

基于气相色谱-三重四极杆串联质谱法检测植物源食品中多农药残留的文献计量学分析

杨敏¹, 王翠萍¹, 张见², 徐芳¹, 邢竹青¹, 谢赫然¹, 陆征丽¹, 王泓午¹, 张亚婷^{1*}

(1. 天津中医药大学健康科学与工程学院, 天津 300193; 2. 天津天丰泽田生物科技有限公司, 天津 300457)

摘要: **目的** 了解植物源性食品中农药残留现状、国内外检测农残的常用方法及其发展动态。**方法** 基于中国知网、维普、万方和 Pub Med 数据, 检索 2010.01.01—2020.04.25 期间发表的采用气相色谱三重四极杆串联质谱法(gas chromatography-triple quadrupole mass spectrometry, GC-MS/MS)检测植物源性食品中多农药残留的相关文献。应用 Note Express3.2.0 和 Ucinet6.645、NetDraw2.162 等对文献进行计量学分析。**结果** 共纳入 455 篇文献。近 10 年文献的年发表量呈上升趋势; 文献以期刊论文为主, 且研究单位合作不太紧密。高频关键词为农药残留、气相色谱-串联质谱和 QuEChERS 等。**结论** 近 10 年来对于多农药残留的检测是目前研究的一大方向, 且大多采用气相色谱-三重四极杆串联质谱法, 该检测方法的研究也在不断地深入, 逐渐趋于成熟。

关键词: 气相色谱-三重四极杆串联质谱法; 多农药残留; 植物源性食品; 文献计量学

Bibliometric analysis of multi pesticide residues in plant derived food based on gas chromatography-triple quadrupole mass spectrometry

YANG Min¹, WANG Cui-Ping¹, ZHANG Jian², XU Fang¹, XING Zhu-Qing¹, XIE He-Ran¹, LU Zheng-Li¹, WANG Hong-Wu¹, ZHANG Ya-Ting^{1*}

(1. College of Traditional Chinese Medicine, Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, Tianjin 300193, China;
2. Tianjin Tianfeng Zetian Biotechnology Co., LTD., Tianjin 300457, China)

ABSTRACT: Objective To understand the current status of pesticide residues in plant-derived foods, the common methods and development trends of pesticide residue detection at home and abroad. **Methods** Based on the data of CNKI, VIP, WANFANG and PubMed, literatures about gas chromatography-triple quadrupole mass spectrometry method (GC-MS/MS) for the determination of multi-pesticide residues in plant-derived foods were retrieved, which published during the period from January 1, 2010 to April 25, 2020. Use Note Express3.2.0, Ucinet6.645 and NetDraw2.162, etc. to conduct metrological analysis of the literatures. **Results** A total of 455 articles were included. In the past ten years, the annual publication volume of literature had been on the rise; the literature was dominated by journal articles, and the cooperation between research units was not very close. The high-frequency keywords were pesticide residues, gas chromatography-mass spectrometry and QuEChERS. **Conclusion** In recent

基金项目: 天津市教委科研计划项目(2017KJ169)

Fund: Supported by Tianjin Municipal Education Commission Scientific Research Project (2017KJ169).

*通信作者: 张亚婷, 讲师, 主要研究方向为食品安全检测及食品功能性成分稳定化研究。E-mail: yolanda3788@163.com

*Corresponding author: ZHANG Ya-Ting, Lecturer, Tianjin University of Traditional Chinese Medicine, No.10, Poyang Lake Road, West District, Tuanbo New City, Jinghai District, Tianjin 300193, China. E-mail: yolanda3788@163.com

10 years, the detection of multi-pesticide residues is a major direction of current research, and most of them use (GC-MS/MS). The research on this detection method is also continuously deepening and gradually becoming mature.

KEY WORDS: gas chromatography-triple quadrupole mass spectrometry; multi pesticide residues; plant derived food; bibliometrics

0 引言

农药残留是指在作物生长的过程中施用农药,而后在食品、药品、饲料、农产品中检测到农药及其代谢物。这些残留物可以通过多种方式进入到人和牲畜的体内,对人体和动物造成危害。目前,农药的多残留检测技术很多,主要有气相色谱法(gas chromatography, GC)^[1-3]、气相色谱-质谱法(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)^[4-6]、气相色谱三重四极杆串联质谱法(gas chromatography-triple quadrupole mass spectrometry, GC-MS/MS)^[7-9]等。其中,气相色谱三重四极杆串联质谱技术结合了气相色谱以及质谱的优点,具有操作简单、分离能力强、准确性高等优点,因此这种方法被广泛应用于农药残留检测中^[10-11]。本研究旨在更全面地了解 GC-MS/MS 法在多种农药残留检测中的应用和研究动态,为接下来更深层次的研究发展提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料来源

本研究选取了 PubMed 外文数据库和中国知网、万方和维普三大中文数据库进行文献资料收集。

1.2 检索策略

对 PubMed 数据库以所有字段(All Field)作为检索条件,检索式为: (Pesticide residue) AND[(GC-MS/MS) OR (Gas Chromatography Tandem Mass Spectrometry) OR (Gas Chromatography Triple Quadrupole Tandem Mass Spectrometry)]; 对三大中文数据库进行主题词检索,检索式为: [(“农药残留”*(“GC-MS/MS”+“气相色谱-串联质谱”+“三重四级杆”)], 时间限制为 2010 年 1 月 1 日—2020 年 4 月 25 日。

1.3 纳排标准

纳入标准: 与 GC-MS/MS 法检测多农药残留的期刊论文、学位论文以及会议论文,如内容雷同并经判断是同一研究,选择资料最完整的文献。

排除标准: 综述型论文、无法获取全文的、采用方法实际为 GC-MS 而非 GC-MS/MS 的论文。

1.4 研究方法

通过对气相色谱-三重四极杆串联质谱法检测植物源

性食品中多农药残留的相关文献进行文献计量学分析,了解其研究现状及发展动态。将检索到的文献按照所需要的格式导入到文献管理软件 Note Express3.2.0 中,根据题录类型、作者、年份和标题进行查重,并结合浏览全文,剔除不满足要求的文献并保留内容最完整的文献。利用文献管理软件 Note Express 对纳入文献进行词频分析和共现矩阵构建,通过 Ucinet6.645 软件将矩阵格式转化为“.##h”,进入到 Netdraw2.162 制作可视化网络图谱。

2 结果与分析

共检索文献 940 篇,其中中国知网 353 篇、万方 270 篇、维普 189 篇、PubMed 128 篇,经过 Note Express 软件结合人工查重,最终纳入文献 455 篇,其中国内发表中文文献 318 篇、英文文献 39 篇、国际发表英文文献 98 篇。

2.1 国外文献统计分析

2.1.1 文献检索情况

外文文献主要来自外文数据库 PubMed 以及中文数据库 CNKI,其中 PubMed 检索 128 篇、CNKI 检索 79 篇,共计 207 篇。经过查重筛选并排除中国人发表的英文文献后,共纳入 98 篇外文文献,文献类型均是期刊文献。

2.1.2 文献年发文量情况

在 2010—2019 年共纳入相关文献 92 篇,年均发文量 10 篇。2015 年与 2017 年发文量最高为 12 篇(13.04%),2010 年最低为 4 篇(4.35%)。2010—2015 年,年发文量逐步增长,达到峰值。此外,2012—2014 年,年发文量略有波动,除 2017—2018 年的小幅度下降外,总体发文量呈逐步上升趋势。(因检索时间为 2010 年—2020 年 4 月 25 日,故检索到的 2020 年的文章不能代表 2020 年的发表数量,不在此分析)

2.1.3 期刊分布

纳入的 98 篇国外文献的期刊共发表于 31 家期刊,其中 15 家期刊只出现过 1 次。发文量排在前五的期刊机构分别是 *Journal of Chromatography A*(13 篇, 13.27%)、*Food Chemistry*(12 篇, 12.25%)、*Journal of Agricultural and Food Chemistry*(9 篇, 9.18%)、*Analytical and Bioanalytical Chemistry*(7 篇, 7.14%)、*Talanta*(6 篇, 6.12%)。

2.1.4 核心作者分析

对所纳入的 98 篇国外文献中的所有作者的发文量进行统计后发现,在纳入的所有文献中,共有 381 位作者,平均每篇文献有 4 位作者参与撰写。发文量排在前六名的

分别是 STANISLAW W、SAMANTA U、AMADEO RFA、STEVEN JL、ANA L、VIRAPONG P。其中发文量最多的作者是来自波兰国家植物研究所的 STANISLAW W, 共累计发表文献 6 篇, 占纳入统计文献总量的 1.25%, 根据普赖斯定律($M \approx 0.749\sqrt{N_{max}}$)来确定核心作者数量, 其中 M 为高产作者的最低发文量; N_{max} 为所有作者中的最高发文量。经计算及取整得出: 本研究国外核心作者最低发表数量为 2 篇。发文量 ≥ 2 篇的作者共 56 位, 占作者总数的 14.70%, 这些作者共发表文献 154 篇, 占文献总量的 32.15% $<50\%$, 说明尚未形成核心作者群。

2.1.5 高产机构分析

经统计发现, 共有 109 所机构参与该研究, 在全部机构中, 发文数 ≥ 5 篇的机构有 3 个, 发文数 ≥ 4 篇的机构有 7 个, 发文数为 1 篇的机构有 81 个, 占比为 74.31%, 发文数为 0.90 篇/机构, 这说明农药残留检测的研究机构参与热情虽然高, 但分布却十分分散。发文量 ≥ 5 篇的机构分别是 University of Almería(10 篇, 6.02%)、Institute of Plant Protection-National Research Institute(6 篇, 3.61%)、US Department of Agriculture, Agricultural Research Service(5 篇, 3.01%)。

2.1.6 关键词分析

用 NoteExpress 软件对纳入的 98 篇国外文献的关键词出现频率进行分析, 得到 520 个关键词, 其中出现一些意义相同的词, 需要对其进行合并, 如将“Pesticide residue”、“Pesticide”“Pesticide residue analysis”“Multiresidue method”等进行合并; 将“GC-MS/MS”“Gas Chromatography

Tandem Mass Spectrometry”“Triple quadrupole”等进行合并, 保证数据分析的准确性。多数关键词出现频率不高, 有 30 个只出现 2 次, 个出现次数在 10 次以下。整合后的“GC-MS/MS”在所有关键词中出现的频率最高, 出现了 73 次(14.04%); 其次“Pesticide residues”出现了 70 次(13.46%), 其中“Tea”在所有植物源性食品的关键词里出现的频率最高出现了 6 次(1.15%)。选取出现频次 ≥ 5 的关键词作为该研究文献的高频关键词, 分别是 GC-MS/MS、Pesticide residues、QuEChERS、LC-MS/MS、Matrix effects、Food safety、Fruits、Fruits and Vegetables、honey、Method validation、Tea、Validation。

将上表所显示的高频关键词进行共现矩阵构建后, 绘制成知识图谱, 如图 1 所示。将节点大小按关键词频数进行排列, 线条粗细表示 2 个关键词之间的关联强度。结果显示, 前处理方法 QuEChERS 与 GC-MS/MS 以及 Pesticide residues 联系十分紧密, 说明使用该方法对于农药的提取是目前比较热门的方式。

2.2 国内文献统计分析

2.2.1 文献检索情况

国内文献大部分来自三大中文数据库: CNKI、WANFANG 和 VIP, 少部分来自 PubMed, 检索到文献数量分别为 CNKI 274 篇、WANFANG 270 篇、VIP 189 篇, PubMed 39 篇, 共计 772 篇。经过查重筛选后, 共纳入 357 篇中文文献, 其中期刊论文 324 篇、学位论文 21 篇、会议论文 12 篇。

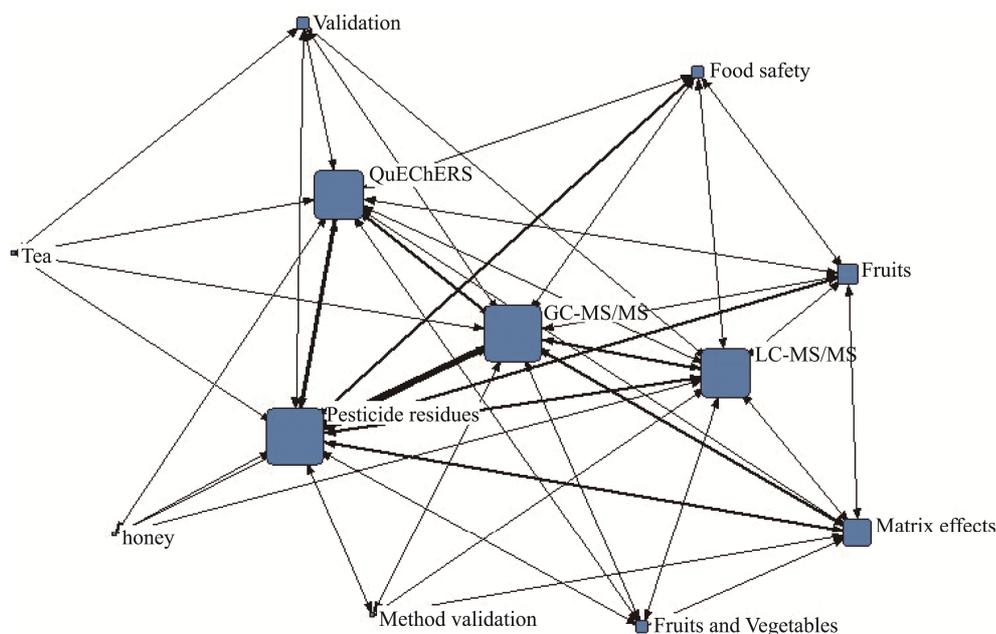


图 1 高频关键词共现网络图

Fig.1 Network diagram of co-occurrence of high-frequency keywords

2.2.2 文献年发文量情况

在 2010—2019 年共纳入相关文献 342 篇, 年均发文量 38 篇。2019 年发文量最高为 65 篇(18.21%), 2010 年最低为 9 篇(2.52%)。2010—2019 年, 年发文量逐步增长, 达到峰值。此外, 2016—2018 年, 年发文量略有波动, 除 2016—2017 年的小幅度下降外, 总体发文量呈现上升趋势。(因检索时间为 2010—2020 年 4 月 25 日, 故检索到的 2020 年的文章不能代表 2020 年的发表数量, 不在此分析)

2.2.3 期刊分布

纳入的 357 篇国内文献共发表于 125 家期刊, 其中 77 家期刊只出现过 1 次。发文量排在前 8 的期刊机构分别是食品安全质量检测学报(36 篇, 10.08%)、中国卫生检验杂志(17 篇, 4.76%)、色谱(16 篇, 4.48%)、分析测试学报(15 篇, 4.20%)、农药(9 篇, 2.52%)、农药学学报(9 篇, 2.52%)、分析实验室(9 篇, 2.52%)、理化检验(化学分册)(9 篇, 2.52%)。

2.2.4 核心作者分析

在纳入的 357 篇文献中, 共有 1180 位作者参与了 GC-MS/MS 检测植物源性食品中多农药残留相关论文的写作。来自中国检验检疫科学研究院的范春林以 16 篇的发文量排在第 1 位, 占所研究文献总数的 4.48%, 根据普赖斯定律计算得出 $M=0.749 \times \sqrt{16} = 2.996$, 取整为 3。发文量 ≥ 3 篇的作者共 104 位, 占作者总人数的 8.81%, 这些作者共发表了 428 篇文献, 占文献总量的 25.21% $<$ 50%, 表明该领域在国内也没有形成核心作者群。国内发文量排名前 6 的作者分别是范春林、侯雪、韩梅、刘春华、吴南村、张群, 其中王妍曾以不同机构发表论文 6 篇, 说明其在该领域潜心研究, 同时取得了不错的成果。

2.2.5 高产机构分析

357 篇国内文献统计分析结果显示, 共有 299 所机构参与了 GC-MS/MS 法检测植物源性食品中多农药残留检测的研究, 在全部机构中, 发文数 ≥ 12 篇的机构有 5 个, 发文数 ≥ 5 篇的机构有 17 个, 发文数为 1 篇的机构有 203 个, 占比为 67.89%, 发文数为 1 篇/机构, 这表明在国内对于农残的研究分布也比较零散。其中, 发文量 ≥ 12 篇的机构分别为中国检验检疫科学研究院(18 篇, 5.04%)、中国热带农业科学院(16 篇, 4.48%)、四川省农业科学院(14 篇, 3.92%)、山东农业大学(12 篇, 3.36%)、岛津企业管理(中国)有限公司(12 篇, 3.36%)。

2.2.6 关键词分析

所纳入的文献共 602 个关键词, 将意义相同的词进行合并, 如将“气相色谱-串联质谱法”“气相色谱串联质谱”“气相色谱-串联质谱”等合并为“气相色谱-串联质谱”; 将“农药残留”“农药多残留”“多农残检测”等合并为“农药残留”; 将“气相色谱-三重四极杆串联质谱”“气相色谱-三重四极杆质谱”、“三重四极杆气质联用”等合并为“气相色谱-三重四极杆串联质谱”, 保证数据分析的准确性。多数关键词出现频率不高, 有 74 个只出现 2 次, 524 个出现次

数在 10 次以下。整合后出现的频率最高的关键词为“农药残留”, 出现 211 次, 占比 13.58%; 其次“气相色谱-串联质谱”出现 207 次, 占比 13.32%, 其中“茶叶”在所有植物源性食品的关键词里出现的频率最高出现了 44 次, 占比 2.83%。选取出现频次 ≥ 8 的关键词作为该研究文献的高频关键词, 分别是农药残留、气相色谱-串联质谱、QuEChERS、固相萃取、蔬菜、茶叶、农药多残留、气相色谱-三重四极杆串联质谱、水果、有机磷农药、果蔬、拟除虫菊酯类、粮谷、有机氯农药、凝胶渗透色谱、检测、农药、气相色谱、基质、液液萃取。

将上表所显示的高频关键词进行共现矩阵构建后, 绘制成知识图谱, 如图 2 所示。其中, 节点大小与频数成正比, 节点越大代表频数越大。可以看出 QuEChERS、固相萃取这 2 种前处理方式位于图像的中间部位, 表明在对农药的前处理上这 2 种方式占主要地位; 另外有机磷农药也位于中间, 表明有机磷农药在我国应用的很普遍, 并且得到研究人员的广泛关注。

3 结论与讨论

GC-MS/MS 法操作-简单快速、灵敏度高, 能够满足现代农药多残留检测分析的要求^[12]。由此不难看出, 此实验方法本身具有较强的科学性和高效性, 结合当前在农药使用上面临的实际情况来看, 发展食品中农药多残留分析技术是极具紧迫性的。

目前我国在加强农产品的质量监控, 完善农药残留监测体系这方面已经取得了不小的成效。这可能与世界各国不断降低农药限量值、严格把控农产品质量的大环境是分不开的, 更与我国国力日益强盛和科学家们的艰苦奋斗息息相关^[13-16]。

从文献类型看, 国内外纳入的文献中, 均以期刊文献最多, 占比在 90%以上。说明社会上各界对 GC-MS/MS 法检测多农药残留比较重视, 这些文章可能大多来源于第三方检测机构, 因为他们也需要不断探索找到更合适、更精确、更节约成本的检测多农药残留方法, 但是在校学生对这方面的研究比较少, 可能是因为气相色谱-三重四极杆串联质谱仪设备使用的难度略高, 且设备较贵, 大部分高校没有条件购买这种仪器。

从文献发表年份看, 近 10 年来, 国内外关于采用 GC-MS/MS 法测定多农药残留的文献总体呈上升趋势, 但是在 2015—2018 年左右出现发文量波动, 这可能与 GC-MS/MS 法检测多农药残留方面的研究已趋于完善, 而新领域的研究还刚起步有关。

从作者合作网络上看, 国内外作者合作相对来说都比较紧密, 这说明在 GC-MS/MS 法检测多农药残留的领域中, 研究人员比较集中, 且研究的程度较高, 这也表明采用 GC-MS/MS 法检测多农药残留已经成为目前的一个发展趋势。

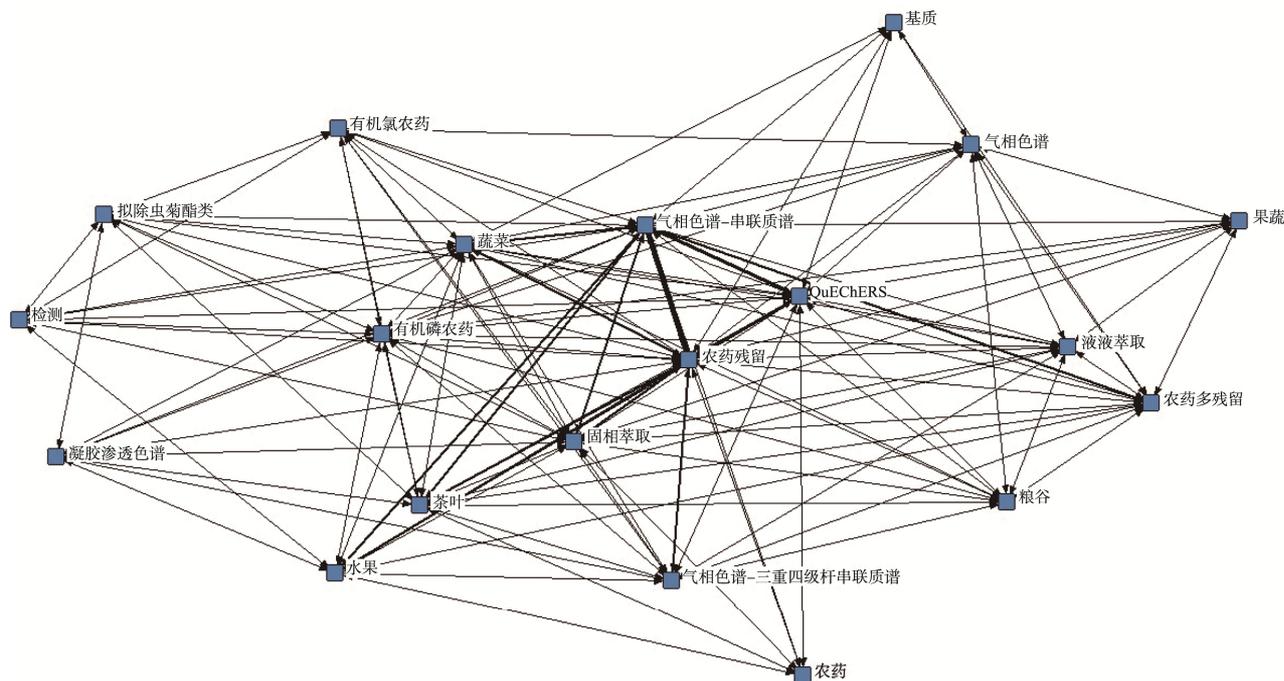


图 2 国内高频关键词共现网络图

Fig.2 Co-occurrence network diagram of domestic high-frequency keywords

从期刊分布来看,国内期刊发文量高的作者与在国外期刊发表量高的作者间并无明显交叉,另一方面也说明国内该领域的学者更加倾向于将文章发表在国外期刊。

从研究机构来看,国际上发文量排在前三的是 University of Almería、Institute of Plant Protection-National Research Institute、US Department of Agriculture、Agricultural Research Service;国内发文量排在前三的是中国检验检疫科学研究院、中国热带农业科学院、四川省农业科学院,大多为检测机构。国内外机构的合作网络分布较散,各个合作关系网中机构数量较少,应加强合作交流。

从关键词分析上看,国际上排名前3的关键词为“GC-MS/MS”“Pesticide residues”“QuEChERS”;国内排名前3的关键词为“农药残留”“气相色谱-串联质谱”“QuEChERS”。说明对于多农药残留的检测,采用的前处理方法主要为 QuEChERS。其中,茶叶作为国内外植物源性食品的关键词里出现的频率最高的关键词,说明植物源性食品中茶叶中多农药残留超标的概率相比其他的植物源性食品更大,茶叶中农药残留的检测被作为食品中农药残留检测的重点。

综上所述,本次研究显露出3个比较值得我们注意的点:首先,在研究领域方面,近10年来,采用 GC-MS/MS 法测定多农药残留相关文献的发文量出现波动,与一些新的研究领域出现有关,科研人员应该平衡好相关工作,但同时也反映出一些研究人员在研究新兴领域的同时会忽视尚未完成的领域;在研究人员分布上,在校学生在这方面

的研究比较少,大家对相关设备的使用并不熟悉,且大部分高校研究条件受制约,实验无法进行。主要研究人员集中在一些受技术、资金支持的机构当中,他们研究的程度较高,可以起到一定的先驱典范作用;最后,国家和地区对相关研究的重视程度也很重要,科研投入也是研究能否取得突破性进展的一个重要因素。不过,从总体趋势来看,国家和地区对相关研究的重视度越来越高,我们之前的研究已经总结出一些独有的经验和方法,我国采用 GC-MS/MS 法对多农药残留检测的前途是乐观的,且有很大的进步空间。

参考文献

- [1] VIRGÍNIA CF, MARIA F, JOÃO GP, *et al.* Magnetic dispersive micro solid-phase extraction and gas chromatography determination of organophosphorus pesticides in strawberries [J]. *J Chromatogr A*, 2018, 1566: 1–12.
- [2] 翟硕莉, 张秀丰. 固相萃取-气相色谱法检测草莓中农药残留量[J]. *现代食品科技*, 2013, 29(6): 1434–1436.
ZHAI SL, ZHANG XF. Determination of pesticide residues in strawberry by solid phase extraction gas chromatography [J]. *Mod Food Sci Technol*, 2013, 29(6): 1434–1436.
- [3] SOHEILA S, HASSAN S, YAGHOUB A. Ultra-preconcentration and determination of thirteen organophosphorus pesticides in water samples using solid-phase extraction followed by dispersive liquid-liquid microextraction and gas chromatography with flame photometric detection [J]. *J Chromatogr A*, 2011, 1219: 61–65.
- [4] MARTA G, TOMASZ K, ALICJA N, *et al.* Determination of

- neonicotinoids and 199 other pesticide residues in honey by liquid and gas chromatography coupled with tandem mass spectrometry [J]. *Food Chem*, 2019, 282: 36–47.
- [5] MAJA P, GORANA P, DRAGANA MP, *et al.* Novel multiresidue method for determination of pesticides in red wine using gas chromatography–mass spectrometry and solid phase extraction [J]. *Food Chem*, 2016, 200: 98–106.
- [6] YUANBO L, REBECCA AK, TROY DA, *et al.* Development and comparison of two multi-residue methods for the analysis of select pesticides in honey bees, pollen, and wax by gas chromatography–quadrupole mass spectrometry [J]. *Talanta*, 2015, 140: 81–87.
- [7] AGNEŠA P, GERARDO MD, FRANCISCO JA, *et al.* Multifamily determination of pesticide residues in soya-based nutraceutical products by GC/MS-MS [J]. *Food Chem*, 2015, 173: 796–807.
- [8] VARELA MDA, GONZÁLEZ CMÁ, GONZÁLEZ SJ, *et al.* Analysis of multiclass pesticides in dried fruits using QuEChERS-gas chromatography tandem mass spectrometry [J]. *Food Chem*, 2019, 297: 124961.
- [9] AHAMMED STP, RUSHALI G, SAGAR U, *et al.* Optimization of multi-residue method for targeted screening and quantitation of 243 pesticide residues in cardamom (*Elettaria cardamomum*) by gas chromatography tandem mass spectrometry (GC-MS/MS) analysis [J]. *Chemosphere*, 2018, 193: 447–453.
- [10] 吴岩. GC-MS/MS 技术分析浆果类食品中农药多残留的研究[D]. 哈尔滨: 黑龙江大学, 2012.
- WU Y. Analysis of pesticide residues in berry foods by GC-MS/MS [D]. Harbin: Heilongjiang University, 2012.
- [11] KAEWSUYA P, BREWER WE, WONG J, *et al.* Automated QuEChERS tips for analysis of pesticide residues in fruits and vegetables by GC-MS [J]. *J Agric Food Chem*, 2013, 61(10): 2299–2314.
- [12] 梁晓辉. 基于 QuEChERS 方法结合 UPLC-MS/MS 及 GC-MS/MS 检测果蔬中农药多残留[D]. 泰安: 山东农业大学, 2018.
- LIANG XH. Determination of pesticide residues in fruits and vegetables based on QuEChERS method combined with UPLC-MS/MS and GC-MS/MS [D]. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2018.
- [13] 周春红, 赵光铃. 食品农药残留检测中气相色谱-串联质谱的应用综述 [J]. *现代食品*, 2017, (19): 15–17.
- ZHOU CH, ZHAO GL. Application review of gas chromatography tandem mass spectrometry in the detection of pesticide residues in food [J]. *Mod Food*, 2017, (19): 15–17.
- [14] 王朝云, 许文婷, 王传芬. 农药残留快速检测技术研究进展[J]. *农业与技术*, 2017, 37(6): 56, 58.
- WANG CY, XU WT, WANG CF. Research progress of rapid detection technology of pesticide residues [J]. *Agric Technol*, 2017, 37(6): 56, 58.
- [15] 赵升鹏. 我国食品中农残检测技术现状的分析与思考[J]. *南方农业*, 2015, 9(21): 192, 194.
- ZHAO SP. Analysis and Thinking on the current situation of detection technology of pesticide residues in food in China [J]. *Southern Agric*, 2015, 9(21): 192, 194.
- [16] 袁艺. 茶叶中农药残留检测技术及研究现状[J]. *贵州农机化*, 2018, (3): 11–14.
- YUAN Y. Detection technology and research status of pesticide residues in tea [J]. *Guizhou Agric Mechan*, 2018, (3): 11–14.

(责任编辑: 于梦娇)

作者简介

杨 敏, 主要研究方向为食品卫生与营养。

E-mail: yating3788@sina.com

张亚婷, 讲师, 主要研究方向为食品安全检测及食品功能性成分稳定化研究。

E-mail: yolanda3788@163.com