

高效液相色谱-Q-Exactive 四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱在食品药品安全分析中的应用概述

黄雯雯¹, 胡光辉^{1,2}, 勾新磊¹, 刘伟丽^{1,2*}

(1. 北京市理化分析测试中心, 有机材料检测技术与质量评价北京市重点实验室, 北京 100089;
2. 北京市科学技术研究院分析测试技术重点实验室, 北京 100089)

摘要: 食品药品基质复杂, 食药安全分析需要更加准确可靠和方便快捷的检测方法和技术。Q-Exactive-四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱的出现, 使得液相色谱-质谱联用技术拥有更高的分辨率和质量精度, 分析速度更快, 适用于各种基质的食品药品安全分析。本文介绍了高效液相色谱-Q-Exactive-四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱技术的特点, 根据样品的基质进行分类, 对近年来高效液相色谱-Q-Exactive-四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱技术在食品药品安全分析中的应用进行了概述。

关键词: 高效液相色谱-Q-Exactive 四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱; 食品; 药品; 安全分析

Application of high performance liquid chromatography-Q-Exactive quadrupole/electrostatic field orbitrap high resolution mass spectrometry in food and drug safety analysis

HUANG Wen-Wen¹, HU Guang-Hui^{1,2}, GOU Xin-Lei¹, LIU Wei-Li^{1,2*}

(1. Beijing Centre for Physical and Chemical Analysis, Beijing Key Laboratory of Organic Materials Testing Technology & Quality Evaluation, Beijing 100089, China; 2. Beijing Academy of Science and Technology Key Laboratory of Analysis and Testing Technology, Beijing 100089, China)

ABSTRACT: Because of the complex matrix, the safety analysis of food and drug needs more accurate, reliable and convenient detection methods and techniques. The appearance of Q-Exactive quadrupole/electrostatic field orbitrap high resolution mass spectrometry results in higher resolution, higher mass accuracy and faster analysis speed for liquid chromatography-mass spectrometry, so it is very suitable for the safety analysis of different kinds of foods and drugs. In this article, the characteristics of high performance liquid chromatography-Q-Exactive quadrupole/electrostatic field orbitrap high resolution mass spectrometry were introduced, and the applications of high performance liquid chromatography-Q-Exactive quadrupole/electrostatic field orbitrap high resolution mass spectrometry in food and drug safety analysis were summarized.

KEY WORDS: high performance liquid chromatography-Q-Exactive quadrupole/electrostatic field orbitrap high resolution mass spectrometry; food; drug; safety analysis

*通讯作者: 刘伟丽, 副研究员, 主要研究方向为材料分析。E-mail: liuweili@iccas.ac.cn

*Corresponding author: LIU Wei-Li, Associate Researcher, Beijing Centre for Physical and Chemical Analysis, Beijing Key Laboratory of Organic Materials Testing Technology & Quality Evaluation, Beijing Academy of Science and Technology Key Laboratory of Analysis and Testing Technology, Beijing 100089, China. E-mail: liuweili@iccas.ac.cn.

1 引言

食品药品的安全问题不仅是关系到民生的重大问题,而且还是重大的经济问题和政治问题^[1]。食品药品制造业是国民经济的重要支柱,一旦安全问题出现,就会对国民经济造成重创,使国内外对我国生产的食品药品安全失去信心,“三鹿奶粉”事件就是一个惨痛的教训。近年来,食品药品的安全检验工作越来越受到重视,各种新的仪器方法和分析技术也不断发展。

高效液相色谱-Q-Exactive-四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱将液相色谱的高效分离与四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱的高分辨率、精确质量定性功能融合,成为仪器分析领域的一种前沿技术,在食品、药品、代谢组学等领域不断得到应用。本文主要就高效液相色谱-Q-Exactive-四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱技术的特点、在食品和药品分析中的应用做以下概述。

2 高效液相色谱-Q-Exactive 四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱的特点

高效液相色谱具有灵敏度高、稳定性好和易于操作的特点,但是很多相似的物质结构在色谱行为上不易区分,高效液相色谱无法准确定性定量。高效液相色谱与质谱联用,待测组分经过高效液相色谱分离后,依次进入质谱系统,经过气化和电离成为带电离子,通过质量数的区别进一步分离,可以提高高效液相色谱的定性定量能力。四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱先利用四极杆对待测离子进行预分离,然后通过静电场轨道离子阱(orbitrap)作为检测器对离子的精确质量数进行检测。相对于一般低分辨质谱,分辨率更高(最高可达 140000),质量数检测更精确,可以精确到小数点后 5 位,因此可以提供待测组分可能的元素组成。仅需要采用简单的全扫描并提取精确质量数色谱图即可完成定性定量,利用自动触发的二级质谱采集就可以完成准确定性。在一个分析方法中可以实现正负离子的切换,同时检测正负离子,而且保持极高的质量精度(<1 μg/mL),提高分析检测的速度。Q-Exactive 四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱能够显著消除基质的干扰,增强选择性,提高样品分析的准确性^[2]。

3 高效液相色谱-Q-Exactive 四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱在食品药品分析中的应用

3.1 乳制品类

奶粉的安全问题一直备受关注。刘芸等^[3]建立了高效液相色谱-Q-Exactive 四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱测定奶粉中低聚果糖的方法。样品经乙酸锌沉淀蛋白,采用乙腈与 0.1%乙酸水作为流动相梯度洗脱,经加热电喷雾离

子化源(heated electrospray ionization source, H-ESI)进入质谱,在正离子 Target-MS/MS (对设定离子进行二级扫描)模式下提取目标离子的精确质量数,可以排除基质的干扰,使蔗糖三糖、蔗糖四糖、蔗糖五糖 3 种低聚果糖得到较好的分离和定性定量检测,该方法可用于任何奶粉的高通量测定。

丁涛等^[4]建立了高效液相色谱-Q-Exactive 四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱分析婴幼儿配方奶粉中一磷酸胞嘧啶核苷、一磷酸腺嘌呤核苷、一磷酸腺嘌呤核苷、一磷酸鸟嘌呤核苷和一磷酸次黄嘌呤核苷 5 种核苷酸的方法。样品经 0.1%甲酸溶解除蛋白,乙腈和 0.1%甲酸梯度洗脱,经 H-ESI 源进入质谱,负离子模式下通过一级全扫描提取目标化合物的精确质量数定量,自动触发二级质谱进一步定性。该方法简单快速、准确度高且适用性强,可用于日常婴幼儿奶粉中 5 种核苷酸的检测。

牛奶制品是成人的一类重要的营养食品,不法企业为牟取利益,在原料奶中添加主要成分为 β -内酰胺酶的“抗生素分解剂”来降解抗生素残留,从而形成人工“无抗奶”。赵凤娟等^[5]采用高效液相色谱-Q-Exactive 四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱对几种青霉素类药物降解后生成的未知物进行了高通量的定性定量分析,得到了相应产物的精确质量数及二级离子质谱图,确定了抗生素降解后的残留标志物,并建立了残留标志物的检测方法,为打击人工“无抗奶”提供了理论依据和技术支持。

3.2 酒类

氨基甲酸乙酯是食品发酵过程中产生的致癌物,而乙醇又对氨基甲酸乙酯的致癌作用有促进作用。王成龙等^[6]采用高效液相色谱-Q-Exactive 四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱对酒中的氨基甲酸乙酯确认分析。样品经稀释过滤后直接进样,乙腈和 0.1%乙酸水为流动相等度洗脱,经 H-ESI 源进入质谱后通过平行反应检测模式(同时筛取母离子以及碎裂后子离子的精确质量数),提取目标化合物及其二级离子的精确质量数定性定量,避免了假阳性。该方法可以作为快速检验和确证检测技术被广泛使用。

多酚类物质是葡萄酒的重要组成成分。宓捷波等^[7]采用高效液相色谱-Q-Exactive 四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱,通过对液相色谱和碰撞能量的优化,建立了葡萄酒中 10 种多酚类物质的测定方法。样品先经盐酸酸化、乙酸乙酯提取,再经甲醇和 0.5%的乙酸水梯度洗脱,而后经 H-ESI 源进入质谱,采用全扫描和目标离子二级扫描定性,外标法定量。该方法为葡萄酒产品的有效监管和分析提供了技术支持。

生物胺是葡萄酒中一类有毒副产物。丁涛等^[8]利用高效液相色谱-Q-Exactive 四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱对进出口葡萄酒中组胺、酪胺、尸胺、腐胺、色胺、精胺、亚精胺和苯乙胺 8 种生物胺进行分析。样品经去离子水稀

释, 分散固相萃取净化后, 乙腈-0.01%七氟正丁酸水溶液作为流动相进行梯度洗脱分离, 经 H-ESI 源进入质谱, 采用正离子模式, 通过全扫描模式提取目标化合物精确质量数, 利用阈值自动触发全扫描二级质谱功能提高了定性的准确性。此方法准确灵敏且前处理简单, 可作为葡萄酒中生物胺筛选和确认的检测方法。

3.3 果汁蜂蜜类

蜂蜜因为其营养价值高且纯天然而受到人们的喜爱, 但是近年来中国蜂产品合格率却很低, 原因之一是人们未能科学使用药物, 最终导致蜂产品的农残、药残超标。张烁等^[9]建立了高效液相色谱-Q-Exactive 四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱法测定蜂蜜中 14 种农药残留的方法。采用含 1%甲酸的乙腈溶液提取, 通过以 N-丙基乙二胺 (PSA) 和 C₁₈ 粉末作为吸附剂的分散固相萃取法 (d-SPE) 进行净化, 以 Accucore aQ C₁₈ 色谱柱色谱分离, 通过高分辨质谱的全扫描/实时二级质谱扫描模式进行定性筛查和定量检测, 该方法适合蜂蜜中农药多残留的快速筛查和定量。

有些不法商家用糖浆勾兑蜂蜜, 会在无色的糖浆中加入一定量的焦糖色素。在蜂蜜加工的脱抗生素环节中会把蜂蜜颜色脱除, 不法商家也会加入焦糖色素调色。4-甲基咪唑和 2-甲基咪唑是焦糖色素的 2 种有毒副产物, 对人体具有致癌作用。刘芸等^[10]建立了高效液相色谱-Q-Exactive 四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱法直接测定蜂蜜中 4-甲基咪唑和 2-甲基咪唑的方法。样品经水溶解过滤膜后, 以乙腈与 5 mmol/L 乙酸铵水溶液作为流动相进行梯度洗脱, 经 H-ESI 源进入质谱, 正离子模式下通过一级全扫描模式提取目标化合物的精确质量数, 外标法定量。该方法简单, 不使用有机溶剂, 灵敏度高, 可作为任何蜜种的蜂蜜是否掺入焦糖色素的通用检测方法, 对提高蜂蜜掺假鉴别和焦糖色素的食用安全性具有指导意义。

陈达炜等^[11]建立了高效液相色谱-Q-Exactive 四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱法测定果汁饮料中残留吗啡的方法。样品经分散固相萃取前处理, 0.1%甲酸-乙腈和 0.1%甲酸-4 mmol/L 乙酸铵水溶液梯度洗脱, 经 H-ESI 源进入质谱, 正离子 Target-MS/MS 采集模式, 获得吗啡的精确母离子和碎片离子数, 进行定性和定量。该方法简单快速、灵敏度高, 适用于果汁中吗啡残留量的快速分析。

3.4 保健品类

保健品市场需求的日益旺盛, 使得一些不法商贩在保健品中非法添加促进疗效的化学药物以牟取暴利。这些非法添加剂包括壮阳药物、降糖药物以及消炎止痛药物等, 轻则危及患者健康, 重则引起死亡。保健品中非法添加剂的检测方法是监管此类违法行为的基础。

张健等^[12]建立了利用高效液相色谱-Q-Exactive 四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱法测定保健食品中 9 种非法添

加壮阳类化学药的方法, 9 种非法添加壮阳类化学药即他达拉非、那红地那非、那莫西地那非、伪伐地那非、红地那非、西地那非、伐地那非、羟基豪莫西地那非、硫代艾地那非。样品经乙腈水溶液超声提取, 以 0.1%甲酸水溶液-乙腈作为流动相梯度洗脱, 经 H-ESI 源进入质谱, 正离子检测, 选择反应监测模式扫描, 对目标物进行定性、定量分析, 为市场上保健食品中非法添加壮阳类化学药物的检测提供了可行性。

杜彦山等^[13]利用超高效液相色谱-Q-Exactive 四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱, 建立了保健品中那格列奈、盐酸吡格列酮、格列吡嗪、格列本脲、格列喹酮、格列齐特、盐酸二甲双胍、瑞格列奈、盐酸苯乙双胍、盐酸罗格列酮、格列美脲 11 种非法添加降糖类药物的快速筛查和定量分析方法。样品用甲醇提取, 10 mmol/L 乙酸铵水溶液和乙腈作流动相, C₁₈ 色谱柱洗脱, HESI 源做离子源, 正离子模式扫描。建立了 11 种降糖类药物的高分辨二级质谱谱库, 利用一级质谱的精确质量数和二级质谱图, 可以实现不使用标品的情况下样品中 11 种降糖药物的定性筛查和定量分析。

巩丽萍等^[14]采用高效液相色谱-Q-Exactive 四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱建立了中成药或保健品中 24 种消炎止痛类化学成分测定的快速筛查和定量分析方法。样品经 C₁₈ 柱色谱洗脱, 电喷雾电离正负离子同时一级、二级高精度全扫描, 得到准确母离子质量数和准确碎片离子信息, 同时进行定性定量分析。在 45 批样品中检出阳性样品 30 批, 检出对乙酰氨基酚、双氯芬酸钠、吲哚美辛、布洛芬等成分。该方法操作方便、准确率高、灵敏度高、选择性强, 可用于消炎止痛类样品中非法添加化学成分的定性筛查和定量分析。

3.5 蔬菜类

农药残留一直是蔬菜安全的重点监测对象。陈达炜等^[15]建立了分散固相萃取法, 高效液相色谱-Q-Exactive 四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱快速筛查青椒中农药多残留的分析方法。样品采用乙腈提取, 经 N-丙基乙二胺 (PSA) 和 C₁₈ 粉末分散固相萃取净化, 以 BEH C₁₈ 色谱柱为分析柱。采用正、负离子切换, 对 16 种农药进行定量测定。本方法简单、灵敏、准确, 具有很好的实际应用价值。

吴斌等^[2]利用高效液相色谱-Q-Exactive 四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱实现了辣椒、青花菜、脱水土豆、大豆、绿茶和大蒜 6 种蔬菜中 96 种农药残留的高通量筛选和确认。样品经含 0.1%醋酸的乙腈超声提取, 分散固相萃取脱水、除色、净化后经 C₁₈ 柱分离, 以甲醇和 5 mmol/L 醋酸铵水溶液作为流动相进行梯度洗脱分离。经 H-ESI 源进入质谱, 采用正、负离子切换同时测定 96 种农药残留。在一级全扫描模式下提取目标化合物的精确质量数, 有效地去除了基质干扰, 采用自动触发采集二级质谱图进一步提

高了定性的准确性,该方法可以作为蔬菜中多种农药残留高通量筛选和确认的检测方法。

3.6 肉类

肉类食品中的毒素及药物残留不仅可以直接对人体产生急慢性毒性作用,引起细菌耐药性的增加,还可以通过环境和食物链的作用间接对人体健康造成潜在危害。

刘鑫等^[16]利用高效液相色谱-Q-Exactive 四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱对动物组织中的 81 种兽药残留进行快速筛查和同时检测。动物组织经绞碎和超声提取后,以乙腈和含 5 mmol/L 的乙酸铵-0.1%甲酸的水溶液为流动相梯度洗脱,经 C₁₈ 柱分离,经 HESI 源进入质谱,通过一级全扫和基于母离子列表的数据依赖采集的二级质谱进一步确认,实现了 81 种兽药残留的定性定量分析。

宫小明等^[17]建立了贝类组织中 4 种腹泻性贝类毒素以及 16 种兽药残留的高效液相色谱-Q-Exactive 四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱检测方法。样品采用甲醇提取,正己烷除脂肪,乙酸乙酯反萃取,分散固相萃取净化,经 Agilent ZORBAX SB -C₁₈ 色谱柱分离,高分辨质谱仪进行检测。该方法简单、快速、灵敏度高,能满足贝类产品中贝类毒素、抗生素的检测要求。

3.7 饲料类

饲料添加剂,广泛应用于动物疾病预防、禽畜类生长调节、饲料合理利用等方面。但是非法添加剂的滥用,使动物源性食品中的兽药残留问题日渐严重,直接或间接地危害人体健康。

磺胺类药物是一类具有氨基苯磺酰胺结构的抗菌类药物,一般以饲料添加的方式广泛应用于畜禽养殖业。严凤等^[18]利用高效液相色谱-Q-Exactive 四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱对饲料中 19 种磺胺类药物进行快速筛查和确证定量。样品经乙腈-0.1%甲酸溶液(8:2,V:V)超声提取,以 0.1%甲酸乙腈溶液和 0.1%甲酸水溶液为流动相进行梯度洗脱,经 C₁₈ 柱分离。经 H-ESI 源进入质谱,全扫描得到磺胺类药物的一级精确质量数,可实现对饲料中磺胺类药物的快速筛查;同时建立了 19 种磺胺类药物的二级质谱数据库,实现了对 19 种磺胺类药物的定性筛查及同步定量,该方法为磺胺类药物的有效监管提供了可靠的检测方法。

王国庆等^[19]利用高效液相色谱-Q-Exactive 四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱建立了对饲料中的 73 种抗菌药物的检测方法。饲料样品匀质后采用 50%乙腈水溶液(V:V)一次提取和乙腈二次提取,经氨基固相萃取小柱净化,经氮气吹干浓缩、过滤等处理后, HESI 源正负离子同时扫描。建立了抗菌药物实测精确分子量和保留时间标准数据库。该方法可以作为饲料中抗菌药物的快速筛查分析方法。

3.8 中药材类

中药作为中华民族的瑰宝,在人们的日常生活中发

挥着重要的作用,但其化学成分繁多而复杂,鉴定难度大。了解中药里药效成分的物质结构,才能保证安全有效合理的用药。色谱质谱联用技术尤其是高效液相色谱-高分辨质谱的联用技术在中药化学成分的鉴定以及定量工作中发挥着举足轻重的作用。

董红娇等^[20]利用超高效液相色谱-Q-Exactive-四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱鉴定了小大黄中 34 个化学成分,其中 28 个化学成分为该植物中首次报道。供试液经以甲醇超声提取, C₁₈ 色谱柱分离,以甲醇-0.1%甲酸水溶液为流动相进行梯度洗脱,经 H-ESI 源进入质谱,采用正负离子监测、一级全扫描及自动触发二级质谱扫描的模式对小大黄化学成分进行快速识别及鉴定,建立了小大黄化学成分数据库,为小大黄在中药方剂中的使用奠定了基础。

Li 等^[21]利用高效液相色谱-Q-Exactive 四极杆-静电场轨道阱高分辨质谱分析了中药半枝莲的化学成分,药材粉未经 70%甲醇提取,以甲醇乙腈混合溶液(1:3,V:V)-0.1%甲酸水作为流动相进行梯度洗脱,经 C₁₈ 柱分离, H-ESI 源进入质谱,负离子模式下一级全扫描及自动触发二级质谱扫描模式,通过高分辨数据共鉴定了 56 个成分。Q-Exactive 四极杆-静电场轨道阱高分辨质谱是鉴定中药化学成分的中药仪器方法,为半枝莲的化学成分分析提供了较全面的数据支持。

4 小结

超高效液相色谱-Q-Exactive-四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱具有高分辨率、高质量精度等诸多优势,在食品药品安全分析领域中已有较广泛的应用。但相对蛋白质组学研究领域,在小分子化学污染物的分析应用上还相对较少,其良好的应用前景值得关注。

参考文献

- [1] 汪洋. 食品药品安全重在监管[J]. 求是, 2013, 16: 3-6.
Wang Y. The key of food and safety supervision is supervision [J]. Qiushi, 2013, 16: 3-6.
- [2] 吴斌, 丁涛, 柳茵, 等. 高效液相色谱-四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱快速检测 6 种农产品中 96 种农药的残留量[J]. 色谱, 2012, 30(12): 1246-1252.
Wu B, Ding T, Liu H, et al. Fast screening ninety-six pesticides in six kinds of agricultural products by high performance liquid chromatography quadrupole/electrostatic field orbit trap high resolution mass spectrometry [J]. Chin J Chromatogr, 2012, 30(12): 1246-1252.
- [3] 刘芸, 丁涛, 徐素丽, 等. 高效液相色谱-四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱测定奶粉中的低聚果糖[J]. 色谱, 2015, 33(10): 1040-1045.
Liu Y, Ding T, Xu SL, et al. Determination of fructo-oligosaccharides in milk powder by high performance liquid chromatography-quadrupole/electrostatic field orbitrap high resolution mass spectrometry[J]. Chin J Chromatogr, 2015, 33(10): 1040-1045.
- [4] 丁涛, 吕辰, 刘芸, 等. 高效液相色谱-四极杆-静电场轨道阱高分辨质

- 谱检测婴幼儿配方奶粉中五种核苷酸的研究[J]. 轻工标准与质量, 2014, 01: 46-49.
- Ding T, Lv C, Liu Y, *et al.* Determination of five kinds of nucleotides in infant formula by high performance liquid chromatography-quadrupole/electrostatic field orbitrap high resolution mass spectrometry [J]. Light Ind Stand Qual, 2014, 01: 46-49.
- [5] 赵凤娟, 岳振峰, 张毅, 等. 高效液相色谱-四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱研究人工“无抗奶”中青霉素类药物的降解产物[J]. 食品安全质量检测学报, 2014, 5(2): 339-351.
- Zhao FJ, Yue ZF, Zhang Y, *et al.* Degradation products study of penicillins in artificial “non-anti-milk” by high performance liquid chromatography-linear trap quadrupole-orbitrap mass spectrometry [J]. J Food Saf Qual, 2014, 5(2): 339-351.
- [6] 王成龙, 黄秋婷, 戚平. 超高效液相色谱-四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱法对酒中氨基甲酸乙酯确认分析的研究[J]. 酿酒科技, 2016, 07: 112-115.
- Wang CL, Huang QT, Qi P. Determination and identification of ethyl carbamate in alcoholic drinks by UPLC-quadrupole/electrostatic field orbitrap high-resolution mass spectrometry [J]. Liquor-making Sci Technol, 2016, 07: 112-115.
- [7] 宓捷波, 毕玉国, 赵孔祥, 等. 葡萄酒中 10 种多酚类物质的高效液相色谱-四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱测定方法研究[J]. 分析测试学报, 2015, 34(11): 1227-1232.
- Mi JB, Bi YG, Zhao KX, *et al.* Studies on determination of 10 polyphenols in wine by hplc-quadrupole/electrostatic field orbitrap HRMS [J]. J Instrum Anal, 2015, 34(11): 1227-1232.
- [8] 丁涛, 吕辰, 柳茵, 等. 高效液相色谱-四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱检测葡萄酒中 8 种生物胺[J]. 分析测试学报, 2014, 33(01): 27-32.
- Ding T, Lv C, Liu H, *et al.* Determination of eight biogenic amines in red wines by liquid chromatography-quadrupole/electrostatic field orbit trap mass spectrometry [J]. J Instrum Anal, 2014, 33(01): 27-32.
- [9] 张烁, 陈达伟, 赵云峰. 超高效液相色谱-高分辨质谱法测定蜂蜜中 14 种农药残留[J]. 卫生研究, 2015, 44(03): 422-426, 430.
- Zhang S, Chen DW, Zhao YF. Determination of 14 pesticide residues in honey by ultra high performance liquid chromatography-high resolution mass spectrometry [J]. J Hyg Res, 2015, 44(03): 422-426, 430.
- [10] 刘芸, 丁涛, 费晓庆, 等. 高效液相色谱-四极杆/静电场轨道阱高分辨率质谱检测蜂蜜中的 4-甲基咪唑和 2-甲基咪唑[J]. 食品安全质量检测学报, 2014, 5 (10): 2979-2986.
- Liu Y, Ding T, Fei XQ, *et al.* Direct determination of 4-methylimidazole and 2-methylimidazole in honey by high performance liquid chromatography-quadrupole/electrostatic field orbitrap high resolution mass spectrometry [J]. J Food Saf Qual, 2014, 5 (10): 2979-2986.
- [11] 陈达伟, 殷轶群, 苗虹, 等. 分散微固相萃取-超高效液相色谱-高分辨质谱法测定果汁饮料中的吗啉残留[J]. 分析化学, 2015, 43(04): 570-575.
- Chen DW, YIN YQ, Miao H, *et al.* Dispersive micro solid phase extraction combined with ultra highperformance liquid chromatography-high resolution mass spectrometry for determination of morpholine residue in fruit juices beverages [J]. Chin J Anal Chem, 2015, 43(04): 570-575.
- [12] 张健, 丁涛, 刘芸, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法测定保健品中 9 种非法添加的壮阳类化学药物[J]. 环境化学, 2016, 35(2): 415-418.
- Zhang J, Ding T, Liu Y, *et al.* Direct determination of 9 illegal added anti-impotence medicines in dietary supplement by UPLC-MS /MS [J]. Environm Chem, 2016, 35(2): 415-418.
- [13] 杜彦山, 李强, 吴春敏, 等. 超高效液相色谱-四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱快速筛查及定量分析保健品中 11 种非法添加降糖药物[J]. 色谱, 2015, 33(04): 371-376.
- Du YS, Li Q, Wu CM, *et al.* Rapid screening and quantitative detection of 11 illegally added antidiabetic in health care products by ultra performance liquid chromatography - quadrupole/electrostatic field orbitrap high resolution mass spectrometry [J]. Chin J Chromatogr, 2015, 33(04): 371-376.
- [14] 巩丽萍, 田晨颖, 郭常川, 等. 超高效液相色谱-四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱快速筛查及定量分析中成药或保健品中非法添加的 24 种消炎止痛类化学成分[J]. 中国药学杂志, 2015, (50)24: 2154-2159.
- Gong LP, Tian CY, Guo CC, *et al.* Rapid screening and quantitative detection of 24 illegally added anti-inflammatory painkillers in traditional chinese medicines and health foods by ultra performance liquid chromatography-quadrupole /electrostaticfield orbitrap high resolution mass spectrometry [J]. Chin Pharm J, 2015, (50) 24: 2154-2159.
- [15] 陈达伟, 吕冰, 邹建宏, 等. 四极杆/静电场轨道阱高分辨质谱在青椒中农药多残留快速筛查的应用[J]. 分析测试学报, 2014, 33(12): 1327-1333.
- Chen DW, Lv B, Zhou JH. Rapid screening of multi-residue pesticides in green pepper by high-resolution benchtop q exactive mass spectrometry [J]. J Instrum Anal, 2014, 33(12): 1327-1333.
- [16] 刘鑫, 李建辉, 张朝晖, 等. Q-Exactive 液相色谱-高分辨质谱联用同时检测动物源食品中 81 种兽药残留[J]. 中国食品, 2013, 13: 78-81.
- Liu X, Li JH, Zhao ZH, *et al.* Determination of 81 kinds of veterinary drug residue in food products of animal origin by Q-Exactive performance liquid chromatography-high resolution mass spectrometry [J]. China Food, 2013, 13: 78-81.
- [17] 宫小明, 万进, 马荣桢, 等. 液相色谱-高分辨质谱测定贝类中的 4 种贝毒素及 16 种兽药残留[J]. 分析测试学报, 2014, 33(08): 881-886.
- Gong XM, Wan J, Ma RK, *et al.* Determination of 4 shellfish biotoxins and 16 veterinary residues in shellfish by liquid chromatography-high resolution mass spectrometry [J]. J Instrum Anal, 2014, 33(08): 881-886.
- [18] 严凤, 李丹妮, 吴剑平, 等. 超高效液相色谱-四极杆-静电场轨道阱高分辨质谱筛查测定饲料中 19 种磺胺类药物[J]. 中国兽药杂志, 2016, 50 (02): 29-36.
- Yan F, Li DN, Wu JP, *et al.* Screening and confirmation of 19 sulfonamides in feed by ultra high performance liquid chromatography-quadrupole-exactive orbitrap mass spectrometry [J]. Chin J Vet Drug, 2016, 50 (02): 29-36.
- [19] 王国庆, 刘云, 柯玮, 等. 超高效液相色谱-静电场轨道离子阱高分辨质谱联用筛查分析饲料中抗菌类药物[J]. 轻工学报, 2016, 31(4): 15-22.
- Wang GQ, Liu Y, Ke W, *et al.* Screening analysis of antibiotics drugs in animal feed using UPLC-Orbitrap HRMS [J]. J Light Ind, 2016, 31 (4): 15-22.
- [20] 董红娇, 陈晓虎, 曾锐. UPLC-Q-Exactive 四极杆-静电场轨道阱高分辨

质谱联用快速分析民族药小大黄的化学成分[J]. 中草药, 2016, 47(14): 2428-2435.

Dong HJ, Chen XH, Zeng R. Rapid analysis on chemical constituents in roots of *Rheum pumilum* by UPLC coupled with hybrid quadrupole-orbit trap MS [J]. *Chin Tradit Herbal Drugs*, 2016, 47(14): 2428-2435.

- [21] Li R, Song W, Qiao X, *et al.* Chemical profiling of *Scutellaria barbata* by ultra high performance liquid chromatography coupled with hybrid quadrupole-orbit trap mass spectrometry [J]. *J Chin Pharm Sci*, 2015, 24(10): 635-646.

(责任编辑: 姚 菲)

作者简介



黄雯雯, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为色谱质谱分析。

E-mail: huangwenwen870707@163.com



刘伟丽, 博士, 副研究员, 主要研究方向为材料分析。

E-mail: liuweili@jccas.ac.cn

《粮油产品质量安全专题》征稿函

小麦、水稻、大豆等粮油产品是我国人民广泛食用的主要农产品, 在人们日常饮食中占据着非常重要的主导地位, 特别是对中国以植物类食品为主的国家来说, 具有无可替代的作用。粮油产品质量安全关系到每个人的日常生活, 具有十分重要的意义。

鉴于此, 本刊特别策划了“**粮油产品质量安全**”专题, 由江南大学食品学院王兴国教授担任专题主编, 围绕(1)粮油产品营养指标、储存指标、卫生指标、微生物指标等质量安全关键安全因子的快速检测; (2)粮油掺伪技术; (3)农产品质量安全追溯体系; (4)无公害农产品、绿色食品以及有机农产品开发; (5)产前、产中和产后的标准化管理体系、产后农户储粮技术和流通管理; (6)粮油食品质量安全风险评估、管理法律法规、监管现状及问题或您认为本领域有意义的问题进行论述, 计划在 2017 年 3 月份出版。

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。请在 2017 年 1 月 31 日前通过网站或 Email 投稿。我们将快速处理并经审稿合格后优先发表。

投稿方式:

网站: www.chinafoodj.com

E-mail: jfoodsqa@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部