

气相色谱-三重四极杆质谱法测定粮谷中咪鲜胺及其代谢物残留量

庄件兵*, 徐 慧, 王玉婷, 李 青, 高 宏

(江苏省理化测试中心, 南京 210000)

摘要: **目的** 建立粮谷中咪鲜胺及其代谢产物 2,4,6-三氯苯酚残留测定的气相色谱-三重四极杆质谱(gas chromatography-triple quadrupole mass spectrometry, GC-MS/MS)的分析方法。**方法** 试样加水涡旋混匀经 1% 乙酸乙腈提取, 通过 N-丙基乙二胺(primary secondary amine, PSA)、C₁₈ 吸附剂、及增强型脂质去除产品(enhanced mode removal-lipid, EMR-lipid)净化提取液, 以气相色谱-三重四极杆质谱多重反应离子监测模式(multiple reaction monitoring, MRM)检测, 外标法定量。**结果** 2,4,6-三氯苯酚在 0.25~10.0 μg/L、咪鲜胺在 2.5 ~ 100.0 μg/L 范围下均具有良好的线性关系, 相关系数(r^2)均大于 0.999, 2,4,6-三氯苯酚在 0.5、1.0、2.0、5.0 μg/kg 的添加水平下回收率在 80.2% ~ 118.6%内, 相对标准偏差在 1.8% ~ 8.8%内, 定量限为 0.5 μg/kg; 咪鲜胺在 5.0、10.0、20.0、50.0 μg/kg 的添加水平下回收率在 80.6% ~ 115.5%内, 相对标准偏差在 1.8% ~ 5.9%内; 定量限为 5.0 μg/kg。**结论** 该方法操作高效快捷、检测灵敏度高, 抗基质效应强, 适用于快速处理高通量粮谷中咪鲜胺及其代谢产物的残留量检测。

关键词: 气相色谱-三重四极杆质谱法; 多重反应离子监测模式; 粮谷; 咪鲜胺及其代谢产物; 残留

Determination of prochloraz and metabolites residue in grains by gas chromatography-triple quadrupole mass spectrometry

ZHUANG Jian-Bing*, XU Hui, WANG Yu-Ting, LI Qing, GAO Hong

(Physics and Chemistry Testing Center of Jiangsu Province, Nanjing 210000, China)

ABSTRACT: Objective To establish an analytical method for the determination of prochloraz and its metabolites 2,4, 6-trichlorophenol residues in grain by gas chromatography-triple quadrupole mass spectrometry (GC-MS/MS). **Methods** The sample was mixed with water vortex and extracted by ethyl acetate, the extract was purified by primary secondary amine (PSA), C₁₈ adsorbent and enhanced mode removal lipid (EMR lipid), determined by multiple reaction ion monitoring mode (MRM) of GC-MS/MS, and quantified by external standard method. **Results** The 2,4,6-trichlorophenol has a good linear relationship in the range of 0.25–10.0 μg/L and prochloraz in the range of 2.5–100.0 μg/L, and the correlation coefficients (r^2) were all higher than 0.999. The spiked recoveries of 2,4,6-trichlorophenol at 0.5, 1.0, 2.0 and 5.0 μg/kg were within 80.2%–118.6%, and the relative standard deviation (RSD) was within 1.8%–8.8%, with the quantitative limit of 0.5 μg/kg. The spiked recoveries of prochloraz at 5.0,

基金项目: 江苏省大型科学仪器设备共享服务平台基金项目(BZ201901)

Fund: Supported by the Large-scale Scientific Instrument and Equipment Sharing Service Platform of Jiangsu (BZ201901)

*通信作者: 庄件兵, 工程师, 主要研究方向为食品、药品、化妆品、化工等相关项目的检测研究工作。E-mail: zhuangjianb@126.com

*Corresponding author: ZHUANG Jian-Bing, Engineer, Physics and Chemistry Testing Center of Jiangsu Province, No. 9 Weidi Road, Qixia District, Nanjing, Jiangsu Province 210000, China. E-mail: zhuangjianb@126.com

10.0, 20.0, and 50.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$ were within 80.6%–115.5%, and the RSD was within 1.8%–5.9%, with the quantitative limit of 5.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$. **Conclusions** This method is efficient and fast in operation, high in detection sensitivity, and strong in anti-matrix effect, and is suitable for the rapid determination of prochloraz and its metabolite residue detection in large quantities of grains.

KEY WORDS: gas chromatography-triple quadrupole mass spectrometry; multiple reaction ion monitoring mode; grains; prochloraz and its metabolites; residue

0 引言

咪鲜胺是一种广谱杀菌剂, 可用于防治禾谷类作物茎、叶、穗上的许多病害, 如水稻稻瘟病及白粉病、叶斑病等。咪鲜胺在环境中会先降解成 N-丙基-N-[2-(2,4,6-三氯苯氧基)乙基]脲和 N-醛基-N-[2-(2,4,6-三氯苯氧基)乙基]脲, 最后降解成 2,4,6-三氯苯酚^[1], 降解过程见图 1。咪鲜胺属于低毒性杀菌剂, 但其最终代谢产物可能会对环境以及人类产生长期不良影响, 因此在检测咪鲜胺的同时检测 2,4,6-三氯苯酚是非常有必要的。

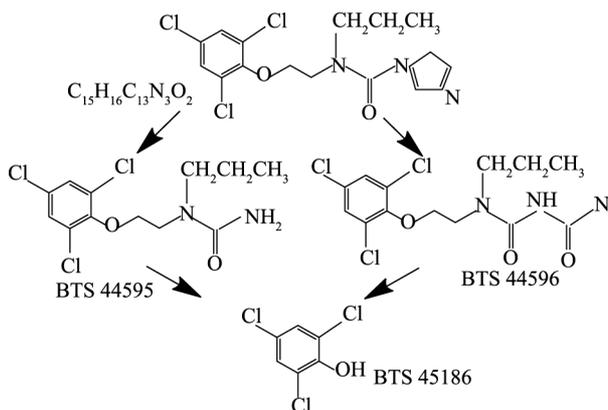


图 1 咪鲜胺降解过程
Fig.1 Degradation process of prochloraz

目前主要是通过气相色谱电子捕获检测器法(gas chromatography-electron capture detection method, GC-ECD)^[2-6]、高效液相色谱法(high performance liquid chromatography, HPLC)^[7-10]、气相色谱-质谱法(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)^[11-14]、气相色谱-串联质谱法(gas chromatography-tandem mass spectrometry, GC-MS/MS)^[15]、液相色谱-串联质谱法(liquid chromatography-tandem mass spectrometry, LC-MS/MS)^[16-18]来检测咪鲜胺及其代谢物的残留。GC-ECD 由于前处理极其复杂烦琐、无法定性、实验过程中还需要使用到对眼睛、呼吸系统和皮肤都有刺激性的吡啶盐酸盐, 整个实验过程时间较长, 不利于实验室对于高通量样品的快速处理, 且该方法并不适用于粮谷基质。LC-MS/MS 只是检测了咪鲜胺的含量并未对其代谢

物 2,4,6-三氯苯酚的含量做出测定同时灵敏度比较低, HPLC、GC-MS 这 2 种方法均有涉及咪鲜胺及代谢物的检测, 但前处理过程过于复杂, 所需试剂种类多且消耗大, GC-MS/MS 目前也只是应用在基质比较简单的水果蔬菜等一般植物源性食品中, 而上述基本鲜少涉及到粮谷类基质中咪鲜胺及代谢物检测的方法。粮谷类基质比较复杂, 除维生素、食物纤维外, 还存在着大量蛋白质、脂肪以及多种氨基酸等物质的干扰, 基质效应极强。目前对于粮谷中的咪鲜胺及其代谢物的残留并没有十分有效的检测方法, 因此建立简单、快捷、高效、灵敏度高、重复性好且同时能检测粮谷中咪鲜胺及其代谢物 2,4,6-三氯苯酚的残留量的方法非常有必要。鉴于此, 本研究拟采用双重混合分散固相萃取法, 从提取溶剂、分散固相萃取剂的选择及剂量, 对粮谷中咪鲜胺及代谢物的回收率进行考察, 建立气相色谱-三重四极杆质谱法检测粮谷中咪鲜胺及其代谢物的残留量, 满足实验室日常检测中遇到大批量样品快速检测的要求, 为实验室带来更为快捷高效的检测方法, 实现提高检测效率的目的。

1 材料与方法

1.1 样品、试剂与仪器

燕麦、小麦、大米、玉米、糙米均为市售; 咪鲜胺、2,4,6-三氯苯酚(100 $\mu\text{g}/\text{mL}$, 农业部环境保护科研检测所); 乙腈(色谱纯, 美国 Honeywell 公司); 丙酮(色谱纯, 美国 TEDIA 公司); 乙酸、氯化钠、醋酸钠(分析纯, 南京化学试剂股份有限公司); C_{18} (南京艾杰尔色谱科技有限公司); N-丙基乙二胺(primary secondary amine, PSA)、增强型脂质去除产品(enhanced mode removal-lipid, EMR-lipid)(美国 Agilent 公司)。

Agilent7890B-7000D 气相色谱-三重四极杆质谱(美国 Agilent 公司); WH-3 振荡仪(上海沪西分析仪器厂有限公司); TD5A 台式离心机(湖南赫西仪器装备有限公司); BSA-224S-CW 电子天平[赛多利斯科学仪器(北京)有限公司]; KQ-400KDE 超声波仪(昆山市超声仪器有限公司)。

1.2 实验方法

1.2.1 标准储备溶液的配制

2,4,6-三氯苯酚标准储备液: 准确移取 1 mL

100 $\mu\text{g/mL}$ 2,4,6-三氯苯酚标准品于 10 mL 容量瓶, 用乙腈定容至刻度线, $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保存备用;

咪鲜胺标准储备液: 准确移取 1 mL 100 $\mu\text{g/mL}$ 咪鲜胺标准品于 10 mL 容量瓶, 用乙腈定容至刻度线, $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 保存备用。

取适量上述 2 种标准储备液配制成含 2,4,6-三氯苯酚 0.1 $\mu\text{g/mL}$ 、咪鲜胺 1.0 $\mu\text{g/mL}$ 质量浓度的混合标准中间溶液。

1.2.2 样品的提取

称取经粉碎并过 425 μm 的标准网筛混匀后的试样 5 g(精确至 0.01 g)于 50 mL 具塞离心管中, 加入 10 mL 实验用水, 并涡旋混匀后浸泡 30 min, 加入 10 mL 1%乙酸乙腈、1 g 醋酸钠、3 g 氯化钠后盖上瓶盖剧烈振荡 1 min, 并超声 10 min, 再以 4000 r/min 转速离心 3 min, 静置待净化。

1.2.3 样品的净化

取上述离心后的上清液 5 mL 于 10 mL 试管中, 加入 200 mg PSA、150 mg C_{18} , 振荡涡旋 1 min, 4000 r/min 离心 2 min, 取 3 mL 上清液于装有 1000 mg EMR 净化剂的 10 mL 试管中净化, 涡旋 1 min, 4000 r/min 离心 2 min, 取上清液过 0.22 μm 有机滤膜后装瓶, 待测。

1.2.4 基质混合标准系列工作溶液的配制

空白基质样品按照上述步骤提取净化后获得空白样品基质提取液, 备用。取适量混合标准中间溶液于进样瓶中, 氮气吹干, 加入 1 mL 空白样品基质提取液, 涡旋混匀, 得到含 2,4,6-三氯苯酚 0.25、0.5、1.0、2.5、5.0、10.0 $\mu\text{g/L}$ 、咪鲜胺 2.5、5.0、10.0、25.0、50.0、100.0 $\mu\text{g/L}$ 质量浓度的基质混合标准系列工作溶液。基质混合标准系列工作溶液现用现配。

1.2.5 色谱条件

色谱柱: DB-35ms UI 毛细管柱(30 $\text{m}\times 0.25\text{ mm}$, 0.25 μm); 载气: 高纯氮气($\geq 99.999\%$); 流速: 1.0 mL/min; 碰撞气: 高纯氮气($\geq 99.999\%$); 流速: 1.5 mL/min; He 淬灭气流速: 2.25 mL/min; 进样口温度: 270 $^{\circ}\text{C}$; 柱温箱程序升温条件: 初始温度 80 $^{\circ}\text{C}$, 以 20 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速率升温到 200 $^{\circ}\text{C}$, 以 40 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速率升温到 300 $^{\circ}\text{C}$, 保持 6.5 min; 进样量: 1 μL 。

1.2.6 质谱条件

离子源: 电子轰击源(electrons ion, EI); 离子源温度: 280 $^{\circ}\text{C}$; 一级四极杆温度: 150 $^{\circ}\text{C}$; 二级四极杆温度: 150 $^{\circ}\text{C}$; 传输线温度: 280 $^{\circ}\text{C}$; 扫描方式: 多反应离子监测模式(multiple reaction monitoring, MRM), 2,4,6-三氯苯酚定量离子对 m/z 196 $>$ m/z 97.1, 定性离子对 m/z 132 $>$ m/z 97.1; 咪鲜胺定量离子对 m/z 180 $>$ m/z 138.1, 定性离子对 m/z 180 $>$ m/z 69; 质谱条件详细信息见表 1。

表 1 咪鲜胺及其代谢物多反应离子监测条件
Table 1 Multiple reaction monitoring parameters of prochloraz and metabolites

化合物	保留时间 /min	母离子 (m/z)	子离子 (m/z)	碰撞能量 /V
2,4,6-三氯苯酚	6.003	196	97.1*	30
		132	97.1	10
咪鲜胺	12.824	180	138.1*	15
		180	69	20

注: *表示定量离子。

2 结果与分析

2.1 提取溶剂的选择

提取溶剂应选择对咪鲜胺及其代谢物具备较好溶解性的有机溶剂, 本研究分别考察了 1%乙酸乙腈、乙腈、丙酮、乙酸乙酯作为提取溶剂时的提取效果, 结果表明在使用丙酮、乙腈为溶剂时, 样品经过振荡涡旋超声离心后, 通过对各基质做加标回收实验时发现乙腈和丙酮部分回收率较低, 不够理想; 乙酸乙酯作为溶剂时, 能有效地使有机相与下层样品基质完全分离, 提取液略有浑浊, 在使用 EMR 净化剂去除提取液中的残余脂肪时效果不佳, 回收率偏大; 使用 1%乙酸乙腈作为溶剂提取时, 与加入样品体系中的醋酸钠溶液形成缓冲盐体系, 提取液经过双重分散固相萃取净化后上清液净化完全, 最后各基质回收率满意且稳定。综合比较本实验中各溶剂的提取效率, 选择 1%乙酸乙腈作为提取溶剂最为合适, 各溶剂提取回收率见表 2。

2.2 分散固相萃取剂用量的优化

在本研究中用于分散固相萃取的净化剂选择了 C_{18} 、PSA、EMR 这 3 种净化剂。 C_{18} 可以去除基质中含有的非极性到中等极性的物质, PSA 主要是去除基质中含有的有机酸等极性物质, EMR 可以去除基质中大量的脂肪, 本研究主要考察 3 种不同剂量组合对净化效率的影响, 通过考察这 3 者不同剂量组合对净化效率的影响, 随着 PSA、 C_{18} 、EMR 粉末剂量的增加, 基质增强效应降低, 回收率渐渐下降。当选择 C_{18} 150 mg、PSA 200 mg、EMR 1000 mg 这个剂量组合时, 回收率最好, 抗基质增强效应最佳, 耗材使用量最省。结果见表 3。

2.3 基质效应

根据实验前处理方法中给出的净化条件配制 5 种基质标准溶液, 同时配制相同浓度的溶液标准, 检测结果见表 4。结果表明玉米基质标准溶液(以咪鲜胺为例)的峰面积是同等浓度的溶剂标准溶液标准峰面积的 185.3%, 基质增强效应最大, 所以本研究采用基质标准曲线校正定量结果较为准确。

表2 各溶剂提取效率(%)
Table 2 Extraction efficiency of solvent(%)

样品分类	丙酮		乙腈		乙酸乙酯		1%乙酸乙腈	
	2,4,6-三氯苯酚	咪鲜胺	2,4,6-三氯苯酚	咪鲜胺	2,4,6-三氯苯酚	咪鲜胺	2,4,6-三氯苯酚	咪鲜胺
燕麦	89.8	86.8	79.5	80.9	145.1	147.1	116.3	115.4
小麦	57.8	80.1	53.6	77.0	101.5	141.8	79.5	116.3
大米	43.9	68.7	40.6	63.8	79.6	132.9	105.6	112.6
玉米	58.1	76.3	50.2	67.6	101.2	137.3	108.5	114.2
糙米	91.8	82.4	81.1	75.1	163.5	151.2	116.2	110.6

表3 C₁₈、PSA、EMR的剂量对回收率的影响
Table 3 Effect of C₁₈, PSA and EMR dosage on recovery rate

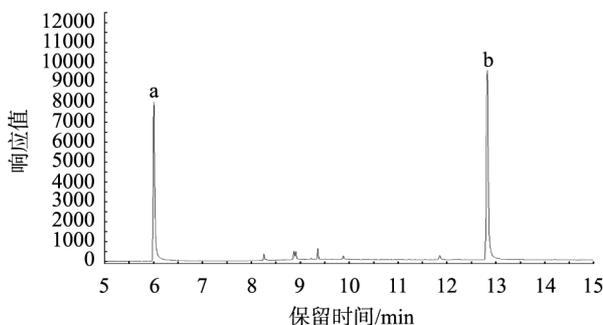
添加剂量/mg	C ₁₈	100	100	100	150	150	150	200	200	200
	PSA	100	150	200	100	150	200	100	150	200
	EMR	500	1000	1500	1500	500	1000	1000	500	1500
2,4,6-三氯苯酚回收率/%		156.0	151.3	121.4	138.9	137.3	103.3	138.4	124.2	105.5
咪鲜胺回收率/%		157.1	152.1	122.0	143.3	141.4	106.5	135.9	127.3	106.6

表4 5种不同样品的基质效应
Table 4 Matrix effect of 5 different samples

溶液	峰面积					基质效应/%				
	燕麦	小麦	大米	玉米	糙米	燕麦	小麦	大米	玉米	糙米
基质标准溶液	8927	12756	13053	13486	8473					
溶剂标准溶液			7276			122.7	175.3	179.4	185.3	116.5

2.4 仪器条件优化

通过调整色谱柱的初始温度及程序升温,使得目标



注: a.2,4,6-三氯苯酚; b.咪鲜胺。

图2 大米基质标准溶液的色谱图

Fig.2 Chromatogram of standard solution of rice matrix

物能够在较短的时间里得到较好的分离,优化好的出峰时间及各质谱图见图2~4,在不同的碰撞能量下分析咪鲜胺及其代谢物的标准溶液,优化后的母离子-子离子对及碰撞能量见表1。

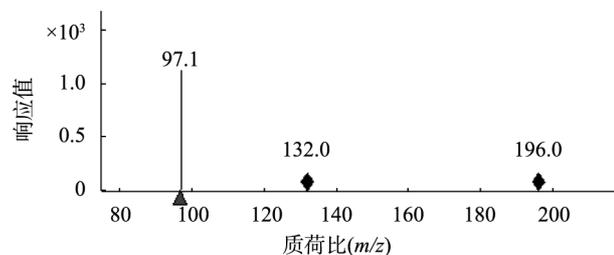


图3 2,4,6-三氯苯酚质谱图

Fig.3 Mass spectrum of 2,4,6-trichlorophenol

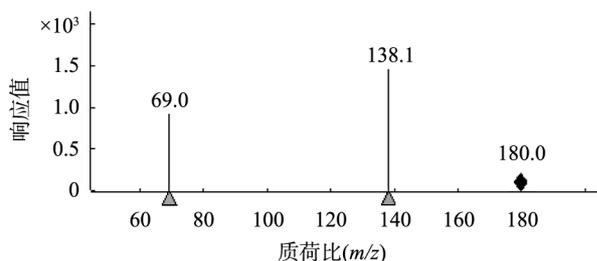


图4 咪鲜胺质谱图

Fig.4 Mass spectrum of prochloraz

2.5 标准曲线和定量限

配制含 2,4,6-三氯苯酚 0.25、0.5、1.0、2.5、5.0、10.0 $\mu\text{g/L}$ 、咪鲜胺 2.5、5.0、10.0、25.0、50.0、100.0 $\mu\text{g/L}$ 质量浓度的基质混合标准溶液,按实验方法进行测定,以定量离子对峰面积为纵坐标,质量浓度为横坐标绘制标准曲线,得到线性回归方程及相关系数(r^2),以 10 倍信噪比计算方法的定量限($S/N=10$),结果见表 5。

表5 线性参数及定量限

Table 5 Linearity parameter and limit of quantification

化合物	线性回归方程	相关系数	定量限/(mg/kg)
2,4,6-三氯苯酚	$Y=1123.017240X-37968329$	0.9993	0.0005
咪鲜胺	$Y=165.745497X-121.187321$	0.9994	0.0050

表6 5种基质中咪鲜胺及代谢物的加标回收率和相对标准偏差($n=6$)Table 6 Recoveries and relative standard deviations of prochloraz and its metabolites in 5 matrices($n=6$)

化合物	添加水平/ ($\mu\text{g/kg}$)	燕麦		小麦		大米		玉米		糙米	
		回收率/%	RSD/%								
2,4,6-三氯苯酚	0.5	89.4~107.8	7.5	90.1~101.8	4.3	90.0~110.5	7.1	96.6~115.9	6.7	88.8~100.4	4.2
	1.0	100.0~105.1	1.8	92.6~100.0	2.6	93.9~118.1	8.8	99.2~118.6	6.2	85.6~98.1	4.6
	2.0	102.6~117.5	5.4	97.0~106.1	3.1	82.0~87.9	3.1	112.0~117.6	1.8	93.6~98.5	2.0
	5.0	98.5~108.3	3.3	98.2~105.8	3.4	101.3~106.4	2.0	80.2~91.6	4.4	100.3~110.3	3.8
	5.0	82.5~92.7	4.6	93.8~102.8	3.6	94.3~105.0	4.0	91.0~106.2	5.1	92.0~101.4	3.9
咪鲜胺	10.0	80.6~90.5	5.1	99.4~109.0	3.5	93.7~107.2	4.5	94.2~108.9	5.9	85.6~95.4	4.3
	20.0	85.7~99.1	4.9	95.0~102.0	2.7	101.3~110.7	3.3	104.9~112.4	2.7	91.6~95.5	1.9
	50.0	84.5~88.3	1.8	104.7~110.3	1.8	108.2~115.5	2.5	101.0~109.2	3.1	91.6~103.7	4.0

2.6 加标回收及精密度实验

取 5 种基质样品分别进行高、中、低及定量限 4 个浓度的加标实验,每个浓度平行 6 次,加标回收率和相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)结果见表 6。可以看出咪鲜胺及代谢物在 5 种基质中的平均回收率在 80.2%~118.6% 之间,相对标准偏差在 1.8%~8.8% 之间,均在正常范围内。表明该方法具有较好的回收率及精密度,能够满足粮谷中咪鲜胺及代谢物残留量的检测。

2.7 实际样品检测

采集周边超市及农贸市场共 40 份粮谷样品,按本研究方法进行测定,结果均未检出有咪鲜胺及其代谢物。

3 结论

本研究建立了检测粮谷中咪鲜胺及其代谢物 2,4,6-三氯苯酚残留量的方法,采用优化过的混合分散固相萃取技术对提取液进行净化,通过气相色谱-三重四极杆质谱仪进行有效分离和定性,并用基质混合标准曲线法进行准确定量,可有效检测粮谷中咪鲜胺及其代谢物的残留量。该方法通过不同的提取试剂、净化方式、净化剂配比比例,最终确定了采用双重分散固相萃取技术对提取液进行净化,具有操作简便、灵敏度高、准确性好等优点,满足我国对粮谷中咪鲜胺及其代谢物残留量安全检测的技术要求,能够为食品安全风险监测大通量样品筛查提供技术支撑,切实保障广大人民群众的食品安全。

参考文献

- [1] 陈平, 柳训才. 咪鲜胺的应用概况及其残留检测研究[J]. 湖北农业科学, 2007, 46(3): 478-480.
CHEN P, LIU XC. Progress on application and residue detection of the prochloraz [J]. Hubei Agric Sci, 2007, 46(3): 478-480.
- [2] 韩丽君, 钱传范, 江才鑫, 等. 咪鲜胺及其代谢物在水稻中的残留检测方法及其残留动态[J]. 农药学报, 2005, 7(1): 54-58.
HAN LJ, QIAN CF, JIANG CX, *et al.* Residue detection and degradation of prochloraz and its metabolites in rice [J]. Chin J Pestic Sci, 2005, 7(1): 54-58
- [3] 张彦军, 钱滢文, 柴宗龙, 等. QuEChERS-气相色谱法快速测定蔬菜中的咪鲜胺及 2,4,6-三氯苯酚残留量[J]. 湖北农业科学, 2019, 58(1): 103-106.
ZHANG YJ, QIAN YW, CHAI ZL, *et al.* Rapid determination of residues of prochloraz and 2,4,6-trichlorophenol in vegetables by QuEChERS-gas chromatography [J]. Hubei Agric Sci, 2019, 58(1): 103-106.
- [4] 高洁, 胡德禹, 张钰萍, 等. 咪鲜胺及其代谢产物在橙汁中的残留检测方法研究[J]. 农药科学与管理, 2011, 32(6): 35-39.
GAO J, HU DY, ZHANG YP, *et al.* Determination of residue of prochloraz and its metabolite in orange juice [J]. Pestic Sci Adm, 2011, 32(6): 35-39
- [5] 郑雪虹, 吕岱竹, 谢德芳, 等. 气相色谱法测定水果中咪鲜胺残留量的方法研究[J]. 热带农业科学, 2012, 32(8): 43-48.
ZHENG XH, LV DZ, XIE DF, *et al.* A modified gas chromatography method for determination of prochloraz residues in fruits [J]. Chin J Tropic Agric, 2012, 32(8): 43-48.
- [6] 刘骞, 程运斌, 沈菁. 咪鲜胺及其代谢物在丝瓜上的残留检测方法及其动态研究[J]. 湖北农业科学, 2018, 57(23): 136-138.
LIU Q, CHENG YB, SHEN J. Residue detection and dynamics research of prochloraz and its metabolites in loofah [J]. Hubei Agric Sci, 2018, 57(23): 136-138.
- [7] 柳训才, 李胜清, 陈浩. 固相萃取-高效液相色谱法测定蘑菇中咪鲜胺的残留量[J]. 分析科学学报, 2008, 24(6): 735-737.
LIU XC, LI SQ, CHEN H. Determination of prochloraz residues in mushroom with solid phase extraction-high performance liquid chromatography [J]. J Anal Sci, 2008, 24(6): 735-737.
- [8] 乔鲁马, 马洪兵, 姜淑霞, 等. 高效液相色谱法快速测定板栗中戊唑醇和咪鲜胺残留量[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2010, 41(4): 495-497.
QIAO LQ, MA HB, JIANG SX, *et al.* Rapid determination of tebuconazole and prochloraz residues on *Castanea mollissima* by HPLC [J]. J Shandong Agric Univ (Nat Sci Ed), 2010, 41(4): 495-497.
- [9] 贾巧莉, 王明强. 超高效液相色谱法测定水果中咪鲜胺残留量[J]. 中国酿造, 2015, 34(9): 145-148.
- JIA QL, WANG MQ. Determination of prochloraz residue in fruits by UPLC [J]. China Brew, 2015, 34(9): 145-148.
- [10] 汪传刚, 龚道新, 邹雅竹, 等. HPLC 法检测咪鲜胺及其主要代谢物在稻田水土中的残留[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(4): 1024-1028.
WANG CG, GONG DX, ZOU YZ, *et al.* Residue determination of prochloraz and its major metabolites by HPLC in paddy water and soil [J]. J Agro-Environ Sci, 2006, 25(4): 1024-1028.
- [11] 张世瑞, 袁宏球, 尹桂豪. 两种热带水果中咪鲜胺残留的气质联用测定[J]. 现代农药, 2010, 9(4): 32-34.
ZHANG SR, YUAN HQ, YIN GH. Determination of prochloraz in two kinds of tropical fruits by GC-MS [J]. Mod Agrochem, 2010, 9(4): 32-34
- [12] 吴琼, 吕岱竹, 韩丙军, 等. 咪鲜胺及 2,4,6-三氯苯酚在牛奶中的残留检测方法[J]. 山西农业科学, 2017, 45(6): 937-939.
WU Q, LV DZ, HAN BJ, *et al.* Determination of prochloraz and 2,4,6-trichlorophenol residues in milk [J]. J Shanxi Agric Sci, 2017, 45(6): 937-939.
- [13] 卢俊文, 李蓉, 杨芳, 等. 气相色谱-串联质谱法快速测定水果中咪鲜胺及其代谢物 2,4,6-三氯苯酚的残留量[J]. 食品科学, 2015, 36(12): 213-217.
LU JW, LI R, YANG F, *et al.* Rapid determination of residues of prochloraz and its metabolite 2,4,6-trichlorophenol in fruits using gas chromatography with tandem mass spectrometry [J]. Food Sci, 2015, 36(12): 213-217.
- [14] 张彦军, 洪霞, 钱滢文, 等. QuEChERS-气相色谱质谱联用法测定辣椒中的咪鲜胺及 2,4,6-三氯苯酚残留量[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(16): 95-99.
ZHANG YJ, HONG X, QIAN YW, *et al.* Determination of prochloraz and 2,4,6-trichlorophenol in pepper using QuEChERS-gas chromatography-mass spectrometry [J]. Food Res Dev, 2019, 40(16): 95-99.
- [15] 谢建军, 陈捷, 李菊, 等. 改良 QuEChERS 法结合气相色谱串联质谱测定果蔬中 20 种杀菌剂[J]. 食品安全质量检测学报, 2013, 4(1): 82-88.
XIE JJ, CHEN J, LI J, *et al.* Determination of 20 kinds of fungicide residues in vegetables and fruits by gas chromatography-mass spectrometry combined modified QuEChERS method [J]. J Food Saf Qual, 2013, 4(1): 82-88.
- [16] 程莉, 董丰收, 刘新刚, 等. QuEChERS-超高效液相色谱-串联质谱方法快速测定小麦中的咪鲜胺残留[J]. 农药学报, 2009, 11(3): 357-361.
CHENG L, DONG FS, LIU XG, *et al.* Simplified method for determination of fungicide prochloraz residues in wheat using QuEChERS and UPLC-MS/MS [J]. Chin J Pestic Sci, 2009, 11(3): 357-361.

- [17] 袁小雅, 彭梓, 周慧平, 等. 香蕉中咪鲜胺的消解动态及安全性评价 [J]. 食品安全质量检测学报, 2016, 7(1): 209-214.

Chin J Pestic Sci, 2012, (1): 61-66

(责任编辑: 韩晓红)

YUAN XY, PENG Z, ZHOU HP, *et al.* Degradation dynamics and safety evaluation of prochloraz in banana [J]. J Food Saf Qual, 2016, 7(1): 209-214.

- [18] 徐永, 寿林飞, 虞森, 等. 超高效液相色谱-串联四级杆质谱联用法测定水果中多效唑、氯吡脞和咪鲜胺的残留[J]. 农药学报, 2012, (1): 61-66.

XU Y, SHOU LF, YU M, *et al.* UPLC-MS/MS method for determination of paclobutrazol, forchlorfenuron and prochloraz residues in fruits [J].

作者简介



庄件兵, 工程师, 主要研究方向为食品、药品、化妆品、化工等相关项目的检测研究工作。

E-mail: zhuangjianb@126.com

“茶学研究”专题征稿函

茶叶源于中国, 与咖啡、可可并称为世界三大饮料。茶叶可鲜食, 也可以加工精制备用, 具有降压、提神等多种保健功能, 且含有多种有机化学成分和无机矿物元素。国内外对茶叶市场需求稳定增长, 我国的茶产业增长潜力巨大, 茶已成为社会生活中不可缺少的健康饮品和精神饮品。

鉴于此, 本刊特别策划了“茶学研究”专题, 主要围绕茶叶的贮藏保鲜、精深加工、品质评价、生物化学和功能性成分、香气成分分析、污染物分析检测、茶树生长代谢、茶叶资源的质量标准化等方面展开论述和研究, 综述及研究论文均可。

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。

本专题计划在 2021 年 3 月出版, 请在 2021 年 1 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。

希望您能够通过各种途径宣传此专题, 并积极为本专题推荐稿件和约稿对象。

同时, 希望您能够推荐该领域的相关专家并提供电话和 E-mail。

感谢您的参与和支持!

投稿方式:

网站: www.chinafoodj.com(注明茶学研究专题)

E-mail: jfoods@126.com(注明茶学研究专题)

《食品安全质量检测学报》编辑部