

高效液相色谱法测定酱腌菜中脱氢乙酸含量的 不确定度评定

许 源^{1,2}, 陈玉娇^{1,2}, 祝子铜^{1,2}, 许赢升^{1,2}, 余 琪^{1,2}, 郑 婷^{1,2}, 雷美康^{1,2*}

(1. 杭州海关技术中心衢州综合技术服务部, 衢州 324003; 2. 衢州海关技术中心, 衢州 324003)

摘 要: **目的** 评定高效液相色谱法(high performance liquid chromatography, HPLC)测定酱腌菜中脱氢乙酸含量的不确定度。**方法** 根据 GB 5009.121-2016《食品安全国家标准食品中脱氢乙酸的测定》中第二法液相色谱法, 通过建立数学模型, 识别测量过程中的各个不确定度来源, 并对其进行分析和评定。**结果** 当添加水平为 50 $\mu\text{g/mL}$ 时, 酱腌菜中脱氢乙酸含量的测定结果为 0.523 g/kg, 在 95% 的置信区间下, 其扩展不确定度为 0.098 g/kg ($k=2$)。**结论** 对于高效液相色谱法测定酱腌菜中脱氢乙酸含量, 其不确定度主要由配制标准溶液与拟合标准曲线构成。

关键词: 高效液相色谱法; 脱氢乙酸; 不确定度

Uncertainty evaluation for the determination of dehydroacetic acid in pickles by high performance liquid chromatography

XU Yuan^{1,2}, CHEN Yu-Jiao^{1,2}, ZHU Zi-Tong^{1,2}, XU Ying-Sheng^{1,2}, YU Qi^{1,2}, ZHENG Ting^{1,2},
LEI Mei-Kang^{1,2*}

(1. The Quzhou Comprehensive Technology and Service Department of Hangzhou Customs Technology Center, Quzhou 324003, China; 2. Technical Center of Quzhou Customs, Quzhou 324003, China)

ABSTRACT: Objective To evaluate the uncertainty for determination of dehydroacetic acid in pickles by high performance liquid chromatography (HPLC). **Methods** According to GB 5009.121-2016 *National food safety standard-Determination of dehydroacetic acid in food*, the second method of liquid chromatography, through the establishment of mathematical model, the sources of uncertainty in the measurement process were identified, analyzed and evaluated. **Results** When the addition level was 50 $\mu\text{g/mL}$, the determination result of dehydroacetic acid in pickle was 0.523 g/kg, and the expanded uncertainty was 0.098 g/kg ($k=2$) at 95% confidence interval. **Conclusion** For the determination of dehydroacetic acid in pickles by HPLC, the uncertainty is mainly composed of standard solution and fitting standard curve.

KEY WORDS: high performance liquid chromatography; dehydroacetic acid; uncertainty

1 引 言

脱氢乙酸是一种高效、广谱、低毒的防腐剂, 对霉菌、

酵母等有较强的抑菌能力^[1-9]。脱氢乙酸主要以钠盐的形式存在, 在面包、糕点、果蔬汁、肉制品、酱腌菜等食品中应用广泛^[2]。根据 GB 2760-2014《食品安全国家标准 食品添加剂

*通讯作者: 雷美康, 高级工程师, 主要研究方向为食品质量分析与检测。E-mail: leimeikang@163.com

*Corresponding author: LEI Mei-Kang, Senior Engineer, The Quzhou Comprehensive Technology and Service Department of Hangzhou Customs Technology Center, No.80, Huayuanzhong Avenue, Quzhou 324003, China. E-mail: leimeikang@163.com

使用标准》的规定,脱氢乙酸在酱腌菜中的最大使用量为 1.0 g/kg^[9]。现阶段,我国脱氢乙酸的检测方法主要有气相色谱法^[3-5]和液相色谱法^[6-8]。不确定度是衡量检测结果准确性的重要参数,是实验室检测水平的重要指标^[10]。目前对酱腌菜中脱氢乙酸含量进行不确定度评定的研究已有报道,但是通过优化后的方法以及小粒径的色谱柱进行测定的研究还未见报道。本研究依据 GB 5009.121-2016《食品安全国家标准 食品中脱氢乙酸的测定》中第二法液相色谱法,通过优化相关方法参数来测定酱腌菜中的脱氢乙酸含量^[11-13],并依据 JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》^[14]、CNAS-GL 006-2019《化学分析中不确定度的评估指南》^[15]、JJG 196-2006《常用玻璃量器检定规程》^[16]的要求,对相关测量过程进行分析,通过引入因果图,识别出测量过程中的各个不确定度来源,并对其进行相应的评定,从而得出脱氢乙酸测量结果的不确定度,为准确测定酱腌菜中的脱氢乙酸含量提供科学依据。

2 材料与方法

2.1 仪器设备

ME204E 电子天平[最小分度值 0.01 mg, 梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司]; 雷磁 PHS-3C pH 计(上海精密科学仪器有限公司); MULTIFUGE X1R 型高速冷冻离心机、U3000 高效液相色谱仪[赛默飞世尔(上海)仪器有限公司]。

2.2 试剂与标准品

2.2.1 试剂

甲醇、乙酸铵(色谱纯,美国默克公司); 氢氧化钠、硫酸锌(分析纯,德国 CNW 公司)。分别配制成 0.02 mol/L 乙酸铵溶液、20 g/L 氢氧化钠溶液、120 g/L 硫酸锌溶液。

2.2.2 标准品

脱氢乙酸标准品(纯度 99.0%,上海安谱实验科技股份有限公司)。

2.3 实验方法

2.3.1 标准溶液的配制

标准溶液分为标准储备液和标准工作液。

脱氢乙酸标准贮备液(1.0 mg/mL): 准确称取脱氢乙酸标准品 0.1 g(精确到 0.0001 g), 用 10 mL 氢氧化钠溶液溶解, 用水定容于 100 mL 容量瓶。

脱氢乙酸标准工作液: 分别吸取脱氢乙酸标准贮备液 0.1、1.0、5.0、10、20 mL 于 100 mL 容量瓶中, 用水定容。配制浓度为 1.00、10.0、50、100、200 μg/mL 标准工作液。

2.3.2 样品处理

称取样品 2~5 g(精确至 0.0001 g), 置于 25 mL 离心管中, 加入约 10 mL 水、5 mL 硫酸锌溶液, 用氢氧化钠溶液调 pH 至 7.5, 转移至 25 mL 容量瓶中, 加水稀释至刻度, 摇匀。置于 25 mL 离心管中, 超声提取 10 min, 4000 r/min

离心 10 min, 取上清液过 0.45 μm 有机滤膜, 供高效液相色谱仪测定, 同时做空白实验。

2.3.3 色谱条件

色谱柱: 岛津 InertSustain AQ-C₁₈ HP 柱(2.1 mm×150 mm, 3 μm); 流动相: 甲醇: 0.02 mol/L 乙酸铵(10:90, V/V); 流速: 0.3 mL/min; 柱温: 30 °C; 进样量: 1 μL; 检测波长: 293 nm。

2.3.4 数学模型

酱腌菜中的脱氢乙酸含量按式(1)进行计算:

$$X = \frac{(c_1 - c_0) \times V \times 1000 \times f}{m \times 1000 \times 1000} \quad (1)$$

式中:

X —试样中脱氢乙酸的含量, g/kg;

c_1 —试样溶液中脱氢乙酸的质量浓度, μg/mL;

c_0 —空白溶液中脱氢乙酸的质量浓度, μg/mL;

V —试样溶液总体积, mL;

f —过固相萃取柱换算系数($f=0.5$);

m —称取试样的质量, g。

2.3.5 因果图

根据数学模型及识别出的不确定度来源可画出如图 1 的因果图。

3 结果与分析

3.1 测量不确定度相关分量的评定

3.1.1 A 类不确定度的评定

3.1.1.1 测量重复性

由测量重复性所引入的不确定度属于 A 类不确定度, 此次实验采用独立重复测定 5 次加标样品中的脱氢乙酸含量的方法。在操作过程中, 测量结果采用 2 次重复测量结果的平均值, 查表得极差系数 C 为 2.33, 根据极差公式得出测量重复性的标准不确定度为:

$$u_A(\bar{X}) = \frac{R}{\sqrt{2} \times C} = \frac{0.536 - 0.510}{\sqrt{2} \times 2.33} = 0.0079 \text{ mg/kg};$$

相对标准不确定度:

$$u_{relA}(\bar{X}) = \frac{u_A(\bar{X})}{\bar{X}} = \frac{0.0079}{0.523} = 0.015。$$

3.1.1.2 添加回收率的不确定度

根据上述实验方法进行 5 次加标回收实验, 得出脱氢乙酸的加标回收率及相对标准不确定度 $u_{rel}(R)$, 见表 1。

3.1.1.3 合成 A 类标准不确定度

因为测量重复性和添加回收率互不相关, 将两者合成得到的合成相对标准不确定度为:

$$u_{relA} = \sqrt{u_{relA}(\bar{X})^2 + u_{rel}(R)^2} = \sqrt{0.015^2 + 0.0213^2} = 0.026。$$

3.1.2 B 类不确定度的评定

3.1.2.1 称样质量 m

实验所用天平经检定合格, 由检定证书可知, 天平的最大允许误差 0.1 mg, 称取样品 2 g, 按矩形分布, $k = \sqrt{3}$, 则称量样品引入的相对标准不确定度:

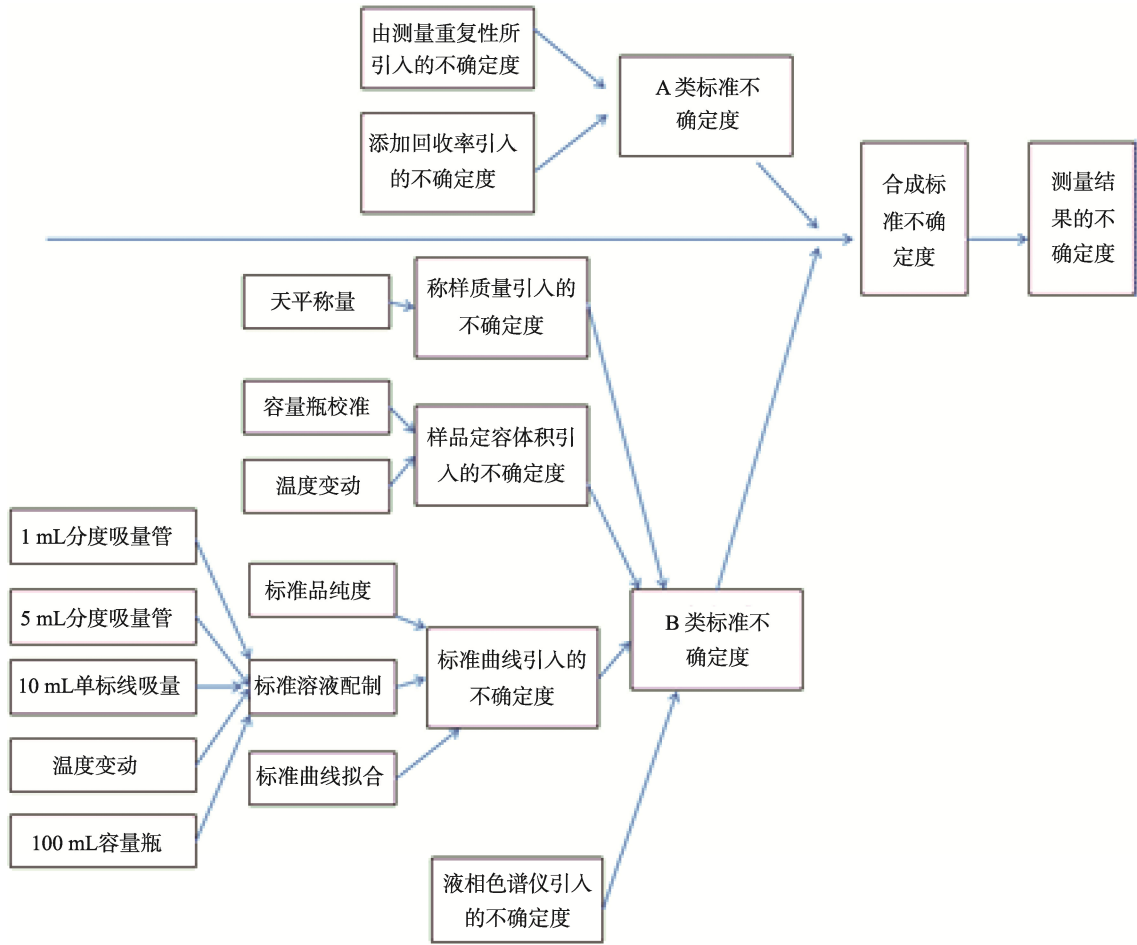


图 1 不确定度因果图
Fig.1 Uncertainty causality diagram

表 1 样品加标回收的不确定度
Table 1 Uncertainty of sample recovery

化合物	回收率/%					平均回收率/%	标准不确定度	相对标准不确定度
	1	2	3	4	5			
脱氢乙酸	96.33	100.14	97.04	101.15	99.91	98.91	2.1026	0.0213

$$u_{\text{crel}}(m) = \frac{u(m)}{k \times m} = \frac{0.1}{\sqrt{3} \times 2} = 0.0289。$$

3.1.2.2 样品定容体积 V

(1)容量瓶校准

实验所用容量瓶经校准合格,由校准证书可知,25 mL 容量瓶的扩展不确定度为 $U=0.02\text{ mL}(k=2)$ 。所以样品定容至 25 mL 容量瓶所引入的相对标准不确定度为:

$$u_{\text{rel}}(25) = \frac{U}{k \times v} = \frac{0.02}{2 \times 25} = 0.0004。$$

(2)温度变动

实验温度为 20 ℃,实验室温度变化 T 为±5 ℃,查表

得 20 ℃温度下水的体积膨胀系数 α 为 2.07×10^{-3} ,按均匀分布计算,因子为 $k = \sqrt{3}$ 。所以温度变动所引入的相对标准不确定度为:

$$u_{\text{rel}}(T) = \frac{T \times \alpha}{k} = \frac{5 \times 2.07 \times 10^{-3}}{\sqrt{3}} = 0.006。$$

(3)合成样品定容体积的两个分量

因为容量瓶校准和温度变动互不相关,所以合成相对标准不确定度为:

$$u_{\text{crel}}(V) = \sqrt{u_{\text{rel}}(25)^2 + u_{\text{rel}}(T)^2} = \sqrt{0.0004^2 + 0.006^2} = 0.006。$$

(4)样品前处理引入的不确定度

由样品前处理引入的不确定度为:

$$u_Q = \sqrt{u_{\text{crel}}(m)^2 + u_{\text{crel}}(V)^2} = \sqrt{0.0289^2 + 0.006^2} = 0.0295。$$

3.1.2.3 标准曲线

(1)脱氢乙酸标准品

脱氢乙酸标准品由上海安谱实验科技股份有限公司提供, 纯度 99.0%, 根据产品说明书, 查得相对不确定度为 0.1%。按均匀分布计算, 因子为 $k = \sqrt{3}$, 所以标准品引入的相对扩展不确定度为:

$$u_B = \frac{U}{\sqrt{3}} = \frac{0.1\%}{\sqrt{3}} = 0.00058。$$

配制脱氢乙酸标准溶液

实验所用吸量管经校准合格, 根据校准证书, 1 mL 分度吸量管的允许误差 U_1 为 0.008 mL, 所以相对标准不确定度为:

$$u_1 = \frac{U_1}{k \times v} = \frac{0.008}{\sqrt{3} \times 1} = 0.00462;$$

5 mL 分度吸量管的允许误差 U_5 为 0.025 mL, 所以相对标准不确定度为:

$$u_5 = \frac{U_5}{k \times v} = \frac{0.025}{\sqrt{3} \times 5} = 0.00289;$$

10 mL 单标线吸量管允许误差 U_{10} 为 0.025 mL, 相对标准不确定度为:

$$u_{10} = \frac{U_{10}}{k \times v} = \frac{0.025}{\sqrt{3} \times 10} = 0.00144;$$

温度变动所引入的不确定度 $u_T=0.006$ 。由校准证书可知, 100 mL 容量瓶的扩展不确定度为 $U_{100}=0.10$, 所以 100 mL 容量瓶引入的不确定度为:

$$u_{100} = \frac{U_{100}}{k \times v} = \frac{0.1}{\sqrt{3} \times 100} = 0.00058。$$

因为上述 6 个不确定度分量互不相关, 所以配制脱氢乙酸标准溶液引入的不确定度为:

$$u_{\text{crel}}(B) = \sqrt{0.00058^2 + 0.00462^2 + 0.00289^2 + 0.00144^2 + 0.006^2 + 0.00058^2} = 0.00827。$$

(3)标准曲线拟合

本研究采取测定 5 个标准曲线点, 每个点测 3 次的实验方法, 共获得 15 个实验点, 见表 2。

表 2 标准曲线测定结果(n=3)
Table 2 Standard curve measurement results(n=3)

浓度/(μg/mL)	1	10	50	100	200
峰面积	0.174	1.737	8.875	18.187	35.526
/(mAU*min)	0.173	1.733	8.886	18.185	35.528
	0.171	1.735	8.847	18.190	35.524
峰面积平均值	0.173	1.735	8.869	18.187	35.526
/(mAU*min)					

采用线性拟合, 绘制得标准曲线 $Y=0.1781X+0.0483$, 斜率 $b=0.1781$, 截距 $a=0.0483$, $r^2=0.9998$, 所以标准曲线拟合的不确定度为:

$$u_R = \frac{s}{b} \sqrt{\frac{1}{m} + \frac{1}{n} + \frac{(x-\bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} = 0.0204。$$

式中:

s —标准曲线的标准偏差;

b —标准曲线的斜率;

m —样品溶液测定的次数, $m=5$;

n —标准溶液测定的次数, $n=3$;

x —未知样品的浓度, $\mu\text{g/mL}$;

x_i —各标准溶液中每一点的浓度, $\mu\text{g/mL}$;

$\bar{x}$ —标准曲线浓度的平均值, $\mu\text{g/mL}$ 。

(4)高效液相色谱仪产生的标准不确定度 $u_f(A)$

赛默飞 U3000 高效液相色谱仪经检定合格, 由检定证书可知其标准不确定度 $u_f(A)=0.06$, 则由标准曲线求得的结果 A 引入的相对合成标准不确定度为:

$$u_{\text{crel}}(A) = \sqrt{u_B^2 + u_A^2 + u_R^2 + u_f^2(A)} = \sqrt{0.00058^2 + 0.00827^2 + 0.0204^2 + 0.06^2} = 0.0639。$$

3.1.2.4 合成 B 类标准不确定度

称样质量、样品定容体积和标准曲线 3 者互不相关, 所以合成相对标准不确定度为:

$$u_{\text{relB}} = \sqrt{u_{\text{crel}}^2(m) + u_{\text{crel}}^2(V) + u_{\text{crel}}^2(A)} = \sqrt{0.0000289^2 + 0.006^2 + 0.0639^2} = 0.0641。$$

3.2 合成标准不确定度 $u_c(X)$

上述 A 类和 B 类不确定度分量互不相关, 故合成相对标准不确定度为:

$$u_{\text{crel}}(X) = \sqrt{u_{\text{relA}}^2 + u_{\text{relB}}^2} = \sqrt{0.026^2 + 0.0641^2} = 0.0943。$$

所以合成标准不确定度为:

$$u_c(X) = 0.523 \text{ g/kg} \times 0.0943 = 0.049 \text{ g/kg}。$$

3.3 扩展不确定度

取区间的置信水平为 95%, 包含因子 $k=2$, 则测定食品中脱氢乙酸含量的扩展不确定度为:

$$U = k \times u_c(X) = 2 \times 0.049 \text{ g/kg} = 0.098 \text{ g/kg}。$$

3.4 结果报告

本研究用高效液相色谱法独立重复测量加标浓度为 50 $\mu\text{g/mL}$ 的加标样品中脱氢乙酸含量 5 次, 测量结果见表 3, 得到脱氢乙酸含量报告结果(0.523±0.098) g/kg ($P=95\%$, $k=2$)。

4 结论与讨论

本研究结果得出当添加水平为 50 $\mu\text{g/mL}$ 时, 在 95%

的置信区间下, 酱腌菜中脱氢乙酸含量的测定结果为 (0.523 ± 0.098) g/kg ($k=2$)。通过上述研究可知, 不确定度由很多因素构成, 每个因素对结果的贡献大小不同。用高效液相色谱法测定酱腌菜中脱氢乙酸含量的不确定度主要由样品前处理、配制标准溶液与拟合标准曲线构成。因此, 实验室应重视对实验人员的操作培训、标准品的纯度及配制过程等关键环节, 以提高检测结果准确性, 从而获得令人满意的结果。

表 3 样品脱氢乙酸含量测定结果($n=5$)
Table 3 Determination results of dehydroacetic acid in samples($n=5$)

序号	样品量/g	峰面积 (mAU*min)	脱氢乙酸含量 (g/kg)
1	2.3000	8.628	0.524
2	2.4503	8.968	0.511
3	2.2801	8.691	0.532
4	2.4800	9.057	0.510
5	2.3302	8.947	0.536
平均值	/	/	0.523

参考文献

[1] 马腾达, 王慧玲, 周凤霞, 等. 脱氢乙酸在食品检测中的研究新进展[J]. 吉林农业, 2018, (3): 90.
Ma TD, Wang HL, Zhou FX, *et al.* New research progress of dehydroacetic acid in food detection [J]. Jilin Agric, 2018, (3): 90.

[2] 曾金, 王天地. 食品中脱氢乙酸分析方法的最新研究进展[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(15): 82–83.
Zeng J, Wang TD. Recent research progress on analytical methods of dehydroacetic acid in food [J]. J Anhui AgricSci, 2016, 44(15): 82–83.

[3] 高海军, 范自营, 张红云, 等. 气相色谱法同时快速测定食品中丙酸、山梨酸、苯甲酸及脱氢乙酸[J]. 粮油食品科技, 2017, 25(5): 47–51.
Gao HJ, Fan ZY, Zhang HY, *et al.* Simultaneous and rapid determination of propionic acid, sorbic acid, benzoic acid and dehydroacetic acid in food by gas chromatography [J]. Sci Technol Cere Oils Foods, 2017, 25(5): 47–51.

[4] 林泽鹏, 林晨, 王李平, 等. 毛细管柱气相色谱法对果蔬汁和调味料中脱氢乙酸及 4 种对羟基苯甲酸酯的测定[J]. 食品研究与开发, 2018, 39(14): 144–147.
Lin ZP, Lin C, Wang LP, *et al.* Determination of dehydroacetic acid and 4 kinds of p-hydroxybenzoates in fruit and vegetable juice and seasoning by

capillary gas chromatography [J]. Food Res Dev, 2018, 39(14): 144–147.

[5] 周家萍, 李典, 李治东, 等. 气相色谱法同时测定食品中 8 种防腐剂[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(14): 161–163.
Zhou JP, Li D, Li ZD, *et al.* Simultaneous determination of 8 preservatives in food by gas chromatography [J]. Food Res Dev, 2017, 38(14): 161–163.

[6] 赵欣, 李强. 高效液相色谱法测定面包、饼干等烘焙类食品中的脱氢乙酸[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(13): 3464–3468.
Zhao X, Li Q. Quantitative determination of dehydroacetic acid in bread, cookies and other baked food by high performance liquid chromatography [J]. J Food Saf Qual, 2018, 9(13): 3464–3468.

[7] 李燕莹, 王成龙, 戚平. 高效液相色谱法同时测定果蔬汁中脱氢乙酸与纳他霉素及其降解规律研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(4): 1280–1286.
Li YY, Wang CL, Qi P. Simultaneous determination of dehydroacetic and natamycin in juice by high performance liquid chromatography and their degradation rule [J]. J Food Saf Qual, 2017, 8(4): 1280–1286.

[8] 金露, 张好, 虞选柯, 等. 高效液相色谱法测定月饼中 3 种防腐剂[J]. 食品工程, 2012, (1): 49–51.
Jin L, Zhang Y, Yu XK, *et al.* Determination of three antimicrobial reagents in mooncakes by high performance liquid chromatography [J]. Food Eng, 2012, (1): 49–51.

[9] GB 2760-2014 食品安全国家标准食品添加剂使用标准[S].
GB 2760-2014 National food safety standard-Standard for uses of food additives [S].

[10] 郝丽丽, 任慧. 浅谈检测实验室的测量不确定度评定[J]. 航空标准化与质量, 2013, (4): 49–52.
Hao LL, Ren H. Discussion on the evaluation of uncertainty of testing laboratory [J]. Aviat Stand Qual, 2013, (4): 49–52.

[11] GB 5009.121-2016 食品安全国家标准食品中脱氢乙酸的测定[S].
GB 5009.121-2016 National food safety standard-Determination of dehydroacetic acid in food [S].

[12] 汤丽昌, 梁国华, 陈高健. 高效液相色谱法测定能力验证样品(饮料)中咖啡因含量不确定度评定[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(2): 614–618.
Tang LC, Liang GH, Chen GJ. Uncertainty evaluation for determination of caffeine in proficiency testing samples (beverages) by high performance liquid chromatography [J]. J Food Saf Qual, 2020, 11(2): 614–618.

[13] 赵天珍. 气相色谱法测定月饼中脱氢乙酸的不确定度评定[J]. 食品机械, 2011, 27(4): 84–86.
Zhao TZ. Uncertainty evaluation about the determination results of dehydroacetic acid in mooncakes by gas chromatography [J]. Food Mach, 2011, 27(4): 84–86.

[14] JJF 1059.1-2012 测量不确定度评定与表示[S].

JF 1059.1-2012 Evaluation and expression of uncertainty in measurement

[S].

[15] CNAS-GL 006-2019 化学分析中不确定度的评估指南[S].

CNAS-GL 006-2019 Guidance on quantifying uncertainty in chemical analysis [S].

[16] JJG 196-2006 常用玻璃量器检定规程[S].

JJG 196-2006 Verification method of the working glass container [S].

(责任编辑: 于梦娇)

作者简介



许源, 助理工程师, 主要研究方向为食品分析与检测。

E-mail: xya1909@163.com



雷美康, 高级工程师, 主要研究方向为食品质量分析与检测。

E-mail: leimeikang@163.com

“食品安全快速检测技术”专题征稿函

食品安全快速检测技术是食品安全保障的重要支撑。要从根本上解决食品安全问题, 就必须对食品的生产、加工、流通和销售等各环节实施全程管理和监控, 而实验室检测方法和仪器是很难及时、快速而全面地从各环节监控食品安全状况, 这就需要大量能够满足这一要求的快速、方便、准确、灵敏的食品安全分析检测技术。

本刊特别策划了“食品安全快速检测技术”专题, 由中国农业科学院农业质量标准与检测技术研究所 **陈爱亮** 研究员担任专题主编, 主要围绕比色分析技术、光谱分析技术、免疫分析技术、层析检测技术、无损检测技术、生物检测技术、快速前处理技术、电化学传感器、纳米技术”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, 本专题计划在 2021 年 1 月出版。

鉴于您在该领域丰富的研究经历和突出的学术造诣, **本刊主编 吴永宁 研究员、专题主编 陈爱亮 研究员及编辑部全体成员** 特别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。

请在 **2020 年 11 月 30 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。

同时烦请您帮忙在同事之间转发一下, 再次感谢您的关怀与支持!

感谢您的参与和支持!

投稿方式:

网站: www.chinafoodj.com(备注: 投稿请登录食品安全质量检测学报主页-作者登录-注册投稿-投稿选择“专题: 食品安全快速检测技术”)

邮箱投稿: E-mail: jfoodsq@126.com(备注 食品安全快速检测技术专题投稿)

《食品安全质量检测学报》编辑部