不同基质效应对蔬菜中有机磷农药残留 检测的影响

范 君, 刘腾飞*, 杨代凤, 毛 健

(江苏太湖地区农业科学研究所,苏州 215155)

摘 要:目的 探讨不同蔬菜基质对有机磷农药测定的影响以及不同有机磷农药在不同质量浓度水平下产生的基质效应。**方法** 以茄子、豇豆、番茄、黄瓜 4 种蔬菜为试样,采用气相色谱-火焰光度检测器检测并对峰面积响应值进行比较,分析 4 种蔬菜基质对 8 种有机磷农药在 0.05、0.1、1.0 mg/L 3 个质量浓度水平下产生的基质效应。结果 4 种蔬菜对 8 种有机磷农药的测定均存在不同程度的基质增强或基质减弱效应,其基质效应为 0.755~2.442。基质效应的强弱与有机磷农药及蔬菜的种类有关,与有机磷农药的浓度没有明显的关联性。结论 在蔬菜有机磷农药残留检测中,建议采用基质配制的标准品进行定量检测,从而保证检测结果的准确性。

关键词: 气相色谱法; 有机磷农药; 基质效应; 火焰光度检测器

Influence of different matrix effects on determination of organophosphorus pesticide residues in vegetables

FAN Jun, LIU Teng-Fei^{*}, YANG Dai-Feng, MAO Jian

(Jiangsu Taihu Area Institute of Agricultural Sciences, Suzhou 215155, China)

ABSTRACT: Objective To explore the effects of different vegetable matrices on the determination of organophosphorus pesticides and the matrix effects of different organophosphorus pesticides at different concentration levels. **Methods** The pesticides in 4 kinds of vegetables including eggplant, cowpea, tomato and cucumber were detected by gas chromatography-flame photometric detector (GC-FPD) and the response values of peak area were compared. The matrix effects produced by the 4 kinds of vegetable matrices on the determination of 8 kinds of organophosphorus pesticides at concentrations of 0.05, 0.1, 1.0 mg/L were analyzed. **Results** Matrix effects of enhancement or inhibition to different contents were produced by the 4 vegetable samples. The matrix effects were 0.755~2.442. Magnitude of the matrix effect was found to be related to the kinds of organophosphorus pesticides and the kinds of vegetable samples, but not to the concentrations of the pesticides. **Conclusion** It is recommendable to apply the matrix-matched external standard method on the determination of organophosphorus pesticides in real samples, so as to ensure the accuracy of the detection results.

基金项目:苏州市应用基础研究项目(SNG201622)、苏州市科技支撑项目(SNG201644)、江苏省食品质量安全重点实验室一省部共建国家重 点实验室培育基地开放课题(201603)

Fund: Supported by the Applied Basic Research Program of Suzhou (SNG201622), the Key Technology Research and Development Program of Suzhou (SNG201644) and the Open Foundation of Key Lab of Food Quality and Safety of Jiangsu Province-state Breeding Base (201603) ***通讯作者:** 刘腾飞, 助理研究员, 主要从事农产品与食品质量安全分析研究。E-mail: bbliutengfei@163.com

^{*}Corresponding author: LIU Teng-Fei, Associate Researcher, Jiangsu Taihu Area Institute of Agricultural Sciences, Suzhou 215155, China. E-mail: bbliutengfei@163.com

KEY WORDS: gas chromatography; organophosphorus pesticide; matrix effects; flame photometric detector

1 引 言

有机磷农药是我国范围内使用广泛、用量较大的一类 农药,具有广谱、高效、速效、残留期短的特点^[1]。由于 部分生产者不按规定剂量或安全间隔期施药,造成农产品 中有机磷农药残留或超标问题时有发生[2-6]。气相色谱-火 焰光度检测器 (gas chromatography-flame photometric detector, GC-FPD)对含硫、磷的化合物具有较高的选择性 和灵敏度, 被广泛应用于有机磷农药的检测^[7-11]。但在实际 样品分析中, 基质常常会干扰有机磷农药残留的测定, 并 影响分析结果的准确性,这种干扰和影响被称为基质效应 [12]。根据基质对检测信号响应值的不同影响,基质效应可 分为基质增强效应和基质减弱效应。基质效应随有机磷农 药的结构、性质和浓度以及样品基质的类型和含量而发生 变化,并受到色谱检测器、进样口类型及操作条件等仪器 参数影响^[13]。解决基质效应的方法主要有基质净化法、进 样技术优化法、分析保护剂法、基质匹配校准法等[14],其 中最常用的方法是基质匹配校准法,该方法将校准标样制 备于空白样品基质中, 使标样的基质环境与在样品中的相 同,可以同等程度地补偿标准溶液及样品溶液中农药的响 应^[15],是美国、欧盟等长期使用和推荐的补偿基质效应的 方法。

为了解不同蔬菜基质对有机磷农药测定结果准确性 的影响及不同有机磷农药在不同质量浓度水平下产生的基 质效应,本文以茄子、豇豆、番茄、黄瓜4种蔬菜基质为 试样,在0.05、0.1、1.0 mg/L3个质量浓度水平下,研究不 同蔬菜基质对敌敌畏、甲胺磷、甲拌磷、乐果、毒死蜱、 马拉硫磷、对硫磷、三唑磷8种有机磷农药测定的影响,以 期为提高有机磷农药残留检测的准确性提供参考。

2 材料与方法

2.1 仪器与设备

7890A 型气相色谱仪(配 FPD 检测器, 美国 Agilent 公司); K600 型粉碎机(德国博朗公司); VM-10 型涡旋振荡器

(韩国 Daihan Scientific 公司); YLE-3000 型电热恒温水浴锅 (上海跃进医疗器械公司); Direct-Q 5 UV 超纯水机(美国 Millipore 公司)。

2.2 材料与试剂

乙腈、氯化钠(分析纯,上海国药集团公司);丙酮(色 谱纯,上海国药集团公司);农药标准品:敌敌畏、甲胺磷、 甲拌磷、乐果、毒死蜱、马拉硫磷、对硫磷、三唑磷(质量 浓度均为100 mg/L,农业部环境保护科研监测所)。

供试蔬菜: 茄子、豇豆、番茄和黄瓜, 购自苏州市望 亭镇农贸市场与姑苏莲花超市, 营养成分含量见表 1。

2.3 实验方法

2.3.1 标准溶液的配制

分别移取 100 mg/L 的敌敌畏、甲胺磷、甲拌磷、乐 果、毒死蜱、马拉硫磷、对硫磷、三唑磷标准品 1 mL 置 于 10 mL 的容量瓶中,用丙酮为溶剂定容,配制成 10 mg/L 的混合标准储备液,实验时分别用 4 种干净的不含待测农 药的蔬菜基质和纯溶剂丙酮逐级稀释,配制成 0.1、0.5、 1.0 mg/L 的混合标准工作液,于 4 ℃保存,备用。

2.3.2 基质的制取方法

参照 NY/T 761-2008 方法^[17],向 25.0 g 粉碎的蔬菜样 品加入 50.0 mL 乙腈,混匀,置于匀浆机中以 10000 r/min 匀浆 2 min,过滤,向滤液中加入 5~7 g 的氯化钠,充分摇 匀后在室温下静置 30 min。吸取 10 mL 上层有机溶液于烧 杯中,在 80 ℃水浴下蒸发至近干,用丙酮分 3 次冲洗烧杯, 并转移至刻度试管中,丙酮定容至 5 mL,经 0.2 µm 滤膜过 滤后上机测定。

2.3.3 气相色谱条件

色谱柱: DB-1701 毛细管柱(30 m×0.32 mm, 0.25 μm); FPD 温度: 245 ℃; 进样口温度: 220 ℃; 升温程序: 初始温 度 90 ℃, 保持 1 min, 以 20 ℃/min 的速率升温至 200 ℃, 保持 9 min, 以 30 ℃/min 的速率升温至 245 ℃, 保持 8 min; 载气: 高纯氮气, 流速 3 mL/min; 氢气流速为 75 mL/min; 空气流速为 100 mL/min; 进样量 1.0 μL, 不分流进样。

Table 1 Nutritional content of 4 kinds of matrices					
分类	基质种类	含水量(g/100 g)	含糖量(g/100 g)	含油脂量(g/100 g)	含蛋白质量(g/100 g)
茄果类	茄子	92.30	3.53	0.18	0.98
	番茄	94.52	2.63	0.20	0.88
瓜 类	黄瓜	95.23	1.67	0.11	0.65
豆 类	豇豆	89.78	4.82	0.25	4.10

表1 4 种基质营养成分含量^[16]

2.4 实验设计

使用不含待测农药的供试蔬菜基质做溶剂逐级稀释 混合标准储备液,作为基质标样;用丙酮做溶剂逐级稀释 混合标准储备液,作为溶剂标样。基质标样和溶剂标样的 浓度相同,分别配制成 0.1、0.5、1.0 mg/L 3 个质量浓度水 平。利用试验所述气相色谱条件对每个浓度水平的基质标 样和溶剂标样进行测定,分别记录 8 种待测农药的峰面积, 计算 4 种供试蔬菜样品的基质效应。

基质效应的计算公式:基质效应=基质标样的峰面积/ 溶剂标样的峰面积。

基质效应评价^[18]: 当基质效应为 0.9~1.1 时, 基质效 应不明显; 当基质效应大于 1.1 时, 为基质增强效应; 当基 质效应小于 0.9 时, 为基质减弱效应。

2.5 数据处理与分析

采用 Microsoft Excel 2007 软件对数据进行处理,用 SPSS 20.0 统计分析软件进行差异显著性检验。

3 结果与分析

3.1 茄子中 8 种有机磷农药基质效应

茄子中 8 种有机磷农药的基质效应见图 1。结果表 明,在 0.1、0.5、1.0 mg/L 3 个质量浓度水平下,甲胺磷、 乐果在茄子中的基质效应范围是 1.190~1.674,呈现出 基质增强效应。其中甲胺磷在茄子中的基质效应最强, 介于 1.621~1.674 之间,但在 3 个质量浓度水平间的差 异不显著。在 0.1 mg/L 的质量浓度水平下,敌敌畏在茄 子中的基质效应是 1.141,呈基质增强效应,而在 0.5、1 mg/L 2 个质量浓度水平下,基质效应分别是 1.023 和 1.056(P≥0.05),基质效应不明显。在 3 个质量浓度水平 下,马拉硫磷在茄子中的基质效应范围是 0.946~0.959, 基质效应均不明显,而甲拌磷、毒死蜱、对硫磷和三唑 磷在茄子基质中的基质效应范围是 0.755~0.9,呈现出 基质减弱效应。

3.2 豇豆中 8 种有机磷农药基质效应

豇豆中 8 种有机磷农药的基质效应见图 2。结果显示, 在 0.1、0.5、1.0 mg/L 3 个质量浓度水平下, 敌敌畏、甲胺 磷、乐果、毒死蜱、马拉硫磷、对硫磷及三唑磷在豇豆中 的基质效应范围是 1.108~2.442, 呈现出基质增强效应。 其中,甲胺磷在豇豆中的基质效应最强,基质效应范围为 2.148~2.442。在 0.5 mg/L 质量浓度水平下,甲拌磷在豇豆 中的基质效应是 1.091,基质效应不明显,但在 0.1 和 1 mg/L 质量浓度水平下,基质效应分别是 1.136 和 1.315,表 现出基质增强效应,且在 3 个质量浓度水平下,甲拌磷的 基质效应存在显著性差异。



注:图中不同小写字母表示不同浓度的同一种农药差异显著, P<0.05。



注:图中不同小写字母表示不同浓度的同一种农药差异显著, P<0.05。

图 2 豇豆基质对 8 种有机磷农药的基质效应(n=3) Fig. 2 Effects of cowpea matrix on eight kinds of organophosphorus pesticides (n=3)

3.3 番茄中 8 种有机磷农药基质效应

番茄中 8 种有机磷农药的基质效应见图 3。结果显示, 在 0.1、0.5、1.0 mg/L 3 个质量浓度水平下, 敌敌畏、甲胺 磷、甲拌磷、乐果、毒死蜱、马拉硫磷及对硫磷在番茄中 的基质效应范围是 1.139 ~ 2.423, 呈现出基质增强效应, 其中, 甲胺磷在番茄中的基质效应最强, 基质效应范围为 2.074 ~ 2.423, 且在 3 个质量浓度水平之间存在显著性差 异。在 0.1 和 0.5 mg/L 质量浓度水平下, 三唑磷的基质效 应分别是 1.241 和 1.117(P<0.05), 呈现出基质增强效应, 而在 1 mg/L 的质量浓度水平下, 基质效应为 1.093, 基质 效应不明显。





图 3 番茄基质对 8 种有机磷农药的基质效应(n=3)

Fig. 3 Effects of tomatoes matrix on eight kinds of organophosphorus pesticides (*n*=3)

3.4 黄瓜中 8 种有机磷农药的基质效应

黄瓜基质中 8 种有机磷农药的基质效应见图 4。结果 显示,在 0.1、0.5、1.0 mg/L 3 个质量浓度水平下, 8 种有机 磷农药在黄瓜中的基质效应在 1.101~2.316 之间,均呈现 出基质增强效应。其中甲胺磷在黄瓜中的基质效应最强, 基质效应范围为 1.990~2.316。除了乐果外,不同有机磷农 药的基质效应在不同质量浓度水平间的差异显著性不同, 其中甲拌磷、毒死蜱和对硫磷 3 种农药在 3 个质量浓度水 平之间均存在显著性差异。



注:图中不同小写字母表示不同浓度的同一种农药差异显著, P<0.05。

图 4 黄瓜基质对 8 种有机磷农药的基质效应(n=3)

Fig. 4 Effects of cucumbers matrix on eight kinds of organophosphorus pesticides (*n*=3)

3.5 4种蔬菜中8种有机磷农药的基质效应比较分析

用 GC-FPD 测定茄子、豇豆、番茄、黄瓜 4 种蔬菜中 8 种有机磷农药残留时, 基质效应普遍存在。在茄子基质 中,8种有机磷农药表现出不同的基质效应,一部分农药表 现出基质增强效应,如甲胺磷和乐果,一部分农药则表现 出基质减弱效应,如甲拌磷、毒死蜱、对硫磷和三唑磷,而 马拉硫磷的基质效应不明显。在豇豆基质中,大多数有机 磷农药表现出基质增强效应,如敌敌畏、甲胺磷、乐果、 毒死蜱、马拉硫磷、对硫磷及三唑磷,个别农药在一定质 量浓度条件下基质效应不明显,例如在 0.5 mg/L 质量浓度 水平下,甲拌磷基质效应不明显。通过分析甲拌磷在豇豆 中的基质效应可以看出,有机磷农药的基质效应强度并不 随着其质量浓度的增加而呈现递增或者递减,与其质量浓 度不呈现简单的线性关系, 这与陈韵贤等的研究结果相同 [19]。在番茄基质中,8种有机磷农药同样表现出不同的基质 效应。与豇豆基质相似,大多数有机磷农药在番茄基质中 表现出基质增强效应,如敌敌畏、甲胺磷、甲拌磷、乐果、 毒死蜱、马拉硫磷及对硫磷,而个别农药(例如三唑磷)在一 定质量浓度(1.0 mg/L)条件下基质效应不明显。在黄瓜基质 中.8种有机磷农药均表现出基质增强效应,其中甲胺磷的 基质效应最强。

另外通过分析图中的数据可以看出,在 8 种有机磷农 药中,甲胺磷在所选的 4 种蔬菜基质中均呈现出最强的基 质效应,这可能与甲胺磷具有-P=O 基团而其余有机磷农 药具有-P=S 基团有关,通常具有-P=O 基团的有机磷农药 更容易受到基质效应的影响^[20]。分析三唑磷的基质效应可 以看出,在 1.0 mg/L 质量浓度水平下,在茄子、豇豆、番 茄 3 种蔬菜中,其基质效应分别为 0.899、1.291、1.093,分 别表现出基质减弱效应、基质增强效应及基质效应不明显 3 种情况,说明在相同质量浓度水平下,同一有机磷农药 在不同蔬菜基质中的基质效应强弱不同。

4 结论与讨论

本文通过 GC-FPD 检测,比较了 4 种不同蔬菜基质对 8 种有机磷农药在不同质量浓度水平下产生基质效应的影 响。研究表明,在 0.1、0.5、1.0 mg/L 3 个质量浓度水平下, 8 种有机磷农药在茄子、豇豆、番茄、黄瓜 4 种基质中存 在不同程度的基质效应,在不同质量浓度水平下产生的基 质效应也不尽相同,多数有机磷农药在这 4 种基质中呈现 出基质增强效应,少数则呈现出基质减弱效应,极个别基 质效应不明显,其基质效应在 0.755~2.442 之间,基质效 应的强弱与有机磷农药的浓度没有明显的关联性,而与有 机磷农药及蔬菜的种类密切相关。在相同质量浓度水平下, 同一有机磷农药在不同蔬菜基质中的基质效应强弱不同, 在同一蔬菜基质中,不同有机磷农药间的基质效应的强弱 也不同。 通过比较所得实验数据,发现 8 种有机磷农药在豇豆 基质中的基质效应较在番茄、黄瓜、茄子 3 种基质中稍强。 根据美国农业部门发布的食品营养成分含量数据(表 1), 在这 4 种蔬菜基质中,豇豆中的含水量最低,对基质共萃 物浓度的稀释效应最小,同时豇豆中的糖、油脂和蛋白质 含量均最高,而此类化合物全部属于不易挥发性物质,容 易在仪器进样口活性点位富集,使得活性点被占据,减少 农药的吸附量,从而引起较强的基质效应。这与文献^[21]中 报道的基质成分与基质效应的关系结论相符,即基质中的 糖类、油脂、蛋白质含量越高,其基质效应越强,但在黄 瓜、茄子、番茄 3 种基质中,却没有得出相似的结论,原 因有待于今后进一步的探讨。建议在今后的蔬菜有机磷农 药残留检测工作中,采用基质配制的标准品进行定量检测, 这样能够大大减少基质带来的干扰,从而保证检测结果的 准确性。

参考文献

- 王芳,李道敏,李兆周,等. 食品中有机磷农药残留检测方法的研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(9): 3587–3593.
 Wang F, Li DM, Li ZZ, *et al.* Research advances on detection methods for organophosphorus pesticides residue in food [J]. J Food Saf Qual, 2015, 6(9): 3587–3593.
- [2] 任晓姣,白亚迪,王党党,等.西安市蔬菜水果有机磷农药残留规律研究[J]. 安徽农业科学,2017,45(1):91–93.
 Ren XJ, Bai YD, Wang DD, *et al.* Study on organic phosphorus pesticide residues in vegetables and Fruits in Xi'an [J]. J Anhui Agric Sci, 2017,
- 45(1): 91-93.
 [3] 于锐,刘景双,王其存,等. 长春市郊区蔬菜有机磷农药残留与健康风 险评价[J]. 环境科学, 2015, 36(9): 3486-3492.
 Yu R, Liu JS, Wang QC, *et al.* Contamination of organophosphorus pesticides residue in fresh vegetables and related health risk assessment in Changchun, China [J]. Environ Sci, 2015, 36(9): 3486-3492.
- [4] 姚勇, 刘全科. 2015 年湖北省蔬菜有机磷农药残留分析[J]. 湖北农业科学, 2016, 55(20): 5352–5354.
 Yao Y, Liu QK, Analysis of organophosphorus pesticide pesiduese in vegetables of Hubei province in 2015 [J]. Hubei Agric Sci, 2016, 55(20): 5352–5354.
- [5] Yu R, Liu Q, Liu JS, *et al.* Concentrations of organophosphorus pesticides in fresh vegetables and related human health risk assessment in Changchun, Northeast China [J]. Food Control, 2016, (60): 353–360.
- [6] Wang SM, Wang ZL, Zhang YB, et al. Pesticide residues in market foods in Shaanxi Province of China in 2010 [J]. Food Chem, 2013, 138(2–3): 2016–2025.
- [7] 汤婕,汤锋,岳永德,等. 气相色谱法(GC-FPD)快速测定蔬菜、水果中 18 种有机磷农药残留[J]. 安徽农业大学学报, 2013, 40(6): 1054–1058. Tang J, Tang F, Yue RD, *et al.* Rapid detection of 18 organphosphorus pesticide multiresidue in vegetables and fruits with GC-FPD [J]. J Anhui Agric Univ, 2013, 40(6): 1054–1058.
- [8] 张丽,刘腾飞,杨代凤,等.分散固相萃取-气相色谱测定土壤中有机 磷农药[J].环境科学与技术,2015,38(10):134-139.

Zhang L, Liu TF, Yang DF, *et al.* Determination of organophosphorus pesticides in soil by gas chromatography with dispersive solid phase extraction [J]. Environ Sci Technol, 2015, 38(10): 134–139.

- [9] 刘腾飞,董明辉,张丽,等. 茶鲜叶中有机磷农药残留分析[J]. 食品科 学技术学报, 2016, 34(4): 66–72.
 Liu TF, Dong MH, Zhang L, *et al.* Determination of organophosphorus pesticide residues in fresh tea leaves [J]. J Food Sci Technol, 2016, 34(4): 66–72
- [10] Zhao WJ, Sun XK, Deng XN, *et al.* Cloud point extraction coupled with ultrasonic-assisted back-extraction for the determination of organophosphorus pesticides in concentrated fruit juice by gas chromatography with flame photometric detection [J]. Food Chem, 2011, 127(2): 683–688.
- [11] Yang YH, Kong WJ, Zhao LH, et al. A multiresidue method for simultaneous determination of 44 organophosphorous pesticides in Pogostemon cablin and related products using modified QuEChERS sample preparation procedure and GC-FPD [J]. J Chromatogr B, 2015, (974): 118–125.
- [12] 黄宝勇,欧阳喜辉,潘灿平. 色谱法测定农产品中农药残留时的基质效应[J]. 农药学学报, 2005, 7(4): 299–305.
 Hang BY, Ouyang XH, Pan CP. Matrix effects in the analysis of pesticide residue in Agro-products by chromatographic methods [J]. Chin J Pestic Sci, 2005, 7(4): 299–305.
- [13] 杨旭,汤佳峰,巢文军. 基质效应对有机磷农药测定的影响及其解决 方法[J]. 分析测试学报, 2009, 28(12): 1368–1372.
 Yang X, Tang JF, Chao WJ. Solutions to Matrix-induced response enhancement effects in organophosphorus pesticides analysis by gas chromatography [J]. J Instrum Anal, 2009, 28(12): 1368–1372.
- [14] 张妮, 王敏. 气相色谱法检测农药残留过程中基质效应的研究[J]. 安 徽农业科学, 2014, 42(21): 7073-7075.
 Zhang N, Wang M. Matrix effect research on detection of pesticide residues by GC [J]. J Anhui Agric Sci, 2014, 42(21): 7073-7075.
- [15] 徐炎炎,李森,张芹,等. 气质联用和液质联用中基质效应的分析和总结[J]. 农药, 2017, 56(3): 162–167.
 Xu YY, Li S, Zhang Q, *et al.* Analysis and summary of matrix effects in GC-MS and LC-MS [J]. Agrochemicals, 2017, 56(3): 162–167.
- [16] United States Department of Agriculture (USDA). Food and nutrition information center [EB/OL]. 2011, http://www.nal.usda.gov/fnic/ foodcomp/search/index.html.
- [17] NY/T 761-2008 蔬菜和水果中有机磷、有机氯、拟除虫菊酯和氨基甲酸酯类农药多残留的测定[S]. NY/T 761-2008 Pesticide multiresidue screen methods for determination of organophosphorus pesticides, organochlorine pesticides, pyrethroid pesticides and carbamate pesticides in vegetables and fruits [S].
- [18] 刘腾飞,张丽,钱辉,等. QuEChERS-GC/µECD 法测定土壤中毒死蜱 与氯氰菊酯残留[J]. 江苏农业学报, 2014, 30(6): 1495–1500.
 Liu TF, Zhang L, Qian H, *et al.* Simultaneous determination of chlorpyrifos and cypermethrin residues in soil by QuEChERS-GC/µECD
 [J]. Jiangsu J Agric Sci, 2014, 30(6): 1495–1500.
- [19] 陈韵贤, 吴春梅, 梁志刚, 等. 30 种有机磷农药残留在 5 种蔬菜中的基 质效应比较[J]. 现代农业科技, 2015(13): 146–148.
 Chen YX, Wu CM, Liang ZG, *et al.* Matrix effect comparison of residues

of 30 kinds of organic-phosphorous pesticides on five kinds of vegetables [J]. Mod Agric Sci Technol, 2015(13): 146–148.

- [20] 黄宝勇,肖志勇,陈丹,等.农药残留检测方法中关于基质效应补偿的相关问题探讨[J].农药科学与管理,2010,31(3):39-43.
 Huang BY, Xiao ZY, Chen D, *et al.* Discussion on compensation of matrix effects in pesticide residue analysis [J]. Pestic Sci Admin, 2010, 31(3): 39-43.
- [21] Godula M, Hajšlová J, Alterová K. Pulsed splitless injection and the extent of matrix effects in the analysis of pesticides [J]. J Sep Sci, 2015, 22(7): 395–402.

(责任编辑: 姜 姗)

作者简介



范 君,硕士,实习研究员,主要从 事农产品质量安全检测研究。 E-mail: fjfanjun@126.com

刘腾飞,硕士,助理研究员,主要从 事农产品与食品质量安全分析研究。 E-mail: bbliutengfei@163.com