

气相色谱-串联质谱法测定三七中腐霉利残留量的 不确定度评定

李彦生¹, 董寿堂², 柴连周², 鲁静^{2*}

(1. 云南省疾病预防控制中心, 昆明 650022; 2. 保山中医药高等专科学校, 保山 678000)

摘要: **目的** 评定气相色谱串联质谱法测定三七中腐霉利残留量的不确定度。**方法** 根据 JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》, 采用气相色谱串联质谱法测定三七中腐霉利残留量, 计算各不确定度的分量, 合成标准不确定度, 得到扩展不确定度, 并分析检测方法中不确定度的来源。**结果** 三七样品中腐霉利残留量为 0.103 mg/kg 时, 扩展不确定度为 0.005 mg/kg($k=2$)。**结论** 测定三七样品中腐霉利的不确定度主要来源于标准溶液的配制过程和标准曲线的拟合。

关键词: 气相色谱-串联质谱法; 三七; 腐霉利; 不确定度

Uncertainty evaluation for the determination of procymidone residues in *Panax notoginseng* by gas chromatography tandem mass spectrometry

LI Yan-Sheng¹, DONG Shou-Tang², CHAI Lian-Zhou², LU Jing^{2*}

(1. Yunnan Center for Disease Control and Prevention, Kunming 650022, China;
2. Baoshan College of Traditional Chinese Medicine, Baoshan 678000, China)

ABSTRACT: Objective To evaluate the uncertainty of the determination of procymidone residues in *Panax notoginseng* by gas chromatography tandem mass spectrometry. **Methods** According to JJF 1059.1-2012 *Measurement uncertainty evaluation and presentation*, the procymidone residues in *Panax notoginseng* was measured by gas chromatography tandem mass spectrometry, the component of each uncertainty was calculated and the standard uncertainty was synthesized to obtain the extended uncertainty. The source of uncertainty was analyzed in testing procedure. **Results** When the residues of procymidone in *Panax notoginseng* was 0.103 mg/kg, the extended uncertainty was 0.005 mg/kg ($k=2$). **Conclusion** The uncertainties of the determination of procymidone are mainly derived from the standard solution preparation process and standard curve fitting.

KEY WORDS: gas chromatography tandem mass spectrometry; *Panax notoginseng*; procymidone; uncertainty

基金项目: 保山中医药高等专科学校科技创新团队项目(2020t001)

Fund: Supported by the Scientific and Technological Innovation Team Project of Baoshan College of Tradition Medicine Program (2020t001)

*通讯作者: 鲁静, 硕士, 副教授, 主要研究方向为检验相关的临床、教学及管理。E-mail: 1354503513@qq.com

*Corresponding author: LU Jing, Master, Associate Professor, Baoshan College of Traditional Chinese Medicine, Vocational Education Park, Longyang District, Baoshan 678000, China. E-mail: 1354503513@qq.com

1 引言

三七(*Panax notoginseng*)为五加科人参属植物,是传统的名贵中药材^[1,2],具有消肿止痛、活血化瘀、抗菌消炎等功效^[3],其主要成分在治疗心血管疾病^[4-6]、血液系统疾病^[7],消化系统疾病^[8,9]、调节免疫系统^[10,11]以及抗肿瘤^[12]方面有着广泛应用。三七由于特殊的种植环境,导致极易诱发多种病害,尤其以黑斑病对三七的质量的危害较大^[13]。腐霉利(procymidone)因能有效地防治黑斑病^[14,15],而在三七种植过程中得到广泛应用,但腐霉利的使用又容易导致三七中会有腐霉利残留,长期食用残留有腐霉利的三七或三七制品会对人体生殖系统的健康造成影响^[16]。段毅宏等^[17]利用气相色谱串联质谱法对 40 份三七样品中腐霉利残留量进行检测。结果表明,所有样品中均存在不同程度的腐霉利残留。因此,有必要建立一种气相色谱串联质谱法(gas chromatography tandem mass spectrometry, GC-MS/MS)测定三七中腐霉利残留量的方法,而不确定度是判断实验过程及结果质量的重要参数之一。

目前,尚未有关于气相色谱-串联质谱法测定三七中腐霉利残留不确定度评定的报道,本文通过气相色谱-串联质谱法测定三七中腐霉利的含量,依据 JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》^[18]中“测量不确定度的评估”要求,对测定三七中腐霉利含量检测过程的不确定度进行研究,找出影响不确定度的因素,确定各不确定度分量以及各分量对测定不确定度的相对贡献,为气相色谱-串联质谱法测定三七中腐霉利含量的测定不确定度提供参考模型,为三七中腐霉利残留的测定提供质量控制的参考。

2 材料与方法

2.1 仪器与试剂

Trace 1310-TSQ 8000 型气相色谱-质谱联用仪(配自动进样器,美国 Thermo Fisher 公司);1mD-78224 Singen/Htw 型超声波提取仪、1-16 型离心机、IKA@MS3 basic 型涡旋混匀器(德国 IKA 公司);Mixre B-400 型均质机、Heating Bath B-490 型旋转蒸发仪(瑞士 BUCHI 公司)。

腐霉利标准品(98.0%,德国 Dr.Ehrenstorfer GmbH 公司);乙腈、正己烷、丙酮(色谱纯,美国 J.T.Baker 公司);NaCl、无水 Na_2SO_4 (农残级,中国上海阿拉丁公司);乙二胺-N-丙基硅烷(primary secondary amine, PSA)、石墨化碳黑(北京迪科马科技有限公司)。

三七样品购买自云南省文山三七国际交易市场。

2.2 色谱条件

DB-5MS 毛细管色谱柱(30 m×0.25 mm, 0.25 μm);进样口温度:250 $^{\circ}\text{C}$;柱温:初温 120 $^{\circ}\text{C}$,保持 1 min,以

10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 升至 280 $^{\circ}\text{C}$,保持 10 min;载气:氦气,纯度 $\geq 99.999\%$,流速为 1.0 mL/min;进样量:1.0 μL ;电离方式:EI 源,70 eV;传输线温度:240 $^{\circ}\text{C}$,离子源温度:280 $^{\circ}\text{C}$;扫描模式:选择反应监测模式(selective reaction monitoring, SRM);进样方式:不分流进样。

2.3 实验方法

2.3.1 样品前处理

称取粉碎后过 60 目标准筛的三七样品 2.5 g 于 50 mL 离心管中,加入超纯水 5 mL 浸泡,再加入乙腈 20 mL 涡旋提取 1 min,240 W 超声提取 5 min。加入 2.0 g NaCl 后再涡旋提取 1 min,然后在 4000 r/min 下离心 5 min,取出上清液,加 2.0 g 无水 Na_2SO_4 。

取 10.0 mL 上清液于 40 $^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 水浴中减压浓缩近干,用乙腈 2.0 mL 复溶。取复溶液 1.0 mL 置于含 PSA 50 mg、 C_{18} 50 mg、石墨化碳黑 10 mg 和无水 MgSO_4 150 mg 的 2 mL 塑料离心管中,涡旋混合 1 min 后,以 4000 r/min 下离心 5 min,上清液封装于进样小瓶中,供 GC-MS/MS 检测。

2.3.2 标准溶液的配制

选取腐霉利空白的三七样品 7 份,按上述方法净化后,加入腐霉利标准溶液,用乙腈定容至 1.0 mL,配制 0.005、0.010、0.050、0.100、0.500、1.000、5.000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 基质加标腐霉利标准曲线工作液,进样 1.0 μL 进行 GC-MS/MS 分析,制作标准曲线。

2.4 数学模型的建立

利用回归方程求出 2.3.1 中待测液中的腐霉利含量($\mu\text{g}/\text{mL}$),再根据公式(1)计算得到三七中腐霉利的含量(mg/kg):

$$X = \frac{A \times V \times 1000}{m \times 1000} \quad (1)$$

式中: X—三七样品中腐霉利的含量, mg/kg ;

A—根据标准曲线方程计算得到待测液中腐霉利的含量, $\mu\text{g}/\text{mL}$;

V—样品提取液的定容体积, mL;

m—三七样品的称样量, g。

3 结果与分析

3.1 标准曲线

在仪器的工作条件下,标准曲线的 7 个浓度点分别测定 3 次,以浓度 $C(\mu\text{g}/\text{mL})$ 为横坐标,以峰面积为纵坐标绘制标准曲线,其线性方程为: $Y=605077X+4170$,线性范围为 0.005~5.000 $\mu\text{g}/\text{mL}$,相关系数 $r=0.9999$ 。

3.2 不确定度的来源分析

从整个实验过程和数学模型可知,三七中腐霉利残留量的不确定度主要来自:腐霉利标准溶液、样品的称量、定容体积、拟合曲线以及使用仪器等。

不确定度(u_{rel})的组成主要包括 A 类不确定度(u_{arel})和 B 类不确定度(u_{brel})^[19,20]。其中 A 类不确定度(u_{arel})来源为重复测定引入的不确定度; B 类不确定度(u_{brel})较为复杂,主要包括腐霉利标准溶液(u_{srel})、体积(u_{vrel})、三七样品的称量(u_{wrel})、拟合工作曲线(u_{crel})、仪器(u_{mrel})等不确定度的引入,其他如温度等因素对本实验的影响较小,本研究不做讨论。

3.3 不确定度分量的计算

3.3.1 A 类不确定度

将 2.5012 g 的三七样品重复测定 6 次的结果分别为: 0.102、0.100、0.104、0.103、0.102、0.105 mg/kg, 平均值为: 0.103 mg/kg, RSD 为 0.0170, p 为 6, 根据贝塞尔公式^[21]可得: $u_{\text{arel}} = \frac{\text{RSD}}{\sqrt{p}} = 0.00694$ 。

3.3.2 B 类不确定度

3.3.2.1 标准系列溶液配制过程中引入的不确定度

(1) 腐霉利标准溶液的不确定度

使用的腐霉利标准溶液的浓度为 100 $\mu\text{g/mL}$, 其标准物质证书提供的不确定度为 3%, 即 $\pm 3 \mu\text{g/mL}$, 包含因子 $k=2$, 腐霉利标准溶液引入的相对标准不确定度为:

$$u_{\text{srel}} = \frac{3.00}{2 \times 100} = 0.0150。$$

(2) 标准溶液稀释过程中移液管引入的不确定度

标准溶液逐级稀释过程中使用的移液管分别是 1、2 和 5 mL 的大肚吸管, 根据 JJG 196-2006《常用玻璃量器》^[22]的技术要求, 1 mL 的 A 级大肚吸管的容量误差为 $\pm 0.007 \text{ mL}$, 2 mL 的为 $\pm 0.010 \text{ mL}$, 5 mL 的为 $\pm 0.015 \text{ mL}$ 。按照均匀分布考虑, 包含因子 $k=\sqrt{3}$, 1 mL 大肚吸管、2 mL 大肚吸管和 5 mL 大肚吸管引入的相对标准不确定度分别为:

$$u_{p1\text{rel}} = \frac{0.007}{1 \times \sqrt{3}} = 0.00404, \quad u_{p2\text{rel}} = \frac{0.010}{2 \times \sqrt{3}} = 0.00289,$$

$$u_{p5\text{rel}} = \frac{0.015}{5 \times \sqrt{3}} = 0.00173。$$

(3) 标准溶液配制过程中容量瓶引入的不确定度

标准溶液在逐级稀释过程中, 定容使用的是 10 mL 的容量瓶。根据 JJG 196-2006《常用玻璃量器》的技术要求, 10 mL A 级容量瓶的允许误差为 $\pm 0.020 \text{ mL}$, 按照均匀分布考虑, 包含因子 $k=\sqrt{3}$, 容量瓶引入的相对标准不确定度为:

$$u_{\text{vrel}} = \frac{0.020}{10 \times \sqrt{3}} = 0.00115。$$

在标准溶液的配制(稀释、定容)过程中, 1 mL 的大肚吸管使用 1 次、2 mL 的使用 3 次、5 mL 的使用 4 次; 10 mL 的容量瓶使用 8 次。因此, 腐霉利标准系列溶液引入的相对标准不确定度为:

$$u_{\text{ssrel}} = 0.0170。$$

3.3.2.2 腐霉利拟合标准曲线引入的不确定度

将浓度为 100 $\mu\text{g/mL}$ 的标准溶液逐级稀释为 0.005、0.010、0.050、0.100、0.500、1.000 和 5.000 $\mu\text{g/mL}$ 的系列标准溶液, 拟合的标准曲线回归方程为: $Y=605077X+4170$,

2.5012 g 三七样品的提取液重复测定 6 次, 由标准曲线方程回归得到提取液中腐霉利的平均浓度为: 0.258 $\mu\text{g/mL}$, 标准曲线引入的相对标准不确定度 u_{crel} 由公式(2)求得^[23]:

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

式中: b 为拟合工作曲线的斜率; n 为拟合曲线中点的个数, $n=7$; p 为样品的测定次数, $p=6$; C_0 为样品浓度, $C_0=0.258 \mu\text{g/mL}$; C_i 为标准系列浓度, $\mu\text{g/mL}$; \bar{C} 为标准系列浓度的平均值, $\bar{C}=0.952 \mu\text{g/mL}$; s 为拟合标准曲线的标准偏差, 由公式(3)求得:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [Y - (bX + a)]^2}{n - 2}} = 15545 \quad (3)$$

式中, n 为标准曲线的浓度点的个数, $n=7$; Y 为标准曲线中各浓度点对应的峰面积; X 为标准曲线中各个点的浓度, $\mu\text{g/mL}$; a 为工作曲线的截距; b 为工作曲线的斜率。将相应的数值带入公式(3), 计算得到 $S=15545$, 再将 S 带入公式(2), 计算得到 $u_{\text{crel}}=0.0148$ 。

3.3.2.3 称样量的不确定度

本研究使用万分之一天平准确称取三七样品 2.5 g, 根据天平检定证书, 当其载荷在 0~50 g 之间, 天平的最大允许误差为 $\pm 0.5 \text{ mg}$, 在样品称量过程中产生的不确定度应按均匀分布考虑, 包含因子 $k=\sqrt{3}$, 引入的相对标准不确定度为: $u_{\text{wrel}} = \frac{0.0005}{\sqrt{3}} = 0.000289$ 。

3.3.2.4 样品提取液定容的不确定度

样品提取液最终定容时使用的是 1 mL 的大肚吸管, 1 mL 的 A 级大度吸管的允许误差为 $\pm 0.007 \text{ mL}$, 考虑包含因子 $k=\sqrt{3}$, 1 mL 大肚吸管的相对标准不确定度为: $u_{\text{cvrel}} = \frac{0.007}{\sqrt{3}} = 0.00404$ 。

3.3.2.5 仪器的不确定度

查阅使用仪器的检定证书, 当 $k=2$ 时, 气相色谱-质谱联用仪的相对不确定度为 15%, 则 $u_{\text{mrel}} = \frac{0.015}{\sqrt{6}} = 0.00612$ 。

3.3.2.6 合成 B 类不确定度

综合以上计算结果, 合成的 B 类不确定度为:

$$u_{\text{brel}} = \sqrt{U_{\text{ssrel}}^2 + U_{\text{crel}}^2 + U_{\text{wrel}}^2 + U_{\text{cvrel}}^2 + U_{\text{mrel}}^2} = 0.0237。$$

3.4 合成扩展不确定度

本研究的合成扩展不确定度为 A 类不确定度与 B 类不确定度的集合, 相对标准不确定度为:

$$u_{\text{rel}} = \sqrt{U_{\text{arel}}^2 + U_{\text{brel}}^2} = 0.0247。$$

取包含因子 $k=2$, 置信区间为 95%, 当三七样品中腐霉利的含量为 0.103 mg/kg 时, 扩展不确定度为

$$U(C)=2 \times u_{\text{rel}} \times 0.103=0.005 \text{ mg/kg}。$$

3.5 测定结果的不确定度

本研究取 95% 的置信概率 p , 包含因子 $k=2$, 实验结果保留三位有效数字, 则三七中腐霉利含量的结果可表示为 $X=(0.103 \pm 0.005) \text{ mg/kg}$ 。

4 结 论

本研究采用气相色谱串联质谱法测定三七中杀菌剂腐霉利残留含量, 较为全面地分析了检测过程中不确定度的来源。通过对不确定度各分量的计算可知, 标准系列的配制过程中引入的不确定度最大, 其中尤以标准溶液和稀释过程中引入的不确定较大; 其次, 标准工作曲线对不确定度的贡献也不容忽视。因此, 做实验时配制标准曲线成为控制不确定度的关键, 应使用质量保证的标准物质, 以及在标准溶液配制的过程中尽量减少稀释步骤, 以减小实验的不确定度, 提高检测结果的准确度。

参考文献

- [1] Li C, Qin YH, Yang QY, et al. Multivariate quantitative analysis of quality trend based on non-volatile characteristic components in different *Panax notoginseng* samples using HPLC [J]. J Pharm Biomed Anal, 2020, 182: 113–127.
- [2] 孟哲, 王丽君, 黄洋, 等. 中药三七中不同药用部位的指纹图谱及模式识别[J]. 中国药理学杂志, 2020, 7(35): 504–509.
Meng Z, Wang LJ, Huang Y, et al. Analysis of fingerprint and pattern recognition of different parts of *Panax notoginseng* [J]. Chin Pharm J, 2020, 7(35): 504–509.
- [3] Chan MK, Yu Y, Wulamu S, et al. Structural analysis of water-soluble polysaccharides isolated from *Panax notoginseng* [J]. Int J Biol Macromol, 2020, 155: 376–385.
- [4] Tian ZH, Pang HH, Zhang Q, et al. Effect of aspirin on the pharmacokinetics and absorption of panaxnotoginseng saponins [J]. J Chromatogr B, 2018, 1074-1075: 25–33.
- [5] 吴江丽, 安然, 常宏, 等. 三七总皂苷对高血脂黄金地鼠脏器的影响[J]. 河北中医学报, 2020, 2(35): 9–11.
Wu JL, An R, Chang H, et al. Effect of *Panax notoginsenosidum* on organs of hyperlipidemia golden hamster [J]. Hebei J Tradit Chin Med, 2020, 2(35): 9–11.
- [6] Xu CC, Wang WW, Wang B, et al. Analytical methods and biological activities of *Panax notoginseng* saponins: Recent trends [J]. J Ethnopharmacol, 2019, 236: 443–465.
- [7] 杨志刚, 郑剑伟, 忻晨. 中药三七对血液系统和心脑血管系统的影响[J]. 中国兽药杂志, 2008, 3(42): 46–50.
Yang ZG, Zheng JW, Xin C. Influence of pharmacological activities of *Panax notoginseng* on hematology, cardiovascular system and cerebrovascular system [J]. Chin J Veter Drug, 2008, 3(42): 46–50.
- [8] Chen L, Chen MY, Li S, et al. *Panax notoginseng* saponins prevent colitis-associated colorectal cancer development: the role of gut microbiota [J]. Chin J Nat Med, 2020, 18(7): 500–507.
- [9] Wang CX, Zheng LY, Liu SN, et al. A novel acidic polysaccharide from the residue of *Panax notoginseng* and its hepato protective effect on alcoholic liver damage in mice [J]. Int J Biol Macromol, 2020, 149: 1084–1094.
- [10] Jin SY, Li DQ, Han LT, et al. Ethanol extracts of *Panax notoginseng* increase lifespan and protect against oxidative stress in *Caenorhabditis elegans* via the insulin/IGF-1 signaling pathway [J]. J Funct Food, 2019, 58: 218–226.
- [11] Liu SN, Yang Y, Qu Y, et al. Structural characterization of a novel polysaccharide from *Panax notoginseng* residue and its immunomodulatory activity on bone marrow dendritic cells [J]. Int J Biol Macromol, 2020, 161: 797–809.
- [12] 孙礼春, 吴乐艳, 侯文清, 等. 云南不同产地三七的成分分析[J]. 昆明医科大学学报, 2020, 1(41): 1–10.
Sun KC, Wu LY, Hou WQ, et al. The ingredient analysis of three kinds of saponin in *Panax notoginseng* from different planting areas in Yunnan province [J]. J Kunming Med Univ, 2020, 1(41): 1–10.
- [13] 李彦生, 刘建辉, 段毅宏, 等. 气相色谱-质谱法同时测定三七须根中的 5 种杀菌剂残留[J]. 食品安全质量检测学报, 2019, 10(22): 7675–7681.
Li YS, Liu JH, Duan YH, et al. Determination of 5 fungicides residues in fibrous root of *Panax notoginseng* by gas chromatography-mass spectrometry [J]. J Food Saf Qual, 2019, 10(22): 7675–7681.
- [14] Chen L, Li XS, Wang ZQ, et al. Residue dynamics of procymidone in leeks and soil in greenhouses by smoke generator application [J]. Ecotox Environ Saf, 2010, 73: 73–77.
- [15] Lin SH, Han YY, Jiangyuan CZ, et al. Revealing the biodiversity and the response of pathogen to a combined use of procymidone and thiamethoxam in tomatoes [J]. Food Chem, 2019, 284: 73–79.
- [16] Ostby J, Kelce WR, Lambright C, et al. The fungicide procymidone alters sexual differentiation in the male rat by acting as an androgen-receptor antagonist *in vivo* and *in vitro* [J]. Toxicol Ind Health, 1999, 15: 80–93.
- [17] 段毅宏, 李彦生, 刘建辉. 气相色谱法-串联质谱法测定三七在腐霉利残留量[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(21): 5716–5720.
Duan YH, Li YS, Liu JH. Determination of procymidone residues in *Panax notoginseng* by gas chromatography-tandem mass spectrometry [J]. J Food Saf Qual, 2018, 9(21): 5716–5720.
- [18] JJF 1059-1999 测量不确定度评定与表示[S].
JJF 1059-1999 Evaluation and expression of uncertainty in measurement [S].
- [19] 国家质量技术监督局计量司. 测量不确定度评定与表示指南[M]. 北京: 中国计量出版社, 2003.
State Bureau of Quality and Technical Supervision. Guide for evaluation and representation of uncertainty in measurement [M]. Beijing: China Measurement Press, 2003.
- [20] 蒋永祥, 叶丽. 茶叶中多种有机磷农药残留量不确定度的评定[J]. 分析实验室, 2006, 25(12): 54–57.
Jiang YX, Ye L. Evaluation of uncertainty in determination of organophosphorus pesticide residues in tea [J]. Anal Lab, 2006, 25(12): 54–57.
- [21] 刘建辉, 段毅宏, 李彦生, 等. 气相色谱-质谱联用法测定啤酒中 N,N-二甲基亚硝酸铵的不确定度评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(10): 3850–3853.

Liu JH, Duan YH, Li YS, *et al.* Evaluation of measurement uncertainty for determination of N-nitrosodimethylamine in beer by gas chromatography-mass spectrometry [J]. *J Food Saf Qual*, 2017, 8(10): 3850–3853.

[22] JJG 196-2006 常用玻璃量器[S].

JJG 196-2006 Common glass measuring instrument [S].

[23] CNAS-GL 06 化学分析中不确定度的评估指南[S].

CNAS-GL 06 Guidance on evaluating the uncertainty in chemical analysis [S].

(责任编辑: 于梦娇)

作者简介



李彦生, 博士, 主管技师, 主要研究方向为理化检验研究。

E-mail: yshli@126.com



鲁静, 硕士, 副教授, 主要研究方向为检验相关的临床、教学及管理。

E-mail: 1354503513@qq.com

“生物毒素研究”专题征稿函

随着社会经济的发展, 人民越来越关注食品的安全问题。在日常生活中, 食物中毒事件时有发生。在食品安全事件中, 生物毒素中毒事件占一定比例。生物毒素是生物体内所产生的有毒代谢产物, 包括微生物毒素、植物毒素、动物毒素和海洋毒素。生物毒素不仅对消费者的健康造成危害, 还会对养殖业、种植业、畜牧水产业等行业造成巨大的经济损失。因此, 关注食品中生物毒素的安全, 是一项具有重大经济意义和科学意义的事情。

鉴于此, 本刊特别策划“生物毒素研究”专题。专题将围绕生物毒素的产生与调控机制、生物毒素的快速检测与筛查技术、生物毒素的脱毒方法与机制、生物毒素的毒理研究与风险评估、生物毒素的标准物质研发、生物毒素型药物的开发研究等问题展开讨论, 计划在 2021 年 1~2 月出版。

鉴于您在该领域的成就, 学报主编国家食品安全风险评估中心吴永宁研究员及编辑部全体成员特别邀请有关食品领域研究人员为本专题撰写稿件, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。综述及研究论文均可, 请在 2020 年 12 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, 希望您能够推荐该领域的相关专家并提供电话和 E-mail。再次感谢您的关怀与支持!

投稿方式(注明专题**生物毒素研究**):

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: **生物毒素研究**”)

邮箱投稿: E-mail: jfoodsq@126.com(备注: **生物毒素研究**专题投稿)

《食品安全质量检测学报》编辑部