

# 超高效液相色谱串联质谱法同时检测 13 种植物生长激素残留物

姚帮本<sup>1,2</sup>, 乔东晴<sup>1</sup>, 童宁<sup>1</sup>, 陈伟<sup>2\*</sup>

(1. 安徽省产品质量监督检验研究院, 合肥 230051; 2. 合肥工业大学食品与生物工程学院, 合肥 230009)

**摘要:** **目的** 采用超高效液相色谱-三重四极杆质谱技术, 建立促进农作物生长的 13 种植物生长激素残留的检测方法。**方法** 样品加甲醇超声提取, 离心净化后进样分析, 分析物经 C<sub>18</sub> 色谱柱分离, 以甲酸铵-乙腈溶液作为流动相梯度洗脱, 在电喷雾正、负离子扫描、多反应监测模式下, 外标法定量分析, 同时探讨了前处理和仪器分析条件对检测的影响。**结果** 13 种常见植物生长调节剂在 1~1000 μg/L 范围内, 峰面积与质量浓度的线性关系良好; 当添加浓度水平在 50、100、500 μg/kg 时, 13 种植物生长调节剂的平均回收率为 92.5%~103.5%, 相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)为 1.7%~5.6%, 检出限(limit of detection, LOD)为 0.8~4.2 μg/kg。**结论** 本方法简化了样品前处理步骤, 具有良好的可靠性和灵敏度, 适于植物源性食品中植物生长激素的快速检验与分析。

**关键词:** 超高效液相色谱串联质谱法; 植物源性食品; 植物生长激素; 植物营养剂

## Simultaneous determination of 13 plant growth regulators residues by ultra performance liquid chromatography/tandem mass spectrometry

YAO Bang-Ben<sup>1,2</sup>, QIAO Dong-Qing<sup>1</sup>, TONG Ning<sup>1</sup>, CHEN Wei<sup>2\*</sup>

(1. Anhui Province Product Quality Supervision and Inspection Institute, Hefei 230051, China;  
2. College of Food and Biologic Technology, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

**ABSTRACT: Objective** To establish a method for the detection of 13 kinds of plant growth hormone residues by ultra performance liquid chromatography-triple quadrupole mass spectrometry. **Methods** The samples were extracted by ultrasonic extraction with methanol and purified by centrifugation. The analytes were separated by C<sub>18</sub> chromatographic column and eluted by ammonium formate-acetonitrile solution as mobile phase gradient. In the mode of electrospray positive and negative ion scanning and multi-reaction monitoring, the external standard method was used for quantitative analysis. The influence of pretreatment and instrumental analysis conditions on the detection was also discussed. **Results** The linear relationship of 13 plant growth regulators was good in the range of 1–1000 μg/L between peak area and mass concentration. When the concentration levels were 50, 100 and 500 μg/kg, the average recoveries of 13 plant growth regulators were 92.5%–103.5%, the relative standard deviations (RSDs) was 1.7%–5.6%, and the limits of detection (LODs) was 0.8–4.2 μg/kg. **Conclusion** This method simplifies the sample pretreatment procedure, has good reliability and sensitivity, and it is suitable for rapid detection and analysis of plant growth regulators in plant nutrients.

\*通讯作者: 陈伟, 教授, 主要研究方向为食品安全检测。E-mail: chenweishnu@163.com

\*Corresponding author: CHEN Wei, Professor, College of Food and Biologic Technology, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China. E-mail: chenweishnu@163.com

**KEY WORDS:** ultra performance liquid chromatography/tandem mass spectrometry; plant-based foods; plant growth regulators; plant nutrients

## 1 引言

植物激素是一类具有植物生长调节活性的可影响植物生长发育的小分子化合物<sup>[1-5]</sup>。这类化合物在增强农产品类植物的抗逆性、促进细胞分裂与生长、提高农产品产量以及改善品质等方面具有重要的作用,因而作为高产优质高效农业的一项重要技术措施,已在国内外得到广泛应用<sup>[6,7]</sup>。植物生长调节剂在给农业生产带来巨大经济效益的同时,也对人类健康和环境安全产生了危害,作物中残留的植物生长调节剂及其残留物可能会使机体产生病变甚至是癌变,流入环境中的部分则有可能导致土壤和水源污染。然而,在植物营养剂中非法添加一些未知甚至禁止使用的植物生长调节剂,以及在豆芽、瓜果等植物源性食品中残留的现象屡见不鲜,对食品安全造成了潜在的危害。

当前,有关于植物源性食品中植物生长调节剂残留的检测标准覆盖面仍不够全面,相关文献报道也较少,现有的检测方法又存在费用高、处理复杂的问题亟待解决。目前,国内外植物生长调节剂的检测方法有酶联免疫法(enzyme linked immunosorbent assay, ELISA)<sup>[8]</sup>、气相色谱法(gas chromatography, GC)<sup>[9]</sup>、高效液相色谱法(high performance liquid chromatography, HPLC)<sup>[10]</sup>、气相色谱-质谱法(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)<sup>[11-13]</sup>、液相色谱串联质谱法(liquid chromatography-tandem mass spectrometry, LC-MS)等<sup>[14-19]</sup>。其中,液相色谱串联质谱法具有优异的分离效果,较高的灵敏度与稳定性,可以同时对待样品进行定性和定量分析,因此在食品和药物分析方面得到了广泛应用<sup>[20-24]</sup>。本研究采用超高效液相色谱串联质谱技术,建立同时测定植物营养剂中 13 种植物生长调节剂的检测方法,进而为建立相关质量标准提供依据,进一步为食品安全植物源性激素残留物检测提供一定的理论基础和技术支撑。

## 2 材料与方法

### 2.1 仪器与试剂

Agilent 6495 高效液相色谱-串联质谱仪、Waters BEH C<sub>18</sub> 色谱柱(2.1 mm×100 mm, 1.7 μm)(美国 Waters 公司); XP26 型分析天平(德国 Mettler toledo 公司); Milli-Q 超纯水器(美国 Millipore 公司); S30H-D78224 型超声清洗器(德国 Elma Sonic 公司); Multifuge X1R 型高速冷冻离心机(美国 Thermo Fisher 公司)。

甲醇、乙腈(色谱纯,美国 Fisher 公司);无水硫酸镁(分析纯,国药集团化学试剂有限公司);C<sub>18</sub> 固相萃取填料

(天津博纳艾杰尔公司)。

13 种生长调节剂标品:赤霉素、多效唑、异戊烯腺嘌呤、5-硝基邻甲氧苯酚钠(农业部环境保护科研监测所);6-苄基腺嘌呤、4-氯苯氧乙酸、2,4-二氯苯氧乙酸和胺鲜酯(德国 Dr. Erenstorfer 公司);吡啶丁酸、烯效唑、4-氟苯氧乙酸、氯吡脞和噻苯隆(北京坛墨质检科技有限公司)。

### 2.2 实验方法

#### 2.2.1 样品的处理

样品的处理参照文献<sup>[2]</sup>中的方法并进行了部分修改:取混合均匀的 1.0 g 样品,置于 10.0 mL 容量瓶中,加 5.0 mL 甲醇涡旋混匀 30 s,40 °C 超声萃取 5 min,室温下平衡 10 min,最用后甲醇定容至刻度,摇匀。精确量取上层 4.0 mL 提取液 10000 r/min 离心 3 min,取上清液 2.0 mL 于 15 mL 聚丙烯离心管中,加 300 mg 无水硫酸镁和 200 mg C<sub>18</sub> 固相萃取填料 2500 r/min 涡旋 4 min,静置 2 min 后取上清液过 0.22 μm 滤膜待测。以 10000 r/min 离心 5 min,上清液经 0.22 μm 有机相滤膜过滤后,取续滤液供高效液相色谱-串联质谱测定。

#### 2.2.2 色谱-质谱条件

色谱条件:色谱柱为 Waters BEH C<sub>18</sub> 柱(2.1 mm×100 mm, 1.7 μm),流动相为含 0.1%甲酸的 5 mmol/L 甲酸铵-乙腈溶液,梯度洗脱(见表 1),流速为 0.3 mL/min,柱温为 40 °C,进样量为 2.0 μL<sup>[2]</sup>。

质谱条件:电离方式为电喷雾正/负离子模式,检测方式为多反应检测(multiple reaction monitoring, MRM),雾化气压力为 45 psi,离子喷雾电压为 4000 V,干燥气温度为 350 °C,干燥气流速为 11 L/min,其他相关参数见表 2<sup>[2]</sup>。

表 1 梯度洗脱程序  
Table 1 Program of the linear gradient elution

时间/min	流动相 A/%	流动相 B/%
0.0	60	40
2.0	60	40
3.0	40	60
4.0	10	90
8.0	10	90
9.0	60	40

表 2 13 种植物生长调节剂的质谱参数  
Table 2 Mass spectrometric parameters of 13 plant growth regulators

序号	中文名称	CAS	定性离子对( $m/z$ )	定量离子( $m/z$ )	碎裂电压/V/离子源极性	碰撞能/V
1	赤霉素	77-06-5	345.2/143.0	345.2/143.0*	120(-)	20
			345.2/221.1			20
2	6-苄基腺嘌呤	1214-39-7	224.2/133.0	224.2/133.0*	75(-)	31
			224.2/117.0			47
3	吲哚丁酸	133-32-44	204.1/186.1	204.1/186.1*	95(+)	15
			204.1/130.1			25
4	4-氟苯氧乙酸	405-79-8	169.2/110.9	169.2/110.9*	120(-)	20
			169.2/94.9			22
5	4-氯苯氧乙酸	122-88-3	186.8/128.7	184.8/126.7*	120(-)	10
			184.8/126.7			10
6	2,4-二氯苯氧乙酸	94-75-7	218.9/161.0	218.9/161.0*	80(-)	8
			218.9/89.1			35
7	异戊烯腺嘌呤	2365-40-4	202.0/133.9	202.0/133.9*	75(-)	23
			202.0/106.8			36
8	5-硝基邻甲氧苯酚钠	67233-85-6	168.0/153.0	168.0/153.0*	75(-)	10
			168.0/123.0			20
9	胺鲜酯	10369-83-2	216.3/43.2	216.3/43.2*	75(+)	35
			216.3/143.4			10
10	氯吡啶	68157-60-8	245.9/126.6	245.9/126.6*	75(+)	11
			245.9/90.9			37
11	噻苯隆	51707-55-2	218.9/99.9	218.9/99.9*	75(+)	16
			218.9/99.1			45
12	多效唑	76738-62-0	294.2/70.1	294.2/70.1*	120(+)	20
			294.2/125.0			15
13	烯效唑	83657-22-1	292.2/70.0	292.2/70.0	120(+)	20
			292.2/125.0			30

### 3 结果与分析

#### 3.1 提取溶剂的选择

选择含氨基酸水溶肥料基质为试验对象,通过添加回收试验(表 3),考察不同溶剂的提取效果。首先考察甲醇、乙腈、乙酸乙酯、水、甲醇水溶液(1:1, V/V)、乙腈水溶液(1:1, V/V)等 6 种溶剂的提取效率。结果显示,样品中水的存在会导致部分疏水性较强的植物生长调节剂回收率极低。进一步实验选取甲醇溶剂进行考察,并加入 300 mg 无水硫酸镁去除水分,同时考察加入 200 mg  $C_{18}$  固相萃取填料对于去除杂质的影响。结果表明,去除水分能显著改

善有机溶剂对目标物的总体提取效果,甲醇提取的最低回收优于乙腈等溶剂,因而选择甲醇作为提取溶剂;且加入  $C_{18}$  固相萃取填料对去除杂质具有较好的应用效果。因此,选择甲醇作为提取溶剂,并加入 300 mg 无水硫酸镁和 200 mg  $C_{18}$  固相萃取填料。

#### 3.2 仪器条件的优化

##### 3.2.1 色谱柱的选择

考察了 BEH  $C_{18}$ (2.1 mm×100 mm, 1.7  $\mu$ m)、Poroshell-120 EC- $C_{18}$ (2.1 mm×100 mm, 2.7  $\mu$ m)、XBridge  $C_{18}$ (100 mm×2.1 mm, 3.5  $\mu$ m)、Atlantis T3(100 mm×3.0 mm, 3.0 $\mu$ m)、Extend  $C_{18}$ (100 mm×3.0 mm, 3.5  $\mu$ m)等 5 种色谱柱

在不同流动相体系(乙腈-0.1%甲酸水和乙腈-5%氨水)下对 13 种目标物的分离能力, 在流动相为含 0.1%甲酸的 5 mmol/L 甲酸铵-乙腈溶液的情况下, BEH C<sub>18</sub>(2.1 mm×

100 mm, 1.7 μm)的峰形对称性和响应均良好, 可用于本研究检测分析, 见图 1。

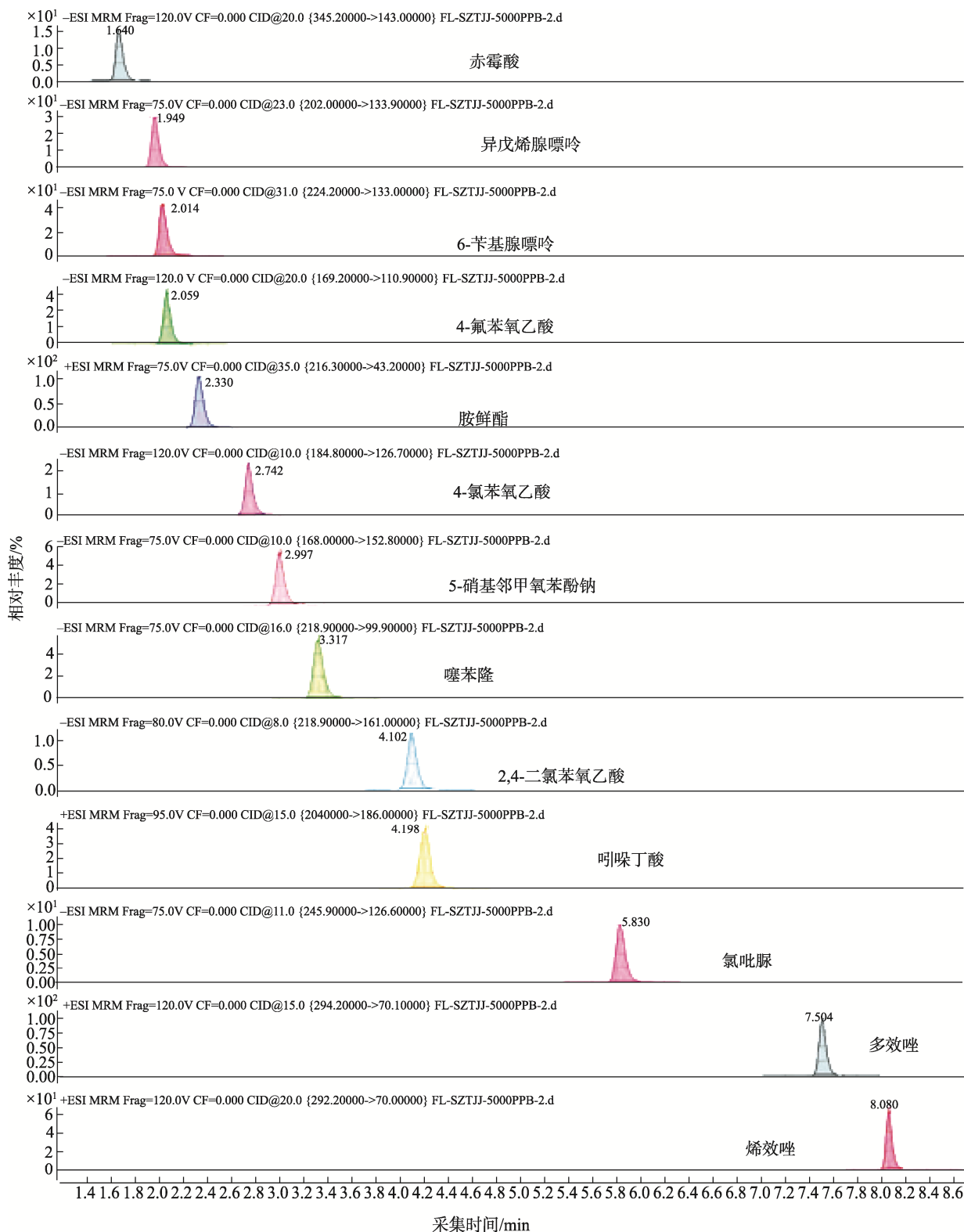


图 1 13 种植物生长调节剂标准物质提取离子(定量)质谱图

Fig.1 Extraction ion (quantitative) mass spectrogram of 13 plant growth regulators reference materials

表 3 不同提取剂对 13 种植物生长调节剂总体回收情况  
Table 3 Recoveries of 13 plant growth regulators by different extracts

提取剂	回收率中值/%	回收率最小值/%	回收率最大值/%	回收率均值/%
甲醇	90.2	69.3	97.3	85.7
乙腈	85.3	63.5	96.9	81.9
乙酸乙酯	80.1	60.1	95.1	80.2
水	50.2	38.7	96.3	61.8
甲醇水溶液(1:1, V/V)	65.3	49.3	93.2	69.3
乙腈水溶液(1:1, V/V)	61.9	50.3	90.1	67.4

### 3.2.2 流动相的选择

考察了乙腈和甲醇两种有机相分别与甲酸水组合形成的流动相体系对 13 种植物生长调节剂的洗脱效果。使用含乙腈-0.1%甲酸的 5 mmol/L 甲酸铵溶液作为流动相时, 5 mmol/L 甲酸铵溶液的加入可使目标物峰形对称和峰宽更窄, 并促成母离子的形成。

### 3.2.3 质谱条件的优化

采用正、负离子扫描模式对 13 种目标物进行了分析, 发现不同目标物在 ESI 的正、负离子模式下响应不同。因此, 对赤霉素等 6 种目标物采用负离子扫描模式, 对吲哚丁酸等 6 种目标物采用正离子扫描模式。为提高目标物的离子化效率, 提高灵敏度, 对源内参数[碰撞能量(collision energy, CE)等]进行合理优化。在 MRM 模式下选择母离子, 并选择响应强度最高、干扰最少的 2 个子离子作为定性和定量离子, 优化结果见表 2。

### 3.3 基质效应的考察

考察 13 种植物生长激素在实际检测样品中的响应情况, 选取常用的植物营养剂作为参考检测基质。按照 2.2.1 的前处理方法, 制备空白基质溶液, 用来配制与上述溶剂同浓度水平的系列基质匹配标准溶液。以基质匹配标准曲线的斜率与溶剂曲线斜率的比值评价基质效应, 比值大于 1, 表现为基质增强效应, 比值小于 1 则为基质抑制效应。实验结果表明, 空白基质样品对标准溶液未产生增强(或抑制)效应。因此, 本研究采用基质匹配标准溶液来校正基质抑制效应, 从而确保研究结果的准确性和可靠性。

### 3.4 方法的线性范围及检出限

在 1~1000  $\mu\text{g/L}$  范围内, 以空白基质加入标准溶液的进样浓度为横坐标, 以化合物响应值为纵坐标作图, 以 3 倍和 10 倍信噪比(S/N)确定方法的检出限(limit of detection, LOD)和定量限(limit of quantitation, LOQ), 具体结果见表 4。

表 4 13 种植物生长调节剂的线性方程、相关系数、检出限及定量限  
Table 4 Linear equations, correlation coefficients, limits of detection, and limits of quantification of 13 plant growth regulators

序号	中文名称	线性方程	相关系数	LOD/( $\mu\text{g/kg}$ )	LOQ/( $\mu\text{g/kg}$ )
1	赤霉素	$Y=96.056X+6970.147$	0.9987	2.6	8.7
2	6-苄基腺嘌呤	$Y=9.476X+559.293$	0.9993	2.3	7.7
3	吲哚丁酸	$Y=0.771X-48.072$	0.9991	1.6	5.3
4	4-氟苯氧乙酸	$Y=0.682X+14.489$	0.9992	2.1	7.0
5	4-氯苯氧乙酸	$Y=0.819X+79.946$	0.9986	0.9	3.0
6	2,4-二氯苯氧乙酸	$Y=7.167X+483.195$	0.9985	1.7	5.7
7	异戊烯腺嘌呤	$Y=6.366X+376.608$	0.9981	4.2	14.0
8	5-硝基邻甲氧苯酚钠	$Y=5.896X+36.308$	0.9993	1.1	3.7
9	胺鲜酯	$Y=208.54X$	0.9981	1.5	5.0
10	氯吡脞	$Y=76.04X+10518.46$	0.9980	3.2	10.7
11	噻苯隆	$Y=50.397X+8039.82$	0.9977	3.5	11.7
12	多效唑	$Y=135.781X-2531.484$	0.9998	1.3	4.3
13	烯效唑	$Y=0.998X+136.253$	0.9994	0.8	2.7



## 4 结 论

本文建立了 UPLC-MS/MS 同时检测农作物中 13 种植物生长激素残留物的分析方法。与现有方法相比,该方法样品前处理操作简便、易行,可实现对多种目标物的同时、快速和灵敏检测,可适于大量样本的高通量分析,对于市场植物源性产品抽检样品中植物生长激素残留物的快速检测具有重要应用价值,为食品安全保障提供有效的技术支撑。

## 参考文献

- [1] Gupta V, Kumar M, Brahmabhatt H, *et al.* Simultaneous determination of different endogenous plant growth regulators in common green seaweeds using dispersive liquid-liquid microextraction method [J]. *Plant Physiol Biochem*, 2011, 49(11): 259-263.
- [2] 魏赫, 金红宇, 王莹, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法同时测定中药材中 23 种植物生长调节剂残留量[J]. *中草药*, 2017, 48(8): 1653-1660. Wei H, Jin HY, Wang Y, *et al.* Simultaneous determination of 23 plant growth regulator residues in Chinese materia medica by ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. *Chin Tradit Herbal Drugs*, 2017, 48(8): 1653-1660.
- [3] 刘思洁, 崔勇, 姜楠, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法测定植物源性食品中 6 种植物生长调节剂的残留量[J]. *中国卫生检验杂志*, 2016, 26(4): 500-503. Liu SJ, Cui Y, Jiang N, *et al.* Simultaneous determination of 6 plant growth regulator residues in plant originated foods by UPLC-MS/MS [J]. *Chin J Health Lab Technol*, 2016, 26(4): 500-503.
- [4] 刘运明, 刘华良, 吉文亮, 等. QuEChERS-高效液相色谱-串联质谱法同时测定豆芽中 7 种植物生长调节剂的残留量[J]. *中国卫生检验杂志*, 2015, 25(12): 1880-1883. Liu YM, Liu HL, Ji WL, *et al.* Simultaneous determination of 7 plant growth regulators residues in bean sprout by QuEChERS-HPLC-MS/MS [J]. *Chin J Health Lab Technol*, 2015, 25(12): 1880-1883.
- [5] 胡晓松, 孙丹红, 罗晓飞. QuEChERS-超高效液相色谱法检测瓜果中 14 种植物生长调节剂残留量[J]. *中国食品卫生杂志*, 2019, (1): 29-34. Hu XK, Sun DH, Luo XF. Simultaneous determination of 14 plant growth regulator residues in melons and fruits by QuEChERS-ultra-high performance liquid chromatography [J]. *Chin J Food Hyg*, 2019, (1): 29-34.
- [6] 张维一, 张井, 高晴盈, 等. 超高效液相色谱串联质谱测定蔬菜中 23 种植物生长调节剂残留[J]. *西北农业学报*, 2019, 28(2): 260-266. Zhang WY, Zhang J, Gao QQ, *et al.* Simultaneous Determination of 23 plant growth regulators in vegetables by UPLC-MS/MS [J]. *Acta Agric Boreali-occidentalis Sinica*, 2019, 28(2): 260-266.
- [7] 夏虹, 彭茂民, 刘丽. QuEChERS-超高效液相色谱-串联质谱法同时测定柑橘中 12 种植物生长调节剂残留[J]. *食品科技*, 2018, 43(10): 340-344. Xia H, Peng MM, Liu L. Using QuEChERS method to determine twelve plant growth regulator residues in orange by ultra performance liquid chromatography-mass spectrometry [J]. *Food Sci Technol*, 2018, 43(10): 340-344.
- [8] Watanabe E, Tsuda Y, Watanabe S, *et al.* Development of an enzyme immunoassay for the detection of plant growth regulator inabenfide in rice [J]. *Anal Chim Acta*, 2000, 424(2): 149-160.
- [9] Lee SM, Kim JY, Lee HJ, *et al.* Establishment of analytical method for 6-benzylaminopurine residue, a plant growth regulator for brown rice, mandarin, pepper, potato, and soybean by using GC/NPD [J]. *J Korean Soc Appl Biological Chem*, 2014, 57: 83-89.
- [10] 龚晓崇, 宋从凤, 王鸣华, 等. 高效液相色谱法测定烟草和棉花中生长素含量[J]. *江苏农业学报*, 2012, 28(1): 225-227. Gong XC, Song CF, Wang MH, *et al.* Determination of auxin content in tobacco and cotton by high performance liquid chromatography [J]. *Jiangsu J Agric Sci*, 2012, 28(1): 225-227.
- [11] 吴平谷, 谭莹, 张晶, 等. 分级净化结合气相色谱-质谱联用测定豆芽中 10 种植物生长调节剂[J]. *分析化学*, 2014, 42(6): 866-871. Wu PG, Tan Y, Zhang J, *et al.* Determination of 10 plant growth regulators in bean sprouts by sequential cleaning-gas chromatography-mass spectrometry [J]. *Chin J Anal Chem*, 2014, 42(6): 866-871.
- [12] 徐宜宏, 蒋驰, 付海滨, 等. 苹果、番茄、玉米中 7 种植物生长调节剂的气相色谱-串联质谱检测方法[J]. *农药*, 2014, 53(2): 113-115. Xu YH, Jiang C, Fu HB, *et al.* Determination of 7 plant growth regulators in apple, tomato, maize by gas chromatography-tandem mass spectrometry [J]. *Agrochemicals*, 2014, 53(2): 113-115.
- [13] 郝杰, 姜洁, 毛婷, 等. QuEChERS-超高效液相色谱-串联质谱法同时测定蔬果中 34 种植物生长调节剂的残留量[J]. *食品科学*, 2018, 39(8): 267-275. Hao J, Jiang J, Mao T, *et al.* Determination of 34 plant growth regulator residues in vegetables and fruits by QuEChERS-ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. *Food Sci*, 2018, 39(8): 267-275.
- [14] 张莹, 丁春瑞, 鹿毅. HPLC-MS/MS 法测定果蔬中乙烯利的残留[J]. *新疆农业科学*, 2015, 52(1): 157-161. Zhang Y, Ding CR, Lu Y. Detection of ethephon's residues in fruits and vegetables by high performance liquid chromatography/tandem mass spectrometric method [J]. *Xinjiang Agric Sci*, 2015, 52(1): 157-161.
- [15] Balcke GU, Handrick V, Bergau N, *et al.* An UPLC-MS/MS method for highly sensitive high-throughput analysis of phytohormones in plant tissues [J]. *Plant Methods*, 2012, 8(1): 47-47.
- [16] Xu SJ, Cao H, Chen XZ. Determination of plant growth regulator residues in grains by ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. *Food Sci*, 2013, 34(18):218-222.
- [17] Cai YP, Sun ZW, Wang XY, *et al.* Determination of plant growth regulators in vegetable by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry coupled with isotope-coded derivatization [J]. *Chin J Anal Chem*, 2015, 43(3): 419-423.
- [18] Hernandez F, Pozo OJ, Sancho JVF, *et al.* Multiresidue liquid chromatography-tandem mass spectrometry determination of 52 non gas chromatography-amenable pesticides and metabolites in different food commodities [J]. *J Chromatogr A*, 2006, 1109(2): 242-252.
- [19] Akiyama Y, Matsuoka T, Mitsuhashi T. Multi-residue screening method of acidic pesticides in agricultural products by liquid chromatography/time of flight mass spectrometry [J]. *J Pestic Sci*, 2009, 34(4): 265-272.
- [20] Kang J, Fan CL, Chang QY, *et al.* Simultaneous determination of multi-class veterinary drug residues in different muscle tissues by modified QuEChERS combined with HPLC-MS/MS [J]. *Anal Methods*,

2014, 6: 6285–6293.

[21] 杨冀州, 魏蔚, 祝伟霞, 等. 高效液相色谱-电喷雾三级四极杆质谱测定苹果、山楂、番茄制品中棒曲霉素的研究[J]. 食品科学, 2009, 30(4): 162–165.

Yang YZ, Wei W, Zhu WX, *et al.* High Performance liquid chromatography tandem mass spectrometry method for determination of patulin in apple, hawthorn and tomato products [J]. Food Sci, 2009, 30(4): 162–165.

[22] Jiri G, Ondřej N, Miroslav S. Rapid analysis of phenolic acids in beverages by UPLC–MS/MS [J]. Food Chem, 2008, 111(3): 789–794.

[23] 梁桂娟, 冯永渝, 田志强, 等. 超高效液相色谱-质谱联用法 (UPLC–MS/MS)同时测定白酒中的微量甜味剂[J]. 酿酒科技, 2012, (8): 109–111.

Lang GJ, Feng YY, Tian ZQ, *et al.* Determination of sweeteners content in liquor by UPLC–MS/MS [J]. Liquor-Making Sci Technol, 2012, (8): 109–111.

[24] Brouwer D, Storozhenko S, Stove CP, *et al.* Ultra-performance liquid chromatography–tandem mass spectrometry (UPLC–MS/MS) for the

sensitive determination of folates in rice [J]. J Chromatogr B, 2010, 878(3–4): 509–513.

(责任编辑: 王 欣)

### 作者简介

姚邦本, 博士, 主要研究方向为食品安全检测与研究。  
E-mail: bangben333@sina.com

陈 伟, 教授, 主要研究方向为食品安全检测。  
E-mail: chenweishnu@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, 由军事医学科学院高志贤研究员和暨南大学丁郁教授担任专题主编, 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 2020 年 10 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、专题主编高志贤研究员和暨南大学丁郁教授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 7 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!

谢谢您的参与和支持!

投稿方式:

网站: [www.chinafoodj.com](http://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: [jfoods@126.com](mailto:jfoods@126.com)(备注**食品安全快速检测技术**专题投稿)