

胶体金免疫层析法同时检测果蔬中克百威、水胺硫磷、百菌清及虫酰肼的应用研究

周佳¹, 何丹¹, 王炳志², 曾楚怡², 李道霞¹, 刘美¹, 周春芳³, 余晓琴^{1*}

(1. 四川省食品检验研究院, 成都 611731; 2. 深圳市易瑞生物技术股份有限公司, 深圳 518101;
3. 西南民族大学 食品科学与技术学院, 成都 610041)

摘要: **目的** 研究胶体金免疫层析法同时检测果蔬中克百威、水胺硫磷、百菌清及虫酰肼残留量的适用性。**方法** 考察胶体金免疫层析法同时检测克百威、水胺硫磷、百菌清及虫酰肼在不同基质中的灵敏度, 并将该方法与参比方法进行比较, 验证其假阴性率和假阳性率。**结果** 克百威检出限为 0.02 mg/kg, 水胺硫磷为 0.05 mg/kg、百菌清为 3 mg/kg、虫酰肼为 0.2 mg/kg, 基本满足国家标准对果蔬中这些农药的限量要求。对韭菜、大白菜进行加标实验, 均未出现假阳性及假阴性, 与参比方法无显著差异; 除丙硫克百威、丁硫克百威与克百威有交叉反应外, 水胺硫磷、百菌清及虫酰肼与非对应农药均无交叉反应。**结论** 该方法操作快速、准确、灵敏、简便, 适用于果蔬中克百威、水胺硫磷、百菌清及虫酰肼的同时检测。

关键词: 胶体金免疫层析法; 克百威; 水胺硫磷; 百菌清; 虫酰肼; 果蔬

Application research on the simultaneous determination of carbofuran, hydrocarbophos, chlorothalonil and tebufenozide in fruits and vegetables by colloidal gold immunochromatography

ZHOU Jia¹, HE Dan¹, WANG Bing-Zhi², ZENG Chu-Yi², LI Dao-Xia¹, LIU Mei¹,
ZHOU Chun-Fang³, YU Xiao-Qin^{1*}

(1. Sichuan Institute for Food Inspection, Chengdu 611731, China; 2. Shenzhen Bioeasy Biotechnology Co., Ltd., Shenzhen 518101, China; 3. College of Food Science and Engineering, Southwest Minzu University, Chengdu 610041, China)

ABSTRACT: Objective To study the reliability for the simultaneous determination of carbofuran, hydrocarbophos, chlorothalonil and tebufenozide residues in fruits and vegetables by colloidal gold immunochromatography. **Methods** The experiment verified the sensitivity of colloidal gold immunochromatography for detecting carbofuran, hydrocarbophos, chlorothalonil and tebufenozide in different substrates, this method was compared with the reference standard method to verify the false negative and false positive rate of the test results. **Results** The limit of detection of carbofuran was 0.02 mg/kg, hydrocarbophos was 0.05 mg/kg, chlorothalonil was 3 mg/kg, and tebufenozide was 0.2 mg/kg, basically met the national standard limit requirements for these pesticides in fruits and vegetables. The standard addition test for leeks and Chinese cabbage showed no false positives and false negatives, which was not significantly different from the reference method;

基金项目: 四川省科技厅重点研发项目(2020YFS0390)

Fund: Supported by the Key Research and Development Project of Sichuan Province Science and Technology Department (2020YFS0390)

*通信作者: 余晓琴, 博士, 高级工程师, 主要研究方向为食品安全与标准。E-mail: 113343838@qq.com

*Corresponding author: YU Xiao-Qin, Ph.D, Senior Engineer, Sichuan Institute for Food Inspection, Chengdu 611731, China. E-mail: 113343838@qq.com

except for the cross-reaction of benfuracarb, carbosulfan and carbofuran, hydrocarbophos, chlorothalonil and tebufenozide had no cross-reaction with non-corresponding pesticides. **Conclusion** This method is fast, accurate, sensitive and simple, which is suitable for the simultaneous determination of carbofuran, hydrocarbophos, chlorothalonil and tebufenozide in fruits and vegetables.

KEY WORDS: colloidal gold immunochromatography; carbofuran; hydrocarbophos; chlorothalonil; tebufenozide; fruits and vegetables

0 引 言

在果蔬种植过程中大量使用农药,保障农作物产量的同时,也引入了食品安全问题^[1]。农药残留的检测主要有气相色谱-质谱联用法^[2-3]、液相色谱-质谱联用法^[4-5]、液相色谱法^[6]及气相色谱法^[7-8]等,均使用操作复杂的仪器分析,检测费用高,周期长。对于在流通环节停留时间较短的果蔬,采用国家标准方法检测,时间上很难控制在销售期内完成,无法有效保证食品安全。因此,利用快速检测技术对市场上果蔬进行农药残留检测很有必要^[9-10]。农药残留的快速检测方法在基层监管、重大活动保障、上市前自测中发挥重要作用^[11-13]。

常见的快速检测方法酶抑制率法,主要适用有机磷和氨基甲酸酯类农药的检测,方法受酶试剂的影响,适用的种类有限,准确度也不够^[14];而胶体金免疫层析法,以胶体金为示踪标志物,是一种抗原抗体免疫反应为基础的标记技术,成本低、操作简单、准确率高^[15-16]。

克百威、水胺硫磷、百菌清及虫酰肼是果蔬中常见的农药残留抽检不合格项目^[17],目前没有同时检测果蔬中这几种农药残留的快速检测方法。本研究旨在对胶体金免疫层析法同时检测果蔬中克百威、水胺硫磷、百菌清及虫酰肼的快速检测技术开展应用研究,以期对农产品质量安全监管和农产品生产者安全自检工作提供参考。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

克百威、水胺硫磷、百菌清及虫酰肼四联快速检测试纸条、YRSPN 样品通用提取液(50mL/瓶)(深圳市易瑞生物技术股份有限公司);百菌清标准溶液(1000 μg/mL)、水胺硫磷标准溶液(100 μg/mL)(北京曼哈格生物科技有限公司);克百威标准溶液(100 μg/mL,美国 A Chemtek 公司);虫酰肼、丙硫克百威、丁硫克百威、啶虫脒、多菌灵、噻虫嗪(纯度均≥98%,德国 Dr. Ehrenstorfer 公司)。

1.2 仪器与设备

YR-100 胶体金免疫层析法读数仪(深圳市易瑞生物技术股份有限公司);Agilent 7890A-7000B 气相色谱-质谱联用仪、Agilent 1290-6460 高效液相色谱-三重四极杆质谱联

用仪(美国安捷伦公司);LC-20AT 高效液相色谱仪(日本岛津公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 标准溶液的配制

(1)标准储备液的配制

取虫酰肼标准品约 10 mg,精密称定,置 10 mL 容量瓶中,用乙腈溶解并定容至刻度,摇匀,得虫酰肼标准储备液(1000 μg/mL)。

(2)标准工作液的配制

移取虫酰肼标准储备液、百菌清标准溶液各 1.0 mL 分别至 10 mL 容量瓶中,用乙腈稀释并定容至刻度,摇匀,得虫酰肼、百菌清标准中间液(100 μg/mL)。移取克百威标准溶液、水胺硫磷标准溶液、百菌清标准中间液、虫酰肼标准中间液各 1.0 mL,至 10 mL 容量瓶中,用乙腈稀释并定容至刻度,摇匀,得克百威、水胺硫磷、百菌清、虫酰肼标准工作液(10 μg/mL)。

1.3.2 原 理

本研究采用胶体金免疫层析技术,在检测微孔中冻干金标抗体,在硝酸纤维素膜的检测线(T 线)和对照线(C 线)处分别包被抗原和羊抗鼠 IgG 二抗。样本中若含有克百威、水胺硫磷、百菌清或虫酰肼,在微孔温育过程中与胶体金标记的单克隆抗体结合,从而抑制了金标抗体与硝酸纤维素膜上包被的抗原结合。若 T 线颜色弱于 C 线颜色或不显色,即样品中目标物的含量等于或超过产品检出限,反之则低于产品检出限。

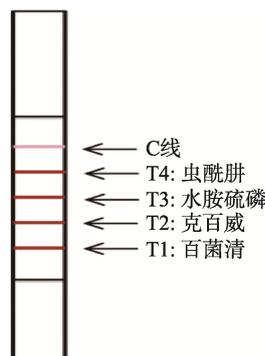


图 1 克百威、水胺硫磷、百菌清及虫酰肼四联快速检测试纸条示意图

Fig.1 Schematic diagram of carbofuran, hydrocarbophos, chlorothalonil and tetrahydrozide test strips

1.3.3 检测方法

(1)前处理

取(2±0.1) g 剪碎后的样品于 50 mL 离心管中, 量取并加入 4 mL YRSPN 样品通用提取液, 充分振荡混匀, 即得待测液。

(2)样品检测

在红色微孔中加入 200 μ L 待测液(约 8~12 滴), 可用一次性吸管上下抽吸使其混匀, 20~40 $^{\circ}$ C 下反应 3 min, 取出试纸条, 将测试条插入上述红色微孔中, 再在 20~40 $^{\circ}$ C 下反应 6 min, 从微孔中取出试纸条, 轻轻刮去试纸条下端的吸水海绵, 并进行结果判读。若 T 线颜色较 C 线颜色深, 结果为阴性; 若 T 线颜色比 C 线颜色浅, 或 T 线不显色, 结果为阳性; 若 T 线、C 线均未显色, 则结果无效。

1.3.4 过程质控实验

(1)空白实验

取阴性试样(2±0.1) g 于 50 mL 离心管中, 按 1.3.3 检测方法步骤操作。

(2)加标实验

取 8 份阴性试样(2±0.1) g 于 50 mL 离心管中, 加入适量克百威、水胺硫磷、百菌清及虫酰肼标准工作液各 2 份, 使克百威浓度为 0.02 mg/kg、水胺硫磷为 0.05 mg/kg、百菌清浓度为 3 mg/kg、虫酰肼为 0.2 mg/kg, 按 1.3.3 检测方法步骤操作。

(3)质控结果

空白实验测定结果为阴性, 加标质控实验测定结果为阳性。

1.3.5 结果评价

结果按照《食品快速检测方法评价技术规范》要求, 对灵敏度、特异性、假阳性率、假阴性率与参比方法一致性进行评价。

2 结果与分析

2.1 胶体金免疫层析法前处理方法的优化

(1)前处理中稀释比的选择

取韭菜、大白菜阴性样品, 分别添加标准工作液, 制成浓度水平为克百威 0.02 mg/kg、水胺硫磷 0.05 mg/kg、百

菌清 3 mg/kg、虫酰肼 0.2 mg/kg 的阳性样品。加入 4 mL 或 8 mL YRSPN 样品通用提取液验证, 得出最适稀释比。结果显示, 样品 2 倍稀释结果较 4 倍稀释灵敏度更好, 确定前处理为 2 g 样品加入 4 mL YRSPN 样品通用提取液提取, 最终选择稀释比为 2:4 (g/mL)。

(2)反应时间的选择

取韭菜、大白菜阴性样品, 分别添加标准工作液, 制成浓度水平为克百威 0.02 mg/kg、水胺硫磷 0.05 mg/kg、百菌清 3 mg/kg、虫酰肼 0.2 mg/kg 的阳性样本。验证第 1 步反应时间对灵敏度的影响, 得出最适反应时间。考虑到试纸条跑带和条带显色的问题, 将第 2 步反应时间确定为 6 min。由表 1 可知, 2~3 min 后反应趋于稳定, 阳性没有再发生明显变化, 故第 1 步反应时间确定为 3 min。

2.2 灵敏度实验

GB 2763—2019《食品安全国家标准 食品中农药最大残留量》中对克百威、水胺硫磷、百菌清及虫酰肼残留量均有限量要求, 果蔬中的克百威最大残留限量要求为 0.02~0.1 mg/kg, 水胺硫磷最大残留限量要求为 0.01~0.05 mg/kg, 百菌清最大残留限量要求为 3~10 mg/kg, 虫酰肼最大残留限量要求为 0.5~5 mg/kg。本实验分别以此浓度为关注浓度, 在阴性样品中添加关注浓度标准溶液, 模拟阳性样品, 当检出率为 100%时的浓度为该方法的检出限。

选取阴性大白菜、菠菜等 22 种果蔬基质, 加标浓度分别为克百威 0.015 mg/kg 及 0.02 mg/kg, 水胺硫磷 0.04 及 0.05 mg/kg, 百菌清 2 mg/kg 及 3 mg/kg, 虫酰肼 0.1 mg/kg 及 0.2 mg/kg, 结果显示, 当克百威添加浓度为 0.015 mg/kg 时, 普通白菜出现弱阳性反应, 当添加浓度增加到 0.02 mg/kg 时, 不同果蔬基质均出现阳性反应; 当水胺硫磷添加浓度为 0.04 mg/kg 时, 菠菜、普通白菜出现弱阳性反应, 当添加浓度增加到 0.05 mg/kg 时, 不同果蔬基质均出现阳性反应; 当百菌清添加浓度为 2 mg/kg 时, 菠菜、红薯叶、韭菜出现弱阳性反应, 当添加浓度增加到 3 mg/kg 时, 不同果蔬基质均出现阳性反应; 当虫酰肼添加浓度为 0.1 mg/kg 时, 菠菜、韭菜出现弱阳性反应, 当添加浓度增加到 0.2 mg/kg 时, 不同果蔬基质均出现阳性反应。

表 1 反应时间的优化

Table 1 Optimization of reaction time

反应时间 /min	百菌清加标浓度/(mg/kg)			克百威加标浓度/(mg/kg)			水胺硫磷加标浓度/(mg/kg)			虫酰肼加标浓度/(mg/kg)		
	0	2	3	0	0.015	0.02	0	0.04	0.05	0	0.1	0.2
1+6	-	-	-	-	±	+	-	±	+	-	+	+
2+6	-	±	+	-	+	+	-	±	+	-	+	+
3+6	-	±	+	-	+	+	-	+	+	-	+	+
4+6	-	+	+	-	+	+	-	+	+	-	+	+
5+6	-	+	+	-	+	+	-	+	+	-	+	+

注:“-”表示阴性;“+”表示阳性;“±”表示弱阳性,下同。

最终, 确定克百威的检出限为 0.02 mg/kg、水胺硫磷为 0.05 mg/kg、百菌清为 3 mg/kg、虫酰肼为 0.2 mg/kg。

2.3 比对实验

选取阴性的韭菜、大白菜, 每组各 40 份, 分成加标样品和空白样品各 20 份, 加标浓度为克百威 0.02 mg/kg、水胺硫磷 0.05 mg/kg、百菌清 3 mg/kg、虫酰肼 0.2 mg/kg。随机抽取快速检测试纸条, 检测韭菜、大白菜样品, 计算灵敏度、特异性、假阳性率与假阴性率。

实验结果表明, 本研究方法检测克百威、水胺硫磷、百菌清、虫酰肼的灵敏度、特异性均为 100%, 韭菜、大白菜 2 个品种每组各 20 份样品, 均未出现假阳性及假阴性, 假阳性率与假阴性率为 0。

2.4 交叉反应

选择丙硫克百威、丁硫克百威、啶虫脒、多菌灵、噻虫嗪 5 种农药开展交叉反应实验, 将以上农药配制成混合标准溶液, 分别添加到经国家标准确认为阴性的韭菜、大白菜样品中, 添加浓度均为 10 倍以上。结果见表 2, 克百威交叉实验中, 丙硫克百威、丁硫克百威对样品中克百威的检测有干扰, 交叉率分别为 50%、25%; 啶虫脒、多菌灵、噻虫嗪

检测结果为阴性; 水胺硫磷、百菌清、虫酰肼的交叉实验均为阴性。

3 结论与讨论

(1) 本方法较市面上仅检测单一农药的快速检测方法分析时间更短, 能够在 20 min 内同时完成果蔬基质中克百威、水胺硫磷、百菌清及虫酰肼全部检测工作。与国家标准进行对比, 其灵敏度、假阳性率、假阴性率及特异性均较好, 结果准确可靠。该方法耗时短、操作简便, 无需大型设备仪器, 适合上市前自测及基层农产品监督, 具有应用价值。

(2) 以克百威 0.015~0.02 mg/kg、水胺硫磷 0.04~0.05 mg/kg、百菌清浓度 2~3 mg/kg、虫酰肼 0.1~0.2 mg/kg 为关注浓度, 考察方法的灵敏度, 经过对前处理中稀释比及反应时间的优化, 结果确定克百威检出限为 0.02 mg/kg、水胺硫磷为 0.05 mg/kg、百菌清为 3 mg/kg、虫酰肼为 0.2 mg/kg, 基本满足国家标准灵敏度要求。

(3) 该方法中丙硫克百威、丁硫克百威对样品中克百威的检测存在交叉反应, 交叉率分别为 50% 及 25%, 当样品显示克百威阳性时, 需要同时考察丙硫克百威、丁硫克百威的含量情况。水胺硫磷、百菌清、虫酰肼未发现交叉反应。

表 2 交叉实验结果
Table 2 Results of cross reaction test

交叉实验药物	添加浓度/(mg/kg)	克百威		水胺硫磷		百菌清		虫酰肼	
		检测结果	交叉率/%	检测结果	交叉率/%	检测结果	交叉率/%	检测结果	交叉率/%
空白样品	0	-	/	-	/	-	/	-	/
	0.02	-		-	0	-	0	-	0
丙硫克百威	0.04	+	50	-	0	-	0	-	0
	30	+		-	0	-	0	-	0
丁硫克百威	0.02	-		-	0	-	0	-	0
	0.08	+	25	-	0	-	0	-	0
	30	+		-	0	-	0	-	0
啶虫脒	30	-	0	-	0	-	0	-	0
多菌灵	30	-	0	-	0	-	0	-	0
噻虫嗪	30	-	0	-	0	-	0	-	0

参考文献

- 蒋锋. 农药残留检测存在的问题及对策分析[N]. 食品安全导刊, 2020, (12): 78-81.
JIANG F. The problems and countermeasures about pesticide residue detection [J]. Chin Food Saf Magaz, 2020, (12): 78-81.
- 霍甜甜, 李彦超, 周宁, 等. GC-MS/MS 方法测定卷柏中 66 种农药残留 [J]. 中国药物评价, 2021, 38(1): 62-69.
HUO TT, LI YC, ZHOU N, et al. Determination of 66 kinds of pesticide residues in herba silaginellae by GC-MS/MS [J]. Chin J Drug Eval, 2021, 38(1): 62-69.
- 孟晓萌, 潘少香, 谭梦男, 等. 气相色谱-三重四极杆质谱法同时测定草莓中多种农残及其衍生物残留 [J]. 食品科技, 2020, 25(8): 276-281.
MENG XM, PAN SX, TAN MN, et al. Determination of pesticide residues in strawberry by gas chromatography-triple quadrupole mass spectrometry [J]. Food Sci Technol, 2020, 25(8): 276-281.
- 朱琳, 张蕊, 张冰, 等. 超高液相色谱-串联质谱法快速测定大米中 14 种农药残留 [J]. 中国粮油学报, 2021, 36(5): 149-153.

- ZHU L, ZHANG R, ZHANG B, *et al.* Rapid determination of 14 pesticide residues by UPLC-triple quadrupole tandem mass spectrometry [J]. *J Chin Cere Oils Ass*, 2021, 36(5): 149–153.
- [5] 宾婕, 王以鑫, 胡建林, 等. QuEChERS-UPLC-MS/MS 法快速测定香茅草中 33 种农药残留量[J]. *药物分析杂志*, 2021, 41(3): 466–473.
BIN J, WANG YX, HU JL, *et al.* Determination of 33 pesticide residues in cymbopogon citrates by modifies QuEChERS method and UPLC-MS/MS [J]. *Chin J Pharm Anal*, 2021, 41(3): 466–473.
- [6] 吴定芳, 王磊, 何茫茫, 等. 高效液相色谱法测定蔬菜中 19 种氨基甲酸酯类农药的残留量[J]. *理化检验*, 2020, 56(2): 142–147.
WU DF, WANG L, HE MM, *et al.* Determination of residual amounts of 19 carbamate pesticides in vegetables by HPLC [J]. *Phys Chem Test*, 2020, 56(2): 142–147.
- [7] 熊俊杰, 刘超, 尹海飞, 等. 硫酸铜处理-气相色谱法测定洋葱中 12 种有机磷农药残留[J]. *食品安全质量检测学报*, 2021, 12(6): 2246–2251.
XIONG JJ, LIU C, YIN HF, *et al.* Determination of 12 kinds of organophosphorus pesticide residues in onion by copper sulfate treatment-gas chromatography [J]. *J Food Saf Qual*, 2021, 12(6): 2246–2251.
- [8] 王驰, 王冠. 气相色谱法快速测定蔬菜、水果中有机磷农药残留[J]. *化学工程师*, 2019, 33(9): 27, 34–36.
WANG C, WANG G. Determination of organophosphorus pesticide residues in vegetables and fruits by gas chromatography [J]. *Chem Eng*, 2019, 33(9): 27, 34–36.
- [9] 徐为霞, 郭智广, 王毅红. 农药残留速测试剂盒在实际应用中的问题分析[J]. *中国卫生检验杂志*, 2019, 29(13): 1650–1652, 1655.
XU WX, GUO ZG, WANG YH. Problems analysis in practical application of pesticide residues rapid detection kit [J]. *Chin J Health Lab Technol*, 2019, 29(13): 1650–1652, 1655.
- [10] SHI CG, ZHAO SQ, ZHANG K, *et al.* Preparation of colloidal gold immunochromatography strip for detection of methamidophos residue [J]. *J Environ Sci*, 2008, 20(11): 1392–1397.
- [11] JIANG J, ZHAO SL, HUANG Y, *et al.* Highly sensitive immunoassay of carcinoembryonic antigen by capillary electrophoresis with gold nanoparticles amplified chemiluminescence detection [J]. *J Chromatogr A*, 2013, (1282): 161–166.
- [12] HENDRICKSON OD, ZVEREVA EA, ZHERDEV AV, *et al.* Development of a double immunochromatographic test system for simultaneous determination of lincomycin and tylosin antibiotics in foodstuffs [J]. *Food Chem*, 2020, 318: 126510.
- [13] HUA XD, QIAN GL, QIN N, *et al.* Development of an immunochromatographic assay for the rapid detection of chlorpyrifos-methyl in water samples [J]. *Biosens Bioelectron*, 2010, 26(1): 189–194.
- [14] CONAWAY JE. New trends in analytical technology and methods for pesticide residue analysis [J]. *J AOAC Int*, 1991, 74(5): 715–717.
- [15] LAN JQ, WANG MF, DING S, *et al.* Simultaneous detection of carbofuran and 3-hydroxy-carbofuran in vegetables and fruits by broad-specific monoclonal antibody-based ELISA [J]. *Food Agrimmunol*, 2019, 30(1): 1085–1096.
- [16] 周丽岩, 吕宝新, 任勃儒, 等. 胶体金免疫层析技术在食品安全检测中的应用研究[J]. *中国调味品*, 2015, 40(2): 128–131.
ZHOU LY, LV BX, REN BR, *et al.* Research on application of colloidal gold immune chromatography technology in food safety testing [J]. *China Cond*, 2015, 40(2): 128–131.
- [17] 余晓琴. 食品中常见的农药解读[N]. *中国市场监管报*, 2020-03-26(08).
YU XQ. Interpretation of common pesticide in food [N]. *China Market Regul News*, 2020-03-26(08).
- [18] 张晓鹏, 张馨, 王伟, 等. 95%水胺硫磷慢性毒性和致癌性研究[J]. *中国食品卫生杂志*, 2010, 22(3): 229–232.
ZHANG XP, ZHANG X, WANG W, *et al.* Chronic toxicity and carcinogenicity of 95% isocarbophos in rats [J]. *Chin J Food Hyg*, 2010, 22(3): 229–232.
- [19] 胡文敏, 董海燕, 宁忻, 等. 云南省部分食品克百威膳食摄入风险评估[J]. *食品安全质量检测学报*, 2019, 10(22): 7744–7749.
HU WM, DONG HY, NING X, *et al.* Risk assessment of Carbofuran intake of parts of foods in Yunnan province [J]. *J Food Saf Qual*, 2019, 10(22): 7744–7749.
- [20] 王玲玲, 候玉泽, 职爱民, 等. 食品中百菌清残留检测方法研究进展[J]. *食品科学*, 2013, 34(7): 326–329.
WANG LL, HOU YZ, ZHI AIM, *et al.* A review: Determination of chlorothalonil in food [J]. *Food Sci*, 2013, 34(7): 326–329.
- [21] 陈丽萍, 赵学平, 吴长兴, 等. 6 种农药对家蚕的毒性与安全性评价研究[J]. *农药科学与管理*, 2006, 27(3): 22–24.
CHEN LP, ZHAO XP, WU CX, *et al.* Toxicity and safety evaluation of six pesticides to silkworm, *Bombyx mori* [J]. *Pestic Sci Admin*, 2006, 27(3): 22–24.

(责任编辑: 于梦娇 郑丽)

作者简介



周佳, 硕士, 副主任药师, 主要研究方向为食品检测技术。

E-mail: 275946785@qq.com

余晓琴, 博士, 高级工程师, 主要研究方向为食品安全与标准。

E-mail: 113343838@qq.com