

# 液相色谱-串联质谱法检测蔬菜中氯吡脞残留量的前处理研究

张岩岩\*, 尚岩岩, 李彪, 屈平

(阜阳市产品质量监督检验所, 阜阳 236000)

**摘要:** **目的** 利用正交实验构建一种液相色谱-串联质谱法检测蔬菜中氯吡脞残留量的前处理方法。**方法** 通过加标回收率的比较, 从二氯甲烷、乙酸乙酯、丙酮、乙腈中选择合适的提取溶剂和提取方式; 选取氨基固相萃取柱为净化柱; 从甲醇、二氯甲烷、甲醇-二氯甲烷等中选择适合的洗脱溶剂。使用 20 mL 乙腈体系对样品进行 30 min 提取, 经氨基柱净化, 二氯甲烷为淋洗液, 甲醇为洗脱剂, 45 °C 氮吹浓缩富集, 甲醇溶液定容过滤后测定。**结果** 通过加标回收率和精密度实验, 结果表明平均加标回收率为 91%~116%和相对标准偏差(RSD)为 1.6%~5.6%。**结论** 该方法简单、实用、快速, 具有较高的准确度和重复性, 可用于蔬菜中氯吡脞的残留量测定的前处理。

**关键词:** 前处理; 氯吡脞; 液相色谱-串联质谱法; 蔬菜

## Pre-treatment of determination of forchlorfenuron residues in vegetables by liquid chromatography-tandem mass spectrometry

ZHANG Yan-Yan\*, SHANG Yan-Yan, LI Biao, QU Ping

(Fuyang City Product Quality Supervision and Inspection Institute, Fuyang 236000, China)

**ABSTRACT: Objective** To establish a pre-treatment method for the determination of forchlorfenuron residues in vegetables by liquid chromatography tandem mass spectrometer. **Method** According to comparison of the standard recovery rates, the right extraction solvent and method were chosen from methylene chloride, ethyl acetate, acetone and acetonitrile with amino solid-phase extraction column as spin column. Suitable solvent elution was chosen from methanol, dichloromethane and methanol-dichloromethane. The sample was extracted by 20 mL acetonitrile for 30 min, cleaned up by solid-phase extraction NH<sub>2</sub> column, eluted by methylene chloride, enriched by nitrogen at 45 °C, constant-volumed by methanol, filtered and detected by instrument. **Results** According to the average recoveries and precision experiments, the result showed that the average recoveries were 91%~116% and relative standard deviation(RSD) was 1.6%~5.6%. **Conclusion** This method is simple, practical, quick with high accuracy and repeatability, and can be used as a pre-treatment method for the determination of forchlorfenuron residues in vegetables.

**KEY WORDS:** pre-treatment; forchlorfenuron; liquid chromatography-tandem mass spectrometry; vegetables

\*通讯作者: 张岩岩, 工程师, 主要研究方向为食品安全检测。E-mail: 475829091@qq.com

\*Corresponding author: ZHANG Yan-Yan, Engineer, Fuyang Product Quality Supervision and Inspection Institute, No.2008, Huaihe Road, Yingzhou District, Fuyang 236000, China. E-mail: 475829091@qq.com

## 1 引言

氯吡脞(forchlorfenuron, CPPU)<sup>[1,2]</sup>, 是目前人工合成的活性最高的细胞分裂素, 具有加速细胞分裂、促进细胞增大与分化、诱导芽的发育、防止落花落果等作用。作为一种植物生长调节剂, 氯吡脞近年被广泛应用于西红柿、黄瓜等蔬菜生产, 以促进果实肥大、提高产量、保鲜等, 而长期接触氯吡脞会引起体内蛋白质代谢的紊乱、肺气肿和体形消瘦。氯吡脞已经引起了人们的广泛关注。2014年, 我国规定黄瓜中氯吡脞最高残留限量为 0.1 mg/kg<sup>[3]</sup>, 其它蔬菜及蔬菜制品中氯吡脞最高残留限量尚未制定标准。

目前, 国内外已经有关于氯吡脞在农作物上残留量的分析方法方面的报道, 主要是液相色谱法<sup>[4-7]</sup>。胡继业等<sup>[8]</sup>采用 PSA 法对样品进行前处理, 以高效液相色谱法测定西瓜中的氯吡脞残留量; Sharma 等<sup>[9]</sup>研究了氯吡脞在葡萄、土壤和水中的残留; Antonio 等<sup>[10]</sup>采用液相色谱-飞行时间质谱(LC-TOF-MS)法测定了蔬菜中的氯吡脞残留; 张军等<sup>[11]</sup>、邓玲等<sup>[12]</sup>采用液相色谱-电喷雾串联质谱检测水果中的氯吡脞的检测。但是, 对蔬菜和蔬菜制品中氯吡脞残留的测定还没有统一的分析方法。

本研究采用具有灵敏度高、抗干扰能力强等优点的液相色谱-三重四极杆串联质谱法, 对蔬菜、蔬菜制品(如罐头、果蔬饮料等)中氯吡脞残留的测定的前处理方法进行研究。结合固相萃取净化技术, 为液相色谱-三重四极杆串联质谱法检测蔬菜中氯吡脞残留建立一种可靠快速的前处理方法, 为蔬菜制品(如罐头、果蔬饮料等)中氯吡脞残留的测定提供有参考价值的前处理方法。

## 2 材料与方法

### 2.1 仪器和试剂

1260 高效液相色谱仪(美国 Agilent 公司), 6430 三重四极杆质谱仪配 ES 源(美国 Agilent 公司),

TD16-WS 离心机(湖南赛特湘仪离心机有限公司), JK-3200DB 超声波提取仪(合肥金尼克机械制造有限公司), 氮吹仪(美国 Organomation 公司)。

氯吡脞(forchlorfenuron)标准品(纯度 99.5%, 德国 Dr. Ehrenstorfer 公司), 并根据需要稀释成适当浓度的标准工作液, 4 °C 下保存。乙腈、甲醇(色谱纯, 美国 Tedia 公司); 屈臣氏蒸馏水。

氨基固相萃取柱(500 mg/6 mL): 5 mL 甲醇、5 mL 二氯甲烷活化, 10 mL 二氯甲烷淋洗, 15 mL 甲醇洗脱。

黄瓜: 从阜阳市颍州区菜市场上随机购买。

### 2.2 仪器参数

#### 2.2.1 色谱条件

ZORBAX Extend-C<sub>18</sub> 色谱柱(100 mm × 2.1 mm, 3.5 μm); 流动相: 甲醇: 水(50:50, V:V); 流速: 0.30 mL/min; 柱温: 30 °C; 进样量: 10 μL。

#### 2.2.2 质谱条件

离子源: ESI 正离子模式(ESI<sup>+</sup>); 扫描方式: 多反应监测(MRM); 离子源温度: 300 °C; 雾化气: 30 psi; 电喷雾电压: 4000 V。

### 2.3 样品前处理

黄瓜样品粉碎处理后, 称取样品 2.5 g 匀浆置于 50 mL 离心管中, 分别加入 20 mL 提取溶剂进行选择实验。

### 2.4 正交实验方法

#### 2.4.1 提取溶剂和提取方式的选择

乙腈、二氯甲烷、丙酮和乙酸乙酯都可以做氯吡脞的提取溶剂<sup>[13,14]</sup>。通过在黄瓜样品中使用超声提取进行的添加回收率测定实验, 选择合适的提取剂。

#### 2.4.2 正交实验因素和水平

根据实验室现有条件, 以回收率为净化洗脱条件的评价标准, 考虑到检测蔬菜、水果及其制品中氯吡脞残留量样品净化处理的主要影响因素为静置吸附时间、洗脱液选择、洗脱次数及洗脱液体积 4 因素, 确定正交实验因素及水平见表 2。

表 1 质谱参数  
Table 1 Parameters of mass spectrometry

	母离子( <i>m/z</i> )	定量离子(Q)( <i>m/z</i> )	定性离子(q)( <i>m/z</i> )	碰撞电压(V)	碰撞能量(eV)
氯吡脞	248.0	129.0	93.0	95	15
	248.0			95	35

### 2.4.3 洗脱液的富集

本文主要采用 45 °C 氮吹富集, 富集后使用 1 mL 甲醇溶液溶解过滤后测定。

### 2.4.4 基质效应的研究

由于基质效应的影响, 回收率试验数据不准确。依据待测组分和外标物在检测器上的响应值峰面积(或峰高)之比进行定量分析, 基质匹配标准溶液校准, 是一种有效的基质补偿方法<sup>[15]</sup>。因此, 采用标准加入法进行定量, 以满足准确度符合残留分析对准确度的要求。称取空白样品 6 份, 分别加入适当体积的氯吡脞标准液, 按以上要求处理, 得到理论浓度 5.0、10.0、20.0、50.0、100.0、200.0 ng/mL 标准系列。

### 2.4.5 蔬菜中氯吡脞残留量的前处理方法的验证

为了验证方法的准确性, 对测定方法进行加标回收试验, 测定不同样品、不同氯吡脞加入量的加标回收率。GB/T27404-2008 中 F.1 规定, 对食品中制定最高残留限量 MRL 物质, 回收率的确认应在方法测定底限、常见限量指标、选取合适的点进行 3 水平试验。在进行加标回收率研究时, 选择 2.5 ng/mL(2.0 μg/kg)、125.0 ng/mL(0.1mg/kg)、150.0 ng/mL(0.12

mg/kg)3 个水平进行。按照 GB/T27404-2008 中 F.1 规定, 选择不同浓度进行精密度实验。

## 3 结果与讨论

### 3.1 提取溶剂和提取方式的选择结果

通过在黄瓜样品中使用超声提取进行的添加回收率测定实验, 最终选择了极性大、提取效率高的乙腈作为提取剂(见表 3)和超声提取时间为 30 min(见表 4)。

在此过程中, 利用氯化钠的盐析作用, 有利于乙腈和水分层, 故在此前处理过程中, 加入 3 g 氯化钠, 然后准确加入 20 mL 乙腈提取, 静置后 5000 r/min 离心 10 min, 移取 10 mL 上清液进行旋转蒸发后近干, 用二氯甲烷溶解后上柱待净化。

### 3.2 正交试验优化净化条件

#### 3.2.1 正交试验设计与结果

考虑到各因素的交互作用, 采用正交表  $L_{27}(3^{13})$  确定实验方案(表 5), 其中 Q1、Q2、Q3 为各因素在不同水平下的效应值。

表 2 正交实验因素与水平

Table 2 Factors and levels of orthogonal test

样品上样静置吸附时间(A)	淋洗除杂所需二氯甲烷体积(B)	洗脱液类型(C)	洗脱体积(D)
5 min	5 mL	10%无水甲醇-二氯甲烷	1×3 mL
10 min	10 mL	50%无水甲醇-二氯甲烷	2×3 mL
15 min	15 mL	甲醇	3×3 mL

表 3 不同提取溶剂的提取效率的比较(n=3)

Table 3 Comparison of extracting efficiency by different extraction reagents (n=3)

农药	添加水平	平均回收率(%)			
		乙腈	二氯甲烷	丙酮	乙酸乙酯
氯吡脞	10 μg/kg	98.6	82.7	89.5	75.0

表 4 使用乙腈提取不同提取时间的回收率(n=3)

Table 4 Recovery of different extraction time using acetonitrile (n=3)

农药	添加水平	使用乙腈提取不同时间的平均回收率(%)			
		10 min	20 min	30 min	40 min
氯吡脞	10 μg/kg	56.2	89.5	98.7	98.7

极差与因素的主次程度为:  $D > C > (A \times B)_1 (C \times D)_1 > (A \times C)_2 > (B \times C)_2 > A > (B \times C)_1 > B > (C \times D)_2 > (A \times B)_2 > (A \times C)_1 (B \times D)_2 > (A \times D)_1 > (B \times D)_1$ 。从表 5 看出影响蔬菜、水果及其制品中氯吡脞检测回收率的最主要因素是洗脱体积及洗脱液类型, 其次为交互因素  $(A \times B)_1 (C \times D)_1$ , 静置吸附时间、二氯甲烷除杂体积及其他交互因素对检测方法的回收率影响不是很大。

### 3.2.2 最优水平

根据表 5 正交实验分析规则, 计算得出最优水平, 即最优检测条件是  $A_1 B_2 C_3 D_3$  (静置吸附时间为 5 min、二氯甲烷除杂体积为 10 mL、洗脱液为甲醇、洗脱液体积为  $3 \times 3$  mL)。

### 3.2.3 工程平均

由表 5 可得出, 最优工程平均  $\mu$  为 105.12, 与实际试验结果基本相符。

### 3.2.4 正交实验结果

由于氯吡脞为极性物质, 为保证样品检测的回收率, 根据溶液极性, 选择添加 10%、50%、

100% 的无水甲醇-二氯甲烷洗涤液进行洗脱液量为  $1 \times 3$  mL、 $2 \times 3$  mL、 $3 \times 3$  mL 的正交试验, 试验结果表明当选用  $3 \times 3$  mL 的甲醇洗脱时, 回收率效果最好。

## 3.3 蔬菜中氯吡脞残留量的前处理方法的验证

### 3.3.1 方法回收率

选择 2.5 ng/mL (2.0  $\mu$ g/kg)、125.0 ng/mL (0.1 mg/kg)、150.0 ng/mL (0.12 mg/kg) 等 3 个水平进行。按照试验方法进行处理和测定, 根据标准曲线的回归方程计算回收率, 检测结果见表 6。

从以上结果可以看出, 不同样品在不同添加量水平下, 回收率在 91%~116% 之间, 符合 GB/T27404-2008 F.1 中规定的被测组分含量在 0.1 mg/kg 以下时回收率应在 60~120% 范围内的要求。

### 3.3.2 方法精密度的研究

按照 GB/T27404-2008 中 F.1 规定, 选择以下浓度进行精密度实验。详见表 7。

表 5  $L_{27}(3^{13})$  正交实验表  
Table 5  $L_{27}(3^{13})$  orthogonal test

试验号/列号	1 A	2 B	3 (A×B) <sub>1</sub> (C×D) <sub>1</sub>	4 (A×B) <sub>2</sub>	5 C	6 (A×C) <sub>1</sub> (B×D) <sub>2</sub>	7 (A×C) <sub>2</sub>	8 (B×C) <sub>1</sub>	9 D	10 (A×D) <sub>1</sub>	11 (B×C) <sub>2</sub>	12 (B×D) <sub>1</sub>	13 (C×D) <sub>2</sub>	结果(%)
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	55.30
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	66.02
3	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	100.03
4	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	3	3	3	79.04
5	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	1	1	1	98.02
6	1	2	2	2	3	3	3	1	1	1	2	2	2	79.01
7	1	3	3	3	1	1	1	3	3	3	2	2	2	85.02
8	1	3	3	3	2	2	2	1	1	1	3	3	3	54.98
9	1	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	79.23
10	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	79.96
11	2	1	2	3	2	3	1	2	3	1	2	3	1	83.20
12	2	1	2	3	3	1	2	3	1	2	3	1	2	79.98
13	2	2	3	1	1	2	3	2	3	1	3	1	2	87.30
14	2	2	3	1	2	3	1	3	1	2	1	2	3	55.20
15	2	2	3	1	3	1	2	1	2	3	2	3	1	79.20
16	2	3	1	2	1	2	3	3	1	2	2	3	1	55.70
17	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3	3	1	2	67.30
18	2	3	1	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3	93.52

续表 5

试验号/列号	1 A	2 B	3 (A×B) <sub>1</sub> (C×D) <sub>1</sub>	4 (A×B) <sub>2</sub>	5 C	6 (A×C) <sub>1</sub> (B×D) <sub>2</sub>	7 (A×C) <sub>2</sub>	8 (B×C) <sub>1</sub>	9 D	10 (A×D) <sub>1</sub>	11 (B×C) <sub>2</sub>	12 (B×D) <sub>1</sub>	13 (C×D) <sub>2</sub>	结果(%)
19	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	85.37
20	3	1	3	2	2	1	3	2	1	3	2	1	3	55.27
21	3	1	3	2	3	2	1	3	2	1	3	2	1	78.39
22	3	2	1	3	1	3	2	2	1	3	3	2	1	54.26
23	3	2	1	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2	77.23
24	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2	2	1	3	85.02
25	3	3	2	1	1	3	2	3	2	1	2	1	3	69.97
26	3	3	2	1	2	1	3	1	3	2	3	2	1	89.26
27	3	3	2	1	3	2	1	2	1	3	1	3	2	69.04
K1	696.65	683.52	654.38	671.32	651.92	693.82	657.51	675.4	558.74	678.9	692.87	677.39	672.56	T=2041.82
K2	681.36	694.28	727.48	691.62	646.48	674.43	681.32	666.88	676.34	674.82	658.41	680.64	696.27	X=75.62
K3	663.81	664.02	659.96	678.88	743.42	673.57	702.99	699.54	806.74	688.1	690.54	683.79	672.99	/
k1	77.41	75.95	72.71	74.59	72.44	77.09	73.06	75.04	62.08	75.43	76.99	75.27	74.73	/
k2	75.71	77.14	80.83	76.85	71.83	74.94	75.70	74.10	75.15	74.98	73.16	75.63	77.36	/
k3	73.76	73.78	73.33	75.43	82.60	74.84	78.11	77.73	89.64	76.46	76.73	75.98	74.78	/
R	32.84	30.26	73.10	20.30	96.94	20.25	45.48	32.66	248.00	13.28	34.46	6.40	23.71	/
Q1	1.78	0.32	-2.91	-1.03	-3.19	1.47	-2.57	-0.58	-13.54	-0.19	1.36	-0.36	-0.89	/
Q2	0.08	1.52	5.21	1.22	-3.79	-0.69	0.08	-1.53	-0.47	-0.64	-2.47	0.00	1.74	/
Q3	-1.87	-1.84	-2.29	-0.19	6.98	-0.78	2.49	2.10	14.01	0.83	1.10	0.35	-0.85	/

表 6 样品回收率测定结果(n=2)  
Table 6 Recoveries of samples (n=2)

样品名称	基体			平均测定结果(ng/mL)	回收率(%)
	样品量(g)	本底浓度(ng/mL)	添加浓度(ng/mL)		
黄瓜	2.5	未检出	2.5	2.84	113.6
	2.5	未检出	125.0	125.6	100.5
	2.5	未检出	150.0	46.02	110.5
西红柿	2.5	未检出	2.5	2.88	115.4
	2.5	未检出	125.0	114.1	91.3
	2.5	未检出	150.0	160.5	107.0

表 7 样品精密度测定结果  
Table 7 Precision Results of samples

样品名称	测定水平(ng/mL)	测定结果(ng/mL)						平均值(ng/L)	标准差	变异系数(%)
		1	2	3	4	5	6			
黄瓜	2.5	3.18	3.29	3.08	3.53	3.08	3.47	3.27	0.194	5.59
	125.0	138.0	136.8	135.0	134.2	139.7	142.9	137.77	3.208	2.33
	150.0	167.9	168.8	163.4	163.3	164.1	163.0	165.08	2.572	1.56
西红柿	2.5	3.28	3.37	3.27	3.30	3.62	3.28	3.53	0.136	3.85
	125.0	127.7	131.3	128.4	124.3	124.6	133.8	128.35	3.723	2.90
=	150.0	164.3	164.0	155.6	152.7	151.4	150.0	156.33	6.331	4.05

在 2.0~160.0  $\mu\text{g}/\text{kg}$  范围内, 本方法在重复性条件下获得的 2 次独立测定结果的绝对差值未超过算术平均值 10%; 总体情况符合 GB/T27404-2008 F.2 中规定的被测组分含量在 1~10  $\mu\text{g}/\text{kg}$  之间时, 实验室内变异系数应在 21~30% 之间; 被测组分含量在 10~100  $\mu\text{g}/\text{kg}$  之间时, 实验室内变异系数应在 15~21% 之间的要求。

## 4 结 论

本文构建了一种固相萃取-液相质谱仪检测蔬菜中氯吡脞残留量的前处理方法。该方法的平均回收率为 91%~116%, 精密度相对标准偏差 (RSD) 为 1.6%~5.6%, 均符合 GB/T27404-2008 F.2 中的规定。并且方法操作简单可靠, 具有较高的准确度和重复性, 可直接用于黄瓜和西红柿中氯吡脞残留量测定方法的前处理, 也可作为其它蔬菜及其制品中氯吡脞的液相色谱-串联质谱法测定残留量的前处理方法提供参考。

## 参考文献

- [1] 张卫伟, 杨永珍. 氯吡脞的研究及应用进展[J]. 农药科学与管理, 2006, 27(5): 36-40.  
Zhang WW, Yang YZ. Advances in research and application of forchlorfenuron [J]. Pest Sci Admin, 2006, 27(5): 36-40.
- [2] Shinichi A, Koya M, Zenichi M, *et al.* The use of cppo for efficient propagation of pineapple [J]. Sci Hort, 2004, 100: 7-14.
- [3] GB2763-2014 食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量 [S].  
GB2763-2014 National food safety standard--Maximum residue limits for pesticides in food [S].
- [4] Liu Q, Gong DX, Peng XC, *et al.* Determination of forchlorfenuron dissipation and residue in cucumbers and red soil [J]. J Northeast Agric Univ, 2010, 17(1): 27-31.
- [5] 侯玉茹, 杨媛, 石磊, 等. 固相萃取-高效液相色谱法检测葡萄中氯吡脞的研究[J]. 食品科技, 2011, 36: 255-258.  
Hou YR, Yang Y, Shi L, *et al.* Study of determination of forchlorfenuron in grape by solid-phase extraction and high-performance liquid chromatography [J]. Food Sci Technol, 2011, 36: 255-258.
- [6] 李瑞娟, 于建垒, 宋国春, 等. 氯吡脞在猕猴桃和土中的消解动态与残留测定[J]. 山东农业科学, 2009, 2: 78-80, 83.  
Li RJ, Yu JL, Song GC, *et al.* Degradation dynamic and residue determination of forchlorfenuron in Chinese gooseberry fruit and soil [J]. Shandong Agric Sci, 2009, 2: 78-80, 83.
- [7] Chen CL, Li JZ, Wu HL. Residue analysis on forchlorfenuron in watermelon soil field [J]. Environ Chem, 2006, 25: 789-792.
- [8] Ji YH, Jian ZL. Determination of forchlorfenuron residues in watermelon by solid-phase extraction and high-performance liquid chromatography [J]. AOAC Int, 2006, 89 (6): 1635-1639
- [9] Sharma D, Awasthi MD. Behaviour of forchlorfenuron residues in grape, soil and water [J]. Chemosphere, 2003, 50: 589-594
- [10] Antonio V, Ana A, Carmen F, *et al.* Analysis of forchlorfenuron in vegetables by LC/TOF-MS after extraction with the buffered QuEChERS method [J]. Agric Food Chem, 2010, 58(6): 2818-2823
- [11] 张军, 杜平. 高效液相色谱-串联质谱法测定葡萄中的吡效隆和赤霉素[J]. 色谱, 2011, 29: 1133-1136.  
Zhang J, Du P. Determination of forchlorfenuron and gibberellin acid in the grapes using high performance liquid chromatography tandem mass spectrometry [J]. Chin J Chromatogr, 2011, 29(11): 1133-1136.
- [12] 郑玲, 李丽华, 黄大新, 等. 液相色谱-串联质谱法对水果中氯吡脞残留的测定[J]. 食品工业, 2011, 7: 90-92.  
Zheng L, Li LH, Huang DX, *et al.* Determination of forchlorfenuron in fruits by liquid chromatography-electrospray negative ionization mass spectrometry [J]. Food Ind, 2011, 7: 90-92.
- [13] GB/T27404-2008 实验室质量控制规范 食品理化检测[S].  
GB/T27404-2008 Criterion on quality control of laboratories-chemical testing of food [S].
- [14] GB/T5009.1-2003 食品卫生检验方法 理化部分总则[S].  
GB/T5009.1-2003 Methods of food hygienic analysis-physical and chemical section-general principles [S].
- [15] 罗伟强, 肖小华, 李攻科, 等. 蔬果中氯吡脞残留样品前处理及分析方法研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2013, 4(4): 1090-1092.  
Luo WQ, Xiao XH, Li GK, *et al.* Progress in sample preparation and analysis of forchlorfenuron in vegetables and fruits [J]. J Food Saf Quality, 2013, 4(4): 1090-1092.
- [16] SN/T3643-2013 出口水果中氯吡脞(比效隆)残留量的检测方法 [S].  
SN/T3643-2013 Determination of forchlorfenuron residue in fruits for export [S].

(责任编辑: 金延秋)

## 作者简介



张岩岩, 工程师, 主要研究方向为食品安全检测。

E-mail: 475829091@qq.com