}(250)}^2} = 0.00188$ 。

2.2.4 重复测量引入的相对标准不确定度  $u_{\text{rel}(\text{rep})}$  称取菜籽油样品 7 份, 按照相同检验方法进行平行测定, 结果见表 3。

表 2 标准滴定液稀释过程中各量器引入的不确定度

Table 2 Uncertainty introduced by each measuring instrument during the dilution of standard titrant

玻璃器具	容量允差 $\Delta/\text{mL}$	容量的不确定度 $u_{(V_1)}/\text{mL}$	温度变化引入不确定 度 $u_{(V_2)}/\text{mL}$	标准不确定度 $u_{(V)}/\text{mL}$	相对标准不确定 度 $u_{\text{rel}(V)}$
10 mL 单标线移液管 (A 级)	±0.020	0.008 2	0.006 1	0.010 2	0.001 02
50 mL 单标线移液管 (A 级)	±0.050	0.020 4	0.030 3	0.036 5	0.000 73
100 mL 容量瓶 (A 级)	±0.10	0.040 8	0.060 6	0.073 1	0.000 73
250 mL 容量瓶 (A 级)	±0.15	0.061 2	0.151 6	0.163 5	0.000 65

表 3 菜籽油中过氧化值含量重复测定结果

Table 3 Repeated determination results of peroxide value content in rapeseed oil

序号	m/g	V/mL	V <sub>0</sub> /mL	c/ (mol·L <sup>-1</sup> )	X/ (10 <sup>-2</sup> g·g <sup>-1</sup> )
1	2.663 6	4.50	0.00	0.002 012	0.043
2	2.712 7	4.50	0.00	0.002 012	0.042
3	2.512 6	4.20	0.00	0.002 012	0.043
4	2.312 7	4.00	0.00	0.002 012	0.044
5	2.412 2	4.10	0.00	0.002 012	0.043
6	2.357 9	4.00	0.00	0.002 012	0.043
7	2.500 7	4.40	0.00	0.002 012	0.045
平均值	2.496 1	4.24			0.043

根据表 3 中 7 次检测结果,标准偏差为  $S(X)=0.000\ 951\ \text{g}/100\ \text{g}$ 。

重复性测量引入的标准不确定度为  $u_x = \frac{S(X)}{\sqrt{7}} = 0.000\ 359\ \text{g}/100\ \text{g}$ 。

相对标准不确定度为  $u_{\text{rel}(\text{rep})} = \frac{u_x}{\bar{X}} = \frac{0.000\ 359}{0.043} = 0.008\ 35$ 。

2.3 合成标准不确定度

滴定法测定菜籽油中过氧化值不确定度分量汇总及各分量不确定度的贡献率见表 4。

表 4 不确定度分量及其贡献率汇总表

Table 4 Summary of uncertainty components and their contribution rates

不确定度分量	不确定度来源	各分量相对标准不确定度	贡献率/%
$u_{\text{rel}(\text{rep})}$	测量重复性	0.008 35	45.9
$u_{\text{rel}(m)}$	试样称量	0.000 032 7	0.000 7
$u_{\text{rel}(V-V_0)}$	滴定体积	0.008 87	51.8
$u_{\text{rel}(c)}$	标准滴定液浓度	0.001 88	2.3
$u_{\text{rel}(X)}$	合成相对标准不确定度	0.012 33	100

根据各分量,计算过氧化值的合成相对标准不确定度为  $u_{\text{rel}(X)} = \sqrt{u_{\text{rel}(m)}^2 + u_{\text{rel}(V-V_0)}^2 + u_{\text{rel}(c)}^2 + u_{\text{rel}(\text{rep})}^2} = 0.012\ 33$ 。

合成标准不确定度为  $u_x = u_{\text{rel}(X)} \times \bar{X} = 0.012\ 33 \times 0.043 = 0.000\ 53\ \text{g}/100\ \text{g}$ 。

2.4 扩展不确定度

在 95% 置信水平下,取包含因子  $k$  为 2,菜籽油中过氧化值扩展不确定度为  $U_{(X)} = 2 \times u_x = 0.001\ 06\ \text{g}/100\ \text{g}$ 。

按照 1.2.1 测定方法进行检测,菜籽油中过氧化值的

测定结果为  $X = (0.043 \pm 0.001\ 06)\ \text{g}/100\ \text{g}$ 。

3 结论

测量重复性、标准滴定溶液稀释过程、试样称量、滴定过程是滴定法测定菜籽油中过氧化值不确定度的主要来源。评定结果表明:测量重复性、滴定过程对合成不确定度影响较大,贡献率分别达到 45.9%,51.8%。为了降低检验项目的不确定度水平,保证试验结果的准确度,在具体试验中,推荐使用精度高的 A 级滴定管,增加平行测定的次数。同时通过对标准滴定溶液稀释过程中引入的不确定度评定,表明标准滴定溶液逐级稀释引入的不确定度影响较小,贡献率为 2.3%。评定过程中发现,依据标准滴定溶液证书可计算得出较小的相对不确定度,且通常在试验过程中所需硫代硫酸钠标准滴定溶液浓度较低,在日常检验任务较多的情况下,可选用有证书的标准滴定溶液,在确保试验结果准确性的同时也提高了工作效率。滴定法测定菜籽油中过氧化值,此方法不需要昂贵仪器设备且方法简单、可操作性强、试验结果准确性高,可作为各类基层检验机构首选的检测方法。

参考文献

[1] 王玉贤. 提高菜籽油抗氧化性的进展分析[J]. 食品安全导刊, 2021(27): 161, 163.  
WANG Y X. Progress in improving the antioxidant properties of rapeseed oil[J]. China Food Safety Magazine, 2021(27): 161, 163.

[2] 章萍萍. 全自动真空浓缩法快速测定食品中的过氧化值[J]. 中国食品, 2023(18): 147-149.  
ZHANG P P. Rapid determination of peroxide value in food by fully automatic vacuum concentration method[J]. China Food, 2023(18): 147-149.

[3] 王志强, 叶建斌, 李栩欣, 等. 自动电位滴定法测定食用植物油过氧化值酸值的不确定度评定[J]. 粮食食品科技, 2020, 28(6): 195-199.  
WANG Z Q, YE J B, LI X Y, et al. Evaluation of uncertainty in determination of peroxide value and acid value of edible vegetable oil by automatic potentiometric titration[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2020, 28(6): 195-199.

[4] 赵莹莹, 沈悦芳. ATR-FTIR 光谱法检测花生油芝麻油和菜籽油中的过氧化物[J]. 实验与分析, 2023, 1(2): 32-36.  
ZHAO Y Y, SHEN Y F. Detection of peroxides in peanut oil, sesame oil, and rapeseed oil by ATR-FTIR spectroscopy[J]. Labor Praxis, 2023, 1(2): 32-36.

[5] 汪玉瑾, 樊奇良, 李武, 等. 菜籽油中酸价测定结果的不确定度评估[J]. 粮食科技与经济, 2023, 48(6): 108-111.  
WANG Y J, FAN Q L, LI W, et al. Evaluation uncertainty in measurement of acid value in rapeseed oil[J]. Food Science and

- Technology and Economy, 2023, 48(6): 108-111.
- [6] 赵秀琳, 赵小林, 刘秋平, 等. 超高效液相色谱—串联质谱法检测蘑菇中6种蘑菇毒素的不确定度评定[J]. 化学分析计量, 2024, 33(1): 106-111.  
ZHAO X L, ZHAO X L, LIU Q P, et al. Evaluation of uncertainty in the determination of six mushroom toxins in mushrooms by ultra high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry[J]. Chemical Analysis and Meterage, 2024, 33(1): 106-111.
- [7] 中国合格评定国家认可委员会. 检测和校准实验室能力认可准则在化学检测领域的应用说明: CNAS-CL01-A002[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020.  
China National Accreditation Service for Conformity Assessment. Guidance on the application of laboratory competence accreditation criteria in the field of chemical testing: CNAS-CL01-A002[S]. Beijing: Standards Press of China, 2020.
- [8] 程慧, 刘顺, 关洪宣. 两种滴定法测定食用油中过氧化值和酸价的不确定度评价[J]. 食品与机械, 2022, 38(1): 73-77, 99.  
CHENG H, LIU S, GUAN H X. Uncertainty evaluation of two titration methods for determination peroxide and acid value in edible oil[J]. Food & Machinery, 2022, 38(1): 73-77, 99.
- [9] 张丽霞, 郭庆园, 华启诚, 等. GC-MS法测定保健食品中他汀类药物含量的不确定度评定[J]. 食品与机械, 2022, 38(6): 82-87.  
ZHANG L X, GUO Q Y, HUA Q C, et al. Uncertainty evaluation on determination of statins in health food by gas chromatography mass spectrometry (GC-MS) [J]. Food & Machinery, 2022, 38(6): 82-87.
- [10] 田翠芳, 范秀全, 吕倩, 等. 燃烧氧化—非分散红外吸收法测定水中总有机碳的不确定度评定[J]. 化学分析计量, 2023, 32(6): 94-98.  
TIAN C F, FAN X Q, LV Q, et al. Evaluation of uncertainty for the determination of total organic carbon in water by combustion oxidation-non-dispersive infrared absorption method[J]. Chemical Analysis and Meterage, 2023, 32(6): 94-98.
- [11] 许华杰, 王先桂. 分光光度法测定高粱中单宁含量的不确定度评定[J]. 粮食与油脂, 2021, 34(10): 140-144.  
XU H J, WANG X G. Evaluation of uncertainty in determination of tannin content in sorghum by spectrophotometry[J]. Cereals & Oils, 2021, 34(10): 140-144.
- [12] 中国合格评定国家认可委员会. 化学分析中不确定度的评估指南: CNAS-GL006:2019[S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.  
China National Accreditation Service for Conformity Assessment. Guidance on quantifying uncertainty in chemical analysis: CNAS-GL006:2019[S]. Beijing: Standards Press of China, 2019.
- [13] 国家市场监督管理总局. 测量不确定度评定与表示: JJF 1059.1—2012[S]. 北京: 中国计量出版社, 2013.  
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine. Inspection and Quarantine. Evaluation and expression of uncertainty in measurement: JJF 1059.1—2012 [S]. Beijing: China Metrology Press, 2013.
- [14] 胡婷婷, 高晓芳, 弓浩然, 等. 同位素稀释液相色谱—串联质谱法测定小麦中脱氧雪腐镰刀菌烯醇含量的不确定度评价[J]. 中国粮油学报, 2024, 39(6): 171-176.  
HU T T, GAO X F, GONG H R, et al. Uncertainty evaluation of deoxynivalenol content in wheat determined by isotope dilution liquid chromatography-tandem mass spectrometry[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2024, 39 (6): 171-176.