

高效液相色谱法同时测定果蔬中5种植物生长调节剂残留

邵金良, 樊建麟, 林涛, 杨东顺, 邹艳虹, 王丽, 刘宏程*

(云南省农业科学院质量标准与检测技术研究所, 昆明 650223)

摘要: **目的** 建立同时测定果蔬中噻苯隆、氯吡脞、噻唑隆、多效唑和烯效唑5种植物生长调节剂残留的高效液相色谱分析方法。**方法** 样品中的植物生长调节剂采用乙腈作为提取溶剂经高速匀浆提取, 经NH₂固相萃取小柱净化, 用乙腈: 10 mmol/L的乙酸铵溶液(V:V, 55:45)为流动相, 选择Shiseido CAPCELL PAK MG II C₁₈色谱柱(4.6 mm×250 mm i.d., 5 μm)分离后, 检测波长为225 nm。**结果** 5种植物生长调节剂在0.05~1.0 mg/kg范围内具有良好的线性关系, 相关系数 $r > 0.995$; 检出限为0.008~0.01 mg/kg, 定量限为0.020~0.032 mg/kg。在0.10、0.20、0.50 mg/kg添加水平, 5种植物生长调节剂回收率在73.8%~113.7%之间, 相对标准偏差在4.68%~9.92%之间。**结论** 该方法准确性、重复性、稳定性及选择性好, 能对果蔬中5种植物生长调节剂残留实现准确定量分析。

关键词: 高效液相色谱法; 果蔬; 植物生长调节剂; 残留检测

Determination of 5 plant growth regulators residues in fruits and vegetables by high performance liquid chromatography

SHAO Jin-Liang, FAN Jian-Lin, LIN Tao, YANG Dong-Shun, ZOU Yan-Hong,
WANG Li, LIU Hong-Cheng*

(Institute of Agriculture Quality Standards & Testing Technique, Yunnan Academy of Agricultural Science,
Kunming 650223, China)

ABSTRACT: Objective To develop a method for determination of thidiazuron, forchlorfenuron, methabenzthiazuron, paclobutrazol and uniconazole residues in fruits and vegetables by high performance liquid chromatography with solid phase extraction. **Methods** The plant growth regulators residues in the fruits and vegetables samples were extracted by acetonitrile, cleaned up by LC-NH₂ solid phase extraction, and then analyzed by using high performance liquid chromatography ultraviolet detector (225 nm) with acetonitrile and 10 mmol/L ammonium acetate (V:V, 55:45) as gradient elution solvent, with Shiseido CAPCELL PAK MG II C₁₈ (4.6 mm×250 mm i.d., 5 μm) as the analytical column. **Results** The recoveries of 3 additive concentrations were ranged from 73.8% to 113.7%, and the relative standard deviations (RSD) were

基金项目: 云南省社会发展科技计划(2012CA005)、云南省科技惠民专项(农业)重点项目(2014RA054)、云南省科技创新平台建设计划(公共科技服务)项目(2014DA001)

Fund: Supported by Yunnan Social Development of S&T Plan (2012CA005), Yunnan Benefit S & T Program (2014RA054), Yunnan Platform Construction S & T Plan (2014DA001)

*通讯作者: 刘宏程, 博士, 研究员, 主要研究方向为农产品质量安全与风险评估。E-mail: liuorg@163.com

*Corresponding author: LIU Hong-Cheng, Research Associate, Institute of Agriculture Quality Standards & Testing Technique, Yunnan Academy of Agricultural Science, No.9, Xueyun Road, Wuhua District, Kunming 650223, China. E-mail: liuorg@163.com

4.68%~9.92%。The calibration curves were in the range of 0.05~1.0 mg/kg with the correlation coefficients of more than 0.995. The limits of detection were from 0.008 to 0.01 mg/kg and the limits of quantitation were from 0.02 to 0.032 mg/kg of 5 plant growth regulators residues. **Conclusion** The method showed a high selectivity, good repeatability, accuracy and stability, and could be applied in the accurate quantification of 5 plant growth regulators residues in fruits and vegetables.

KEY WORDS: high performance liquid chromatography; fruits and vegetables; plant growth regulator; residues detection

1 引言

氯吡脞(forchlorfenuron), 化学名称为 1-(2-氯-4-吡啶)-3-苯基脲, 是一种具有细胞分裂素活性的苯基脲类植物生长调节剂, 其生物活性较 6-苄氨基嘌呤高 10~100 倍, 广泛用于农业生产^[1]。多效唑(paclobutrazol)和烯效唑(uniconazole)是三唑类植物生长调节剂, 近年来在葡萄生产中得到广泛的使用, 多效唑和烯效唑能够抑制赤霉素的合成, 从而有效控制葡萄的营养生长, 促进花芽分化, 提高座果率; 促进葡萄果皮花色素含量增加, 使可溶性糖含量增加, 有机酸含量下降, 维生素 C 含量升高, 改善果实品质^[2]。噻苯隆(thidiazuron)作为苯基脲类植物生长调节剂具有细胞激动素活性。目前在我国登记的作物有黄瓜、棉花、葡萄、甜瓜, 主要作用是调节生长、增产、提高座果率等^[3]。噻唑隆是一种常用于葡萄中的植物生长调节剂, 可促进植物芽的分化^[4]。

近年来, 植物生长调节剂的品种和数量越来越多, 盲目或过量使用会造成药物残留, 影响农产品质量安全, 对公众健康存在潜在危害。因此, 针对植物生长调节剂各国制定了相应的最大残留限量(maximum residue limit, MRL)标准, 日本肯定列表规定草莓中烯效唑的最大残留限量(MRL)为 0.1 mg/kg, 国际食品法典委员会(CAC)规定苹果中多效唑 MRL 为 0.5 mg/kg, 中国国家标准 GB 2763-2014 中规定氯吡脞和噻唑隆在葡萄中的 MRL 都为 0.05 mg/kg。目前, 有关噻苯隆、氯吡脞、噻唑隆、多效唑和烯效唑等残留量的分析国内外均有报道, 检测方法主要有高效液相色谱法(LC)^[5-7]、气相色谱法(GC)^[8,9]、气相色谱-质谱法(GC-MS)^[10,11]和液相色谱-质谱法(LC-MS)^[12-15]。气相色谱-质谱法(GC-MS)、液相色谱-质谱法(LC-MS/MS)是目前应用较多的检测方法, 检测仪器价格比较昂贵, 对操作人员技能要求比较高,

从而不能得到广泛的应用。目前尚无高效液相色谱法同时测定噻苯隆、氯吡脞、噻唑隆、多效唑和烯效唑残留量报道。本文以乙腈作为提取剂, 优化色谱分离参数, 建立同时测定果蔬中噻苯隆、氯吡脞、噻唑隆、多效唑和烯效唑的检测方法, 为果蔬中植物生长调节剂多残留的同时检测提供一种新的技术手段。

2 材料与方法

2.1 主要试剂与仪器

噻苯隆、氯吡脞、噻唑隆、多效唑和烯效唑标准品(100.0 mg, 99%, 德国 Dr. Ehrenstorfer 公司); 乙腈、甲醇为色谱纯(德国 Merck 公司); 乙腈和氯化钠均为分析纯(国药集团化学试剂有限公司); LC-NH₂固相萃取小柱(500 mg/3 mL, 美国 SUPELCO 公司)。

Waters Alliance e2695 高效液相色谱仪, 配自动进样系统和紫外检测器(美国 Waters 公司); QL-861 回旋式震荡器(海门市其林贝尔仪器制造有限公司); 固相萃取装置(美国 SUPELCO 公司); JJ200-电子分析天平(江苏省常熟市双杰测试仪器厂); Organomation Associates 氮吹仪(美国 Inc. 公司); Diax 900 高速匀浆机(德国 Heidolph 公司)。

2.2 试样准备

取不少于 1000 g 的果蔬样品, 用干净纱布轻轻擦去样品表面的附着物, 采用对角线分割法, 对角取可食部分, 切碎, 充分混匀后用食品加工器粉碎, 备用。

2.3 提取与净化

2.3.1 提取

准确称取 15.0 g 试样于 200 mL 高型烧杯中, 加入 30 mL 乙腈, 高速匀浆机匀浆 1 min, 过滤于装有 5~7 g 氯化钠的具塞量筒中, 剧烈震荡 50 s 后静置约 30 min, 分层, 吸取 10 mL 乙腈置于 150 mL 烧杯中,

通氮气吹至近干, 用 2 mL 混合溶液(甲醇:二氯甲烷=10:90, V:V)溶解残渣, 盖上铝箔, 待净化^[8]。

2.3.2 净化

取 NH₂ 固相萃取柱(500 mg/3 mL), 用 5.0 mL 淋洗剂(甲醇:二氯甲烷=10:90, V:V)预淋洗, 将上述提取液加入柱中, 开始收集流出液, 用淋洗剂洗脱, 合并流出液并收集大约 9 mL 洗脱液于 10 mL 离心管中, 将离心管置于氮吹仪上吹干, 先用 1.0 mL 色谱纯乙腈溶解, 再用适量 10 mmol/L 乙酸铵溶液准确定容至 2.0 mL, 经 0.22 μm 有机滤膜, 待 HPLC 测定^[16]。

2.4 色谱条件

色谱柱: Shiseido CAPCELL PAK MG II C₁₈(4.6 mm×250 mm i.d., 5 μm); 流动相: 乙腈:10 mmol/L 乙酸铵(V:V=55:45); 流速: 0.60 mL/min; 柱温: 30.0 °C;

检测波长: 225 nm; 进样量: 20.0 μL。

3 结果与讨论

3.1 流动相的优化

从选择性、灵敏度和分离效果 3 方面考察乙腈:水、乙腈:磷酸溶液和乙腈:乙酸铵溶液等不同流动相对 5 种植物生长调节剂的分离效果。5 种植物生长调节剂的极性差异较大, 乙腈:水作为流动相, 5 种组分峰形差且峰形变宽、拖尾比较严重, 氯吡啶和噻唑隆很难有效分离; 乙腈:磷酸溶液, 5 种组分保留时间提前, 分离度差; 乙腈:乙酸铵溶液, 信号强, 峰形对称。由于极性较弱的多效唑和烯效唑在 C₁₈ 色谱柱上保留比较强, 采用乙腈作为流动相, 能有效的洗脱多效唑和烯效唑。因此, 选择乙腈:10 mmol/L 乙酸铵(V:V=55:45)作为流动相, 色谱图见图 1~图 3。

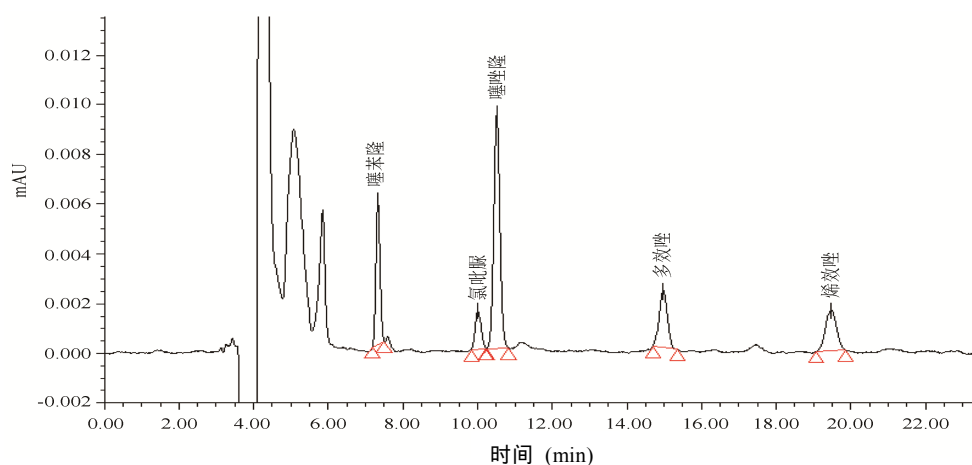


图 1 5 种植物生长调节剂标准品色谱图 (浓度为 0.50 mg/L)

Fig. 1 Chromatograms of 5 plant growth regulators standard substance

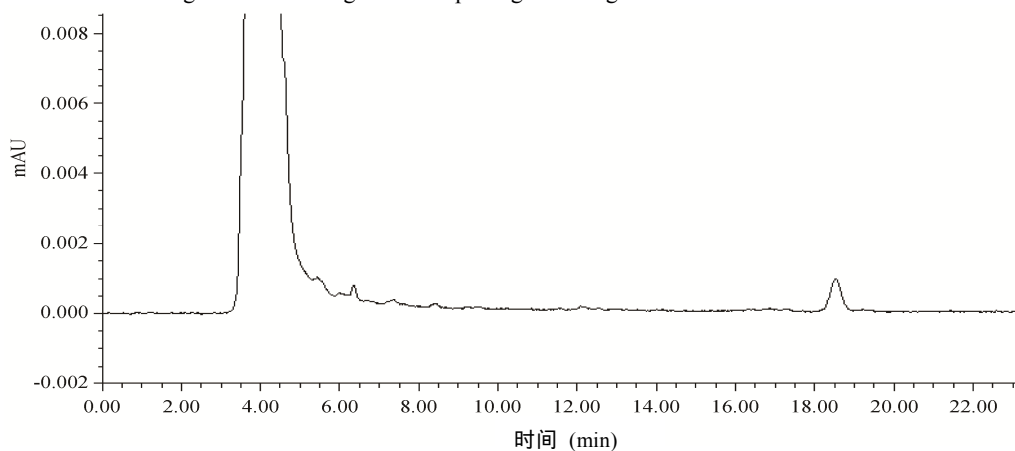


图 2 葡萄对照色谱图

Fig. 2 Chromatogram of grape blank

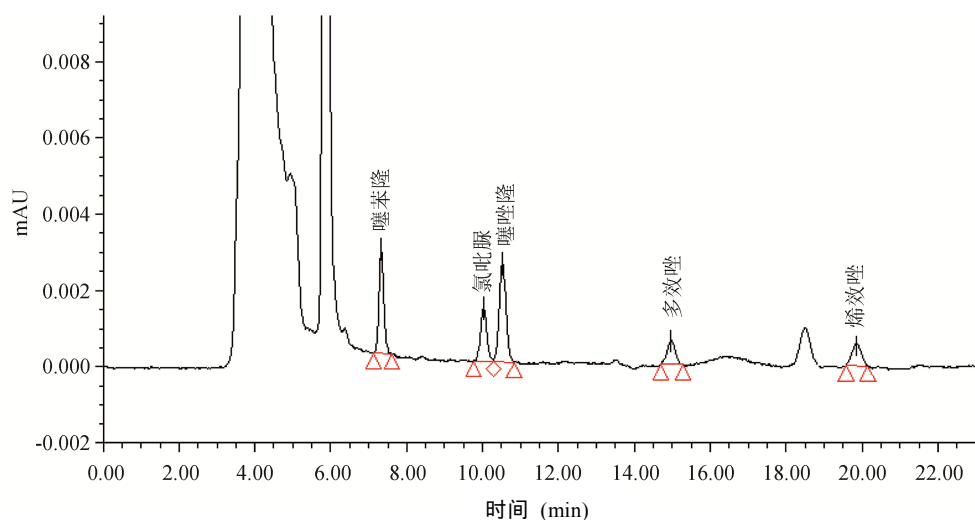


图3 葡萄加标色谱图(0.20 mg/kg)

Fig. 3 Chromatograms of grape sample spiked at 0.20 mg/kg of each plant growth regulators

3.2 方法效能验证

3.2.1 标准曲线与检出限和定量限

准确吸取植物生长调节剂混合标准溶液添加到草莓阴性样品, 添加浓度分别为 0.05、0.10、0.20、0.50 和 1.0 mg/kg, 按 2.3 节方法处理并测定。以峰面积为纵坐标(Y), 含量为横坐标(X)绘制标准曲线方程。结果见表 1, 5 种植物生长调节剂在 0.05~1.0 mg/kg 范围内线性关系良好, 相关系数为 0.9953~0.9996。以色谱峰 3 倍信噪比(S/N)计算检出限(LOD)为 0.008~0.01 mg/kg, 以色谱峰 10 倍信噪比(S/N)计算定量限(LOQ)为 0.020~0.032 mg/kg。

3.2.2 准确度与精密度

进行 5 种植物生长调节剂加标回收试验, 添加浓度分别为 0.10、0.20 和 0.50 mg/kg, 按最终确定方法进行提取、净化和测定, 分别进行回收率和精密度的计算。试验结果见表 2。

由表 2 可知: 5 种植物生长调节剂加标浓度为 0.10 mg/kg, 回收率为 73.8%~113.7%, 相对标准偏差(RSD)为 4.68%~9.57%; 加标浓度为 0.20 mg/kg 时, 回收率为 82.5%~112.9%, 相对标准偏差(RSD)为 4.92%~8.63%; 加标浓度为 0.50 mg/kg 时, 回收率为 85.9%~112.3%, 相对标准偏差(RSD)为 5.34%~9.92%, 说明该方法准确度与精密度良好, 符合定量分析的要求。

3.3 样品分析

采用本试验建立方法, 对随机购买 12 份市售果蔬样品按 2.3 节方法处理并进行测定, 每个样品重复 3 次。样品中噻苯隆、氯吡脞、噻唑隆、多效唑和烯效唑残留量检测结果见表 3。其中 1 个草莓测出噻苯隆, 含量为 0.178 mg/kg; 2 个葡萄检出氯吡脞, 含量分别为 0.085 和 0.164 mg/kg; 其余样品均未检出上述 5 种植物生长调节剂。

4 结 语

建立了葡萄、草莓、番茄和甜椒中噻苯隆、氯吡脞、噻唑隆、多效唑和烯效唑 5 种植物调节剂残留的测定方法。选择乙腈和乙酸铵作为流动相, 能够实现噻苯隆、氯吡脞、噻唑隆、多效唑和烯效唑与距其最近的杂质峰达到基线分离, 流动相中添加乙酸铵, 可以明显改善色谱峰的峰形。噻苯隆、氯吡脞、噻唑隆、多效唑和烯效唑在 0.05~1.0 mg/kg 范围内具有良好的线性关系(0.9953~0.9996), 以色谱峰 3 倍信噪比(S/N)计算 5 种植物生长调节剂的检出限(LOD)为 0.008~0.01 mg/kg, 以色谱峰 10 倍信噪比(S/N)计算定量限(LOQ)为 0.020~0.032 mg/kg。在 0.10、0.20 和 0.50 mg/kg 3 个添加水平的平均回收率为 73.8%~113.7%、82.5%~112.9%和 85.9%~112.3%; 相对标准偏差(RSD)为均小于 9.92%。采用一次提取富

表 1 5 种植物生长调节剂线性范围、回归方程、相关系数、检出限和定量限

Table 1 Linearity, calibration curve, correlation coefficient, limit of detection and quantification of the 5 plant growth regulators

名称	线性范围/(mg/kg)	回归方程	相关系数	检出限/(mg/kg)	定量限/(mg/kg)
噻苯隆	0.05 ~ 1.0	$Y=6.55e+003X-2.35e+003$	0.9996	0.008	0.023
氯吡脞	0.05 ~ 1.0	$Y=3.45e+003X-5.78e+002$	0.9953	0.01	0.028
噻唑隆	0.05 ~ 1.0	$Y=6.25e+003X-4.52e+003$	0.9982	0.008	0.020
多效唑	0.05 ~ 1.0	$Y=5.18e+003X-4.85e+003$	0.9978	0.01	0.032
烯效唑	0.05 ~ 1.0	$Y=3.48e+003X-2.78e+003$	0.9991	0.01	0.027

表 2 5 种植物生长调节剂的回收率及相对标准偏差(n=3)

Table 2 Recoveries and relative standard deviations of 5 plant growth regulators (n=3)

名称	0.10/(mg/kg)		0.20/(mg/kg)		0.50/(mg/kg)	
	回收率	RSD	回收率	RSD	回收率	RSD
噻苯隆	86.8	7.45	92.4	5.67	96.4	5.74
氯吡脞	81.5	6.45	112.9	6.45	85.9	6.45
噻唑隆	92.9	4.68	103.2	4.92	104.6	5.79
多效唑	73.8	9.57	95.3	8.63	112.3	9.92
烯效唑	113.7	5.76	82.5	7.28	92.5	5.34

表 3 果蔬样品 5 种植物生长调节剂残留分析(n=3)

Table 3 Results of 5 plant growth regulators residues detected in fruits and vegetables (n=3)

名称	植物生长调节剂残留/(mg/kg)											
	草莓	草莓	草莓	葡萄	葡萄	葡萄	番茄	番茄	番茄	甜椒	甜椒	甜椒
噻苯隆	ND	ND	0.178	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
氯吡脞	ND	ND	ND	0.085	ND	0.164	ND	ND	ND	ND	ND	ND
噻唑隆	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
多效唑	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
烯效唑	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

注: ND 表示未检出

集、NH₂固相萃取柱净化, 可实现 5 种植物生长调节剂残留的同时定量和快速测定, 本方法具有操作简便、灵敏度高、选择性好、试剂用量少等优点, 适合果蔬中噻苯隆、氯吡脞、噻唑隆、多效唑和烯效唑 5 种植物调节剂残留的同时测定和定量分析。

参考文献

- [1] 赵莉, 马青, 马琳. 蔬菜瓜果中氯吡脞残留检测方法研究[J]. 分析科学学报, 2013, 29(4): 583-586.
Zhao L, Ma Q, Ma L. Determination of forchlorfenuron residue

- in vegetables and fruits [J]. *J Anal Sci*, 2013, 29(4): 583–586.
- [2] 徐国锋, 聂继云, 李静, 等. GC/ECD 测定葡萄中多效唑和烯效唑的残留[J]. *农药*, 2014, 53(10): 736–738.
- Xu GF, Nie JY, Li J, *et al.* Simultaneous determination of paclobutrazol and uniconazole residues in grape by GC/ECD [J]. *Agrochem*, 2014, 53(10): 736–738.
- [3] 赵莉, 马青, 马琳, 等. 高效液相色谱法测定葡萄中噻苯隆残留量[J]. *农药*, 2013, 52(9): 666–667.
- Zhao L, Ma Q, Ma L, *et al.* Determination of thidiazuron residue in grape by HPLC [J]. *Agrochem*, 2013, 52(9): 666–667.
- [4] 林涛, 邹艳虹, 杨旭昆, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法测定葡萄中氯吡啶和噻唑隆残留及消解[J]. *环境化学*, 2014, 33(12): 2210–2211.
- Lin T, Zou YH, Yang XK, *et al.* Determination of forchlorfenuron and methabenzthiazuron pharmacokinetics and residues in grape by LC-MS/MS [J]. *Environ Chem*, 2014, 33(12): 2210–2211.
- [5] 谭莹, 倪竹南, 汤盦, 等. 果蔬中多效唑的高效液相色谱快速检测方法[J]. *中国卫生检验杂志*, 2014, 24(23): 3361–3365.
- Tan Y, Ni ZN, Tang J, *et al.* Rapid determination of paclobutrazol in vegetables and fruits by HPLC [J]. *Chin J Health Lab Technol*, 2014, 24(23): 3361–3365.
- [6] 罗伟强, 肖小华, 杜卓, 等. 整体柱固相萃取-高效液相色谱法在线分析水果中的氯吡啶[J]. *色谱*, 2014, 32(4): 407–412.
- Luo WQ, Xiao XH, Du Z, *et al.* Monolith column solid-phase extraction coupled with HPLC in online mode for the determination of forchlorfenuron in fruits [J]. *Chin J Chromatogr*, 2014, 32(4): 407–412.
- [7] 张敏, 闫超杰, 付海滨, 等. 固相萃取净化-高效液相色谱测定水果中赤霉素、多效唑、烯效唑残留量[J]. *食品与发酵工业*, 2014, 40(2): 192–195.
- Zhang M, Yan CJ, Fu HB, *et al.* Determination of gibberellin paclobutrazol and uniconazole residues in fruits by SPE-HPLC [J]. *Food Ferment Ind*, 2014, 40(2): 192–195.
- [8] 包媛媛, 张新永, 邵金良. 固相萃取-高效液相色谱法测定番茄和土壤中多效唑残留量[J]. *西南农业学报*, 2015, 28(1): 163–167.
- Bao YY, Zhang XY, Shao JL. Determination of paclobutrazol residue in tomato and soil by SPE-HPLC [J]. *Southwest China J Agric Sci*, 2015, 28(1): 163–167.
- [9] 龚勇, 单炜力, 简秋, 等. 黄瓜、西瓜和土壤中氯吡啶残留分析方法[J]. *农药科学与管理*, 2011, 32(11): 583–586.
- Gong Y, Shan WL, Jian Q, *et al.* Determination of forchlorfenuron residues in cucumber, watermelon and soil [J]. *Pest Sci and Admin*, 2011, 32(11): 583–586.
- [10] 张群, 刘春华, 吴南村, 等. 气相色谱-串联质谱法同时测定龙眼中的噻菌灵、多效唑、己唑醇[J]. *农药*, 2014, 53(6): 423–425.
- Zhang Q, Liu CH, Wu NC, *et al.* Determination of thiabendazole, paclobutrazol and hexaconazole pesticide residues in longan using GC-MS/MS [J]. *Agrochem*, 2014, 53(6): 423–425.
- [11] 宋莹, 张耀海, 黄霞, 等. 气相色谱-串联质谱法快速检测水果中的多效唑残留[J]. *分析化学*, 2011, 39(8): 30–34.
- Song Y, Zhang YH, Huang X, *et al.* Rapid determination of paclobutrazol in fruits by QuEChERS clean up and GC-MS [J]. *Chin J Anal Chem*, 2011, 39(8): 30–34.
- [12] 于红, 鹿毅, 王静静, 等. HPLC-MS/MS 法测定水果中残留的多效唑和烯效唑[J]. *新疆农业科学*, 2011, 48(1): 187–193.
- Yu H, Lu Y, Wang JJ, *et al.* Determination of paclobutrazol and uniconazole residues in fruits by HPLC-MS/MS [J]. *Xinjiang Agric Sci*, 2011, 48(1): 187–193.
- [13] 孙星, 丁悦, 汪佳蕾, 等. QuEChERS-高效液相色谱-串联质谱法测定果蔬中多效唑残留[J]. *食品科学*, 2014, 35(8): 76–79.
- Sun X, Ding Y, Wang JL, *et al.* Determination of paclobutrazol residues in fruits and vegetables by QuEChERS-HPLC/MSMS [J]. *Food Sci*, 2014, 35(8): 76–79.
- [14] 黄何何, 张缙, 徐敦明, 等. QuEChERS-液相色谱-串联质谱法同时测定水果中 21 种植物生长调节剂的残留量[J]. *色谱*, 2014, 32(7): 707–716.
- Huang HH, Zhang J, Xu DM, *et al.* Determination of 21 plant growth regulator residues in fruits by QuEChERS-HPLC/MSMS [J]. *Chin J Chromatogr*, 2014, 32(7): 707–716.
- [15] 吴莉莉, 吕媛媛, 沈兵, 等. 高效液相色谱-串联质谱法快速测定水果中氯吡啶残留量[J]. *理化检验-化学分册*, 2014, 50(2): 206–209.
- Wu LL, Lv YY, Shen B, *et al.* Determination of forchlorfenuron in fruits by HPLC/MSMS [J]. *Phys Testing Chem Anal Part B (Chem Anal)*, 2014, 50(2): 206–209.
- [16] 包媛媛, 张新永, 邵金良, 等. 多效唑在番茄和土壤中的残留与降解动态研究[J]. *生态环境学报*, 2014, 23(5): 864–869.
- Bao YY, Zhang XY, Shao JL, *et al.* Dynamics of the residue and degradation of paclobutrazol in tomato and soil [J]. *Ecol and Environ Sci*, 2014, 23(5): 864–869.

(责任编辑: 李振飞)

作者简介



邵金良, 副研究员, 主要研究方向为农产品质量安全与分析检测。
E-mail: shaojinliang@126.com



刘宏程, 博士, 研究员, 主要研究方向为农产品质量安全与风险评估。
E-mail: liuorg@163.com

“食源性致病微生物”专题征稿

食源性致病微生物的危害一直是食品安全关注的焦点之一, 微生物污染造成的食源性疾病是世界食品安全中最突出的问题。常见的食源性致病微生物主要包括细菌、病毒、寄生虫等, 食源性病原体的种类仍在增加, 对食品安全以及人类自身健康已经构成了不容忽视的威胁。

鉴于此, 本刊特别策划了“食源性致病微生物”专题, 由南昌大学的许杨教授

担任专题主编。许教授为国务院特殊津贴专家, 国家重点学科食品科学学科带头人, 兼任中国营养学会第七届理事会理事, 中国微生物学会微生物毒素专业委员会委员, 国家自然科学基金评审委员会委员, 江西省营养学会理事长。

专题将围绕以下几个问题进行论述或您认为在“食源性致病微生物”方面有意义的研究方向, 计划在 2015 年 10 月出版。

- 1、食源性致病微生物的分离和检测新技术的研究;
- 2、主要食源性致病微生物控制的研究;
- 3、食源性致病菌的毒力特征与耐药性的研究;
- 4、低水分活度食品微生物安全的研究;
- 5、亚致死食源性致病菌的多重修复的研究;
- 6、食品生产过程中食源性致病微生物的防控研究;
- 7、食源性致病微生物的市场监控和溯源;
- 8、食源性致病微生物流行病学的调查与分析。

鉴于您在该领域的成就, 本刊编辑部及许杨教授特邀请您为本专题撰写稿件, 以期进一步提升该专题的学术质量和影响力。综述、实验报告、研究论文均可, 请在 2015 年 9 月 20 日前通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并优先发表。

感谢您的参与和支持!

投稿方式:

网站: www.chinafoodj.com

E-mail: jfoodsq@126.com

《食品安全质量检测学报》编辑部