

微波辅助水蒸气法快速萃取西红柿中 三嗪类农药残留

王 潇^{1,2}, 宋维涛¹, 金海燕¹, 丁 兰^{1*}

(1. 吉林大学化学学院, 长春 130012; 2. 吉林省食品检验所, 长春 130012)

摘要: **目的** 建立一种基于微波辅助水蒸气萃取结合液液分散微萃取用于西红柿中三嗪类农药残留的绿色萃取方法。**方法** 西红柿样品经微波辅助水蒸气萃取后, 用液液微萃取法对萃取液进行净化和富集, 采用液相色谱-串联质谱法(LC-MS/MS)对三嗪类农药进行定性和定量分析。**结果** 微波辅助水蒸气萃取结合液液微萃取法的最佳萃取条件为: 微波功率为 200 W, 萃取剂为添加 300 μL 乙腈的水蒸气, 样品与石英砂比例为 1:2, 收集液体积为 18 mL; 分散液液微萃取中的萃取剂为 350 μL 的氯仿, 分散剂为 600 μL 的丙酮, 并加入 0.2 g NaCl 以增加三嗪类农药的回收率。在最佳的萃取条件下, 6 种三嗪类农药在 1、50 和 500 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 添加水平的回收率为 62.1%~108.1%; 日内和日间精密度分别在 1.6%~6.7%和 4.8%~10.3 %之间 ($n=6$), 方法定量限为 2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。**结论** 该方法快速、准确、灵敏, 适合测定西红柿中三嗪类农药残留。

关键词: 三嗪类农药; 液相色谱-串联质谱法; 西红柿; 农药残留

Rapid extraction of triazine pesticides from tomatoes by microwave-assisted steam diffusion method

WANG Xiao^{1,2}, SONG Wei-Tao¹, JIN Hai-Yan¹, DING Lan^{1*}

(1. College of Chemistry, Jilin University, Changchun 130012, China; 2. Jilin Institute for food Control, Changchun 130012, China)

ABSTRACT: Objective To extract triazine pesticides in tomato samples by microwave-assisted steam diffusion combined with disperse liquid-liquid microextraction. **Methods** Tomato samples were extracted by microwave-assisted steam diffusion method, and then obtained extract was purified and enriched by disperse liquid-liquid microextraction. The triazine pesticides were detected using liquid chromatography-tandem mass spectrometry (LC-MS/MS) with multiple reactions monitoring (MRM). **Results** The results of optimized extraction conditions were as follows: microwave forward power was 200 W, the extractant was water vapor with 300 μL acetonitrile, the proportion of the sample and quartz sand was 1:2, and the collected volume was 18 mL; and the extractant was 350 μL chloroform, the dispersion agent was 600 μL acetone, and added 0.2 g NaCl for disperse liquid-liquid microextraction. The recoveries were ranged from 62.1% to 108.1% for the 6 kinds of triazine pesticides with 3 spiked levels of 1, 50 and 500 $\mu\text{g}/\text{kg}$. The intra- and inter-day relative

基金项目: 吉林省科技发展计划项目(20150204070GX)

Fund: Supported by Development Program of the Ministry of Science and Technology of Jilin Province (20150204070GX)

*通讯作者: 丁兰, 教授, 主要研究方向环境和食品安全分析。E-mail: dinglan@jlu.edu.cn

*Corresponding author: DING Lan, Professor, College of Chemistry, Jilin University, No. 2699, Qianjin Street, Changchun 130012, China. E-mail: dinglan@jlu.edu.cn

standard deviation (RSDs) were 1.6%~6.7 % and 4.8%~10.3% ($n=6$), and the limit of quantitation (LOQ) for the 6 kinds of triazine pesticides was 2 $\mu\text{g}/\text{kg}$. **Conclusion** The proposed method is fast, accurate and sensitive, which is suitable for triazine pesticides detection in tomato samples.

KEY WORDS: triazine pesticides; liquid chromatography-tandem mass spectrometry; tomato; pesticide residues

1 引言

三嗪类除草剂作为除草剂的一大类被广泛应用,有资料显示这类农药对生态环境、人类生命安全造成了威胁^[1]。2007 年欧盟已经禁止其在农业生产中的使用^[2]。不过,三嗪类农药仍是我国所采用的大型农药品种系列,每年产量和用量仍然很大,造成了其在一些农产品中的残留。因此,建立灵敏、简便的农产品中三嗪类农药残留检测方法是十分必要和迫切的。

通常三嗪类农药萃取方法主要是固液萃取法^[3],这种方法费时费力,并且需要大量的有机溶剂作为萃取剂。近年来文献中报道了一些先进的三嗪类农药萃取方法^[4-9]。例如, Wu 等^[8]采用超声辅助微萃取法,方法回收率可达 92%。Rocha 等^[9]采用固相微萃取法对地下水中的三嗪类农药进行萃取,也取得了良好的结果。这些方法有其各自优点,也存在一定的不足。因此促使人们对新的萃取方法进行研究和发展。Assadi 等^[10]最先提出了分散液液微萃取法用于环境水样中多环芳烃的萃取。这一方法的优点在于操作简便,有机溶剂消耗低,并有较高的富集倍数,因此受到了广泛的关注,也被用于一些有机污染物和重金属离子的萃取与富集中^[11-15]。

在本研究中,采用微波辅助水蒸气扩散萃取的方法对西红柿中含有的三嗪类农药残留进行萃取,之后采用分散液液微萃取法进行净化和富集,用液相色谱-质谱法进行分离和检测。实验对影响萃取效率的参数进行了考察和优化。该方法的建立极大地减少了样品处理过程中有机溶剂的用量,提高了方法的灵敏度,是一种有前途的绿色萃取方法。

2 材料与方法

2.1 仪器与试剂

微波加热源为松下 NN-GS575WX 型变频微波炉,额定最大输出功率为 1000 W(上海松下微波炉有限公司);离心机(北京科大科技公司);ABI Q-Trap 液相色谱-串联质谱仪(美国 Applied

Biosystems 公司);氮吹仪(日本 Eylea 公司);萃取池为实验室自制,聚乙烯材料,长度为 40.0 mm,内径为 15.0 mm。

6 种三嗪类农药标准品,包括西玛津(simazine)、莠去津(atrazine)、敌草净(desmetryn)、扑灭津(propazine)、莠灭净(ametryn)和扑草净(prometryn),购自德国 Ehrenstorfer 公司,每种化合物纯度在 98%以上。色谱纯乙腈购自美国 Fisher 公司;分析纯石英砂购自上海国药集团化学试剂有限公司。分析纯甲醇、乙醇、氯仿、丙酮购自北京化工厂;实验室用水为 Milli-Q 超纯水。

2.2 试验方法

2.2.1 溶液配制

三嗪类农药标准溶液配制:分别准确称取 12.5 mg 的 6 种三嗪类农药到 25 mL 的容量瓶中,用甲醇配成 6 份浓度各为 500 mg/L 标准贮备液,于 -20 $^{\circ}\text{C}$ 保存。量取 6 种三嗪类农药贮备液,置棕色容量瓶中,用 65% 的乙腈水溶液稀释成浓度为 10 mg/L 工作液,之后再用空白西红柿萃取液稀释成 1、10、50、200 和 1000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 作为上机工作液。

2.2.2 实验装置和样品萃取过程

微波辅助水蒸气扩散萃取结合分散液液微萃取的实验装置如图 1 所示。微波源为家用微波炉;水蒸气依靠微波加热锥形瓶中(30 mL)超纯水产生。锥形瓶与萃取池之间用玻璃管连接;萃取池与收集管间用聚四氟乙烯管连接,收集管置于冰水浴中并直接用于分散液液微萃取。

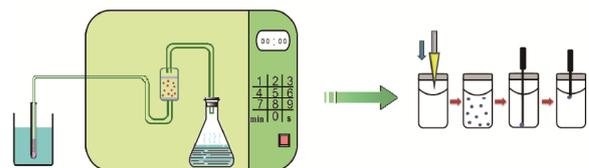


图 1 微波辅助水蒸气萃取结合分散液液微萃取装置图
Fig. 1 Schematic of microwave-assisted steam diffusion combined with dispersive liquid-liquid microextraction

(1) 微波辅助水蒸气萃取过程

准确称取 1.0 g 绞碎后的西红柿加标样品(加标浓度为 0.5 mg/kg), 同时称取一定质量的石英砂, 混匀后放入萃取池中, 样品的两端用脱脂棉塞住以固定样品, 向萃取池上部滴加 300 μ L 的乙腈润湿样品, 同时将装有 30 mL 超纯水的锥形瓶置于微波炉中预先加热沸腾, 然后将萃取池与锥形瓶用玻璃管连接, 萃取池和收集管间用聚四氟乙烯管连接。收集管置于冰水浴中。开启微波功率, 萃取池中样品在微波照射下与水蒸气接触, 目标萃取物随水蒸气携带至收集管中并冷凝成液体。之后, 收集的萃取液采用分散液液微萃取法进行净化和富集。

(2) 分散液液微萃取

向收集的萃取液中加入预先混合好的分散剂丙酮(600 L)和萃取剂氯仿(350 L), 用手震荡后形成乳浊液, 此时三嗪类农药被萃取至分散在水相中的有机相小液滴中。之后在转速 3500 r/min 下离心 3 min, 用微量注射器取出下层有机相于 1 mL 离心管中吹干, 甲醇定容至 200 μ L。

2.2.3 液相色谱-串联质谱条件

(1) 液相色谱条件

安捷伦 ZORBAX SB -C18 色谱柱(4.6 mm \times 250 mm, 5 μ m), 流动相为超纯水和乙腈(35:65, V:V), 流速为 0.8 mL/min, 采用等度洗脱方式; 进样体积: 10 μ L, 柱温: 25 $^{\circ}$ C。

(2) 质谱条件

离子源: 电喷雾电离 ESI(+), 离子源接口电压: 4.5 kV; 所用气体为氮气, 雾化气: 55 psi; 辅助气: 50 psi; 碰撞气: medium。离子源温度为 400 $^{\circ}$ C; 扫描模式: 多反应监测模式。每种三嗪类农药分别选择 1 对离子对定量和 2 对离子对定性, 其他质谱参数见表 1。

3 结果与分析

3.1 微波辅助水蒸气萃取条件优化

3.1.1 样品与石英砂混合比例

实验中考察了样品质量: 石英砂质量比例(1:0 到 1:4)对三嗪类农药萃取效率的影响, 结果见图 2。实验结果表明, 当保持接收的萃取液体积一定时, 西红柿样品中不添加石英砂时, 三嗪类农药的回收率很低, 这可能是由于微波加热后, 西红柿样品中的水分快速蒸发而形成了较大的孔道, 使水蒸气直接通过这一孔道, 难以接触西红柿样品, 导致三嗪类农药很难被萃取完全。随着石英砂的加入, 三嗪类农药的回收率增加, 并且当样品与石英砂的混合比例为 1:2 时回收率达到最高; 继续增加石英砂的量, 三嗪类农药的回收率开始下降, 这主要是由于过多的石英砂导致待萃取物体积增大, 需要更多的水蒸气才能完成萃取, 当接收体积不变时, 三嗪类农药的回收率显然较低。因此选择样品和石英砂比例(1:2, $m:m$)作为最优条件。

表 1 6 种三嗪类农药的质谱分析参数

Table 1 MS parameters of 6 kinds of triazine pesticides

分析物	母离子(m/z)	子离子(m/z)	去簇电压(V)	碰撞气能量 (eV)	聚焦电压 (V)	碰撞室入口电压 (V)	碰撞室出口电压 (V)
西玛津	202.1	104.1	52	40	8	20	3
		96.1*	52	25	8	20	3
莠去津	216.2	104.0	45	25	9	20	3
		174.1*	52	40	8	20	3
敌草净	214.2	172.1*	30	25	10	20	6
		82.1	30	45	8	20	6
扑灭津	230.2	146.1	50	40	8	25	3
		188.2*	50	25	8	20	3
莠灭净	228.2	186.1*	30	25	10	20	8
		96.1	30	30	10	25	6
扑草净	242.2	200.2	40	30	10	30	3
		158.2*	40	30	10	28	3

注: *为定量离子

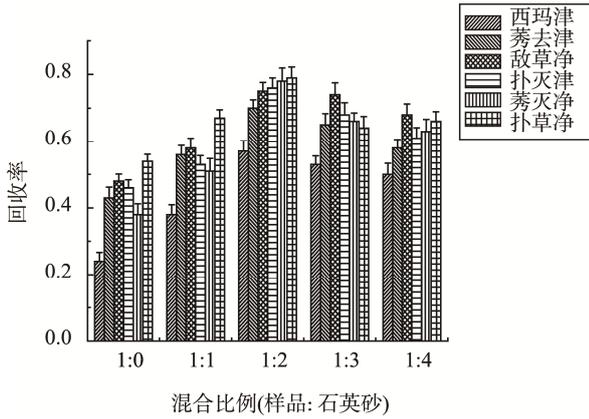


图 2 样品和石英砂比例对 6 种三嗪类农药回收率的影响(n=6)

Fig. 2 Effects of mixed proportion of the sample and quartz sand on recoveries of 6 kinds of triazine pesticides (n=6)

3.1.2 辅助有机溶剂的种类和体积

为了提高三嗪类农药的萃取效率, 实验中考察了添加不同有机溶剂时三嗪类农药的回收率。添加有机溶剂体积相同的情况下, 实验结果表明添加乙腈后所得到的回收率最高。之后考察了乙腈的添加体积(100~500 μL)对回收率的影响, 结果如图 3。随着乙腈添加体积的增大, 三嗪类农药的回收率增加, 当添加体积为 300 μL 时, 回收率最高; 继续增加乙腈的量, 回收率增加不明显, 最终选择 300 μL 为最佳的乙腈添加量。

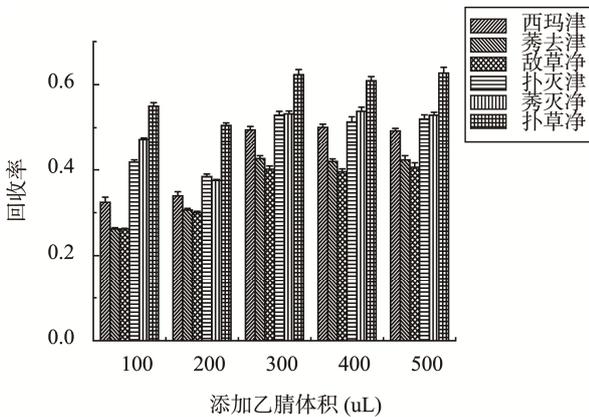


图 3 乙腈加入体积对 6 种三嗪类农药回收率的影响(n=6)

Fig. 3 Effects of added acetonitrile volume on recoveries of 6 kinds of triazine pesticides (n=6)

3.1.3 微波功率

微波功率对于三嗪类农药的萃取效率影响显著。本实验中, 一方面水蒸气的产生需要微波加热才能完成; 另一方面, 微波也能对西红柿样品直接加热,

有助于三嗪类农药从样品基质中解吸附, 提高了三嗪类农药的回收率。实验中考察了不同的微波功率对三嗪类农药回收率的影响, 见图 4。当微波功率逐步增大时, 三嗪类农药的回收率开始逐步降低, 这主要是增加微波功率将明显增加水蒸气的流速, 在收集体积保持不变的前提下, 萃取时间明显缩短, 因而降低了目标物的萃取回收率。综合考虑, 200 W 为最优的微波功率。

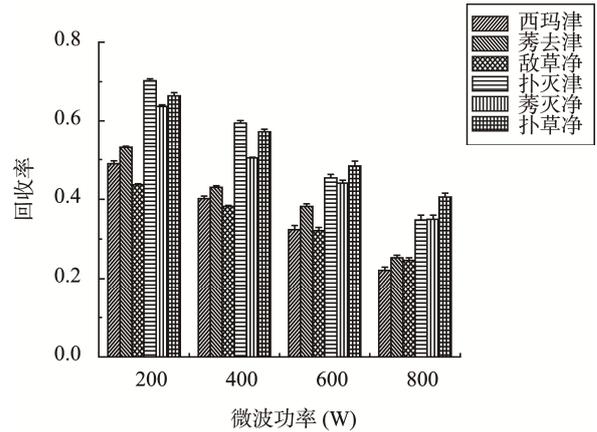


图 4 微波功率对 6 种三嗪类农药回收率的影响(n=6)

Fig. 4 Effects of microwave power on recoveries of 6 kinds of triazine pesticides (n=6)

3.1.4 收集萃取液体积

考察了收集萃取液体积对三嗪类农药萃取效率的影响, 见图 5。实验结果表明当收集液体积为 18 mL 时, 三嗪类农药的萃取效率达到最高, 继续增加收集萃取液体积时, 回收率增加不明显, 但增加了样品的处理时间, 因此最终选择 18 mL 作为收集萃取液体积。

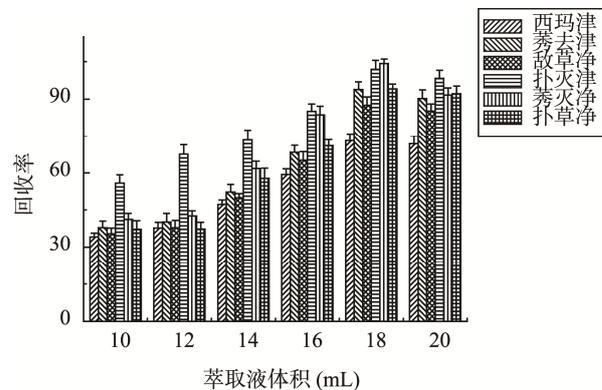


图 5 收集液体积对 6 种三嗪类农药回收率的影响(n=6)

Fig. 5 Effects of collection volume on recoveries of 6 kinds of triazine pesticides (n=6)

3.2 分散液液微萃取条件优化

3.2.1 萃取剂的种类和体积

实验中, 考察了四氯化碳、氯仿、二氯乙烷、氯苯 4 种常用萃取剂并添加相同体积的丙酮做分散剂, 实验结果显示, 用氯仿做萃取剂时萃取效果最好, 而采用其它萃取剂时回收率均很低。之后对氯仿的用量进行了考察, 结果表明 350 μL 的氯仿能够获得满意的结果。

3.2.2 分散剂的种类和体积

分散剂的作用是使萃取剂均匀分散到待萃取液中, 以提高萃取剂与待萃取液的接触面积, 达到满意的萃取效率。分散剂既要与萃取剂互溶, 还应该与待萃取液互溶, 使萃取剂与待萃取液形成良好的乳浊液。实验中分别考察了甲醇、乙醇、乙腈和丙酮作为分散剂时, 对三嗪类农药的萃取效率, 结果显示当采用丙酮做分散剂时三嗪类农药的回收率最高。之后对分散剂的体积进行了优化, 结果见图 6。当丙酮体积为 600 μL 时, 萃取效率最高, 因此实验中选择 600 μL 丙酮为最优条件。

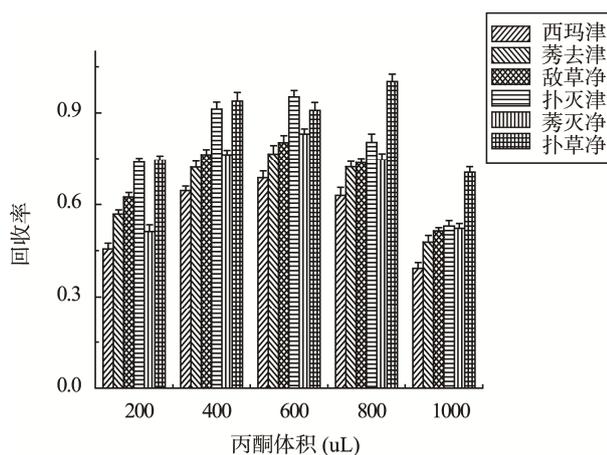


图 6 丙酮体积对 6 种三嗪类农药回收率的影响($n=6$)

Fig. 6 Effects of acetone volume on recoveries of 6 kinds of triazine pesticides ($n=6$)

3.2.3 离子强度

为了提高三嗪类农药的萃取回收率, 通过加入一定量的无机盐以增加萃取液的离子强度, 使其在水相中的溶解度降低, 提高其在有机相中的分配比。实验中, 分别考察了加入 0~0.5 g NaCl 对于萃取效率的影响, 实验结果见图 7。NaCl 的加入, 提高了三嗪类农药的萃取效率, 当加入 0.2 g NaCl 时, 三嗪类农药的萃取效率最高, 因此, 实验中选择加入 0.2 g NaCl 为最优条件。

3.3 方法的线性范围及检出限

称取 5 份空白西红柿样品, 按照优化后的前处理方法处理, 用 1、10、50、200 和 1000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 的标准溶液复溶, 线性方程及相关系数见表 2。以信噪比为 3 ($S/N=3$) 和 10 分别计算检出限(LOD)和定量下限(LOQ), 6 种三嗪类农药的 LOD 和 LOQ 见表 2。加标浓度为 5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 的西红柿样品的液相色谱-质谱的萃取离子色谱图见图 8。

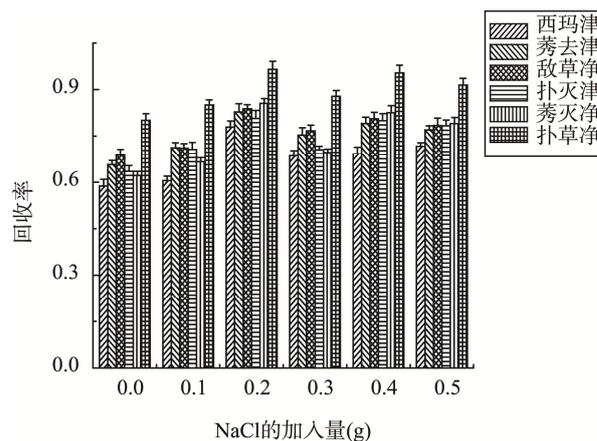


图 7 NaCl 的加入量对 6 种三嗪类农药回收率的影响($n=6$)

Fig. 7 Effects of NaCl mass on recoveries of 6 kinds of triazine pesticides ($n=6$)

3.4 回收率及精密度实验

以空白西红柿为样品, 1、50 和 500 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 3 个水平下进行加标回收实验。日内精密度的测定方法是: 在一天内平行测定 6 次 3 个加标浓度下的西红柿样品, 得到 6 组数据的相对标准偏差即为日内精密度。日间精密度的测定方法是: 1 d 测定 3 个加标浓度下的西红柿样品一次, 连续测定 6 d, 得到的 6 组数据的相对标准偏差即为日间精密度。实验结果见表 3, 6 种三嗪类化合物的回收率在 62.1%~108.1% 之间, 日内精密度和日间精密度分别在 1.6%~6.7% 和 4.8%~10.3% 之间。

3.5 实际样品测定

为了验证本方法的可行性, 从长春市不同超市购买了 4 种西红柿样品进行分析。在本方法的检出限范围内, 4 种样品中有一种检测出扑草净, 其浓度为 5.25 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。之后对该 4 种样品分别进行加标测定其回收率, 加标浓度为 5 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 回收率在 67.1%~108.4% 之间。

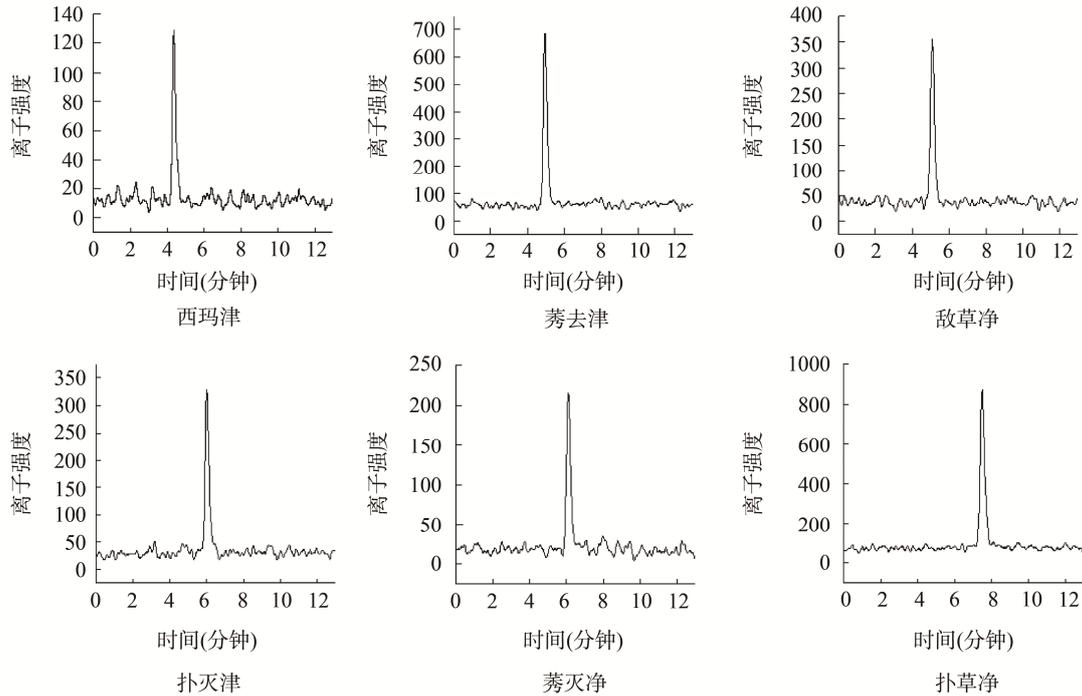


图8 加标浓度为5 µg/kg 西红柿样品的 LC-MS/MS 萃取离子色谱图

Fig. 8 The ion chromatograms of LC-MS/MS with spiked tomato samples (5 µg/kg)

表2 方法的线性范围, 相关系数, 检出限和定量限

Table 2 Linear ranges, correlation coefficients, LODs and LOQs

	线性范围(µg/kg)	标准方程	相关系数 (r^2)	检出限(µg/kg)	定量限(µg/kg)
西玛津	1~1000	$Y=13492.9 + 1301.1X$	0.999	0.79	2.63
莠去津	1~1000	$Y=132225.1 + 5897.1X$	0.995	0.57	1.90
敌草净	1~1000	$Y=60314.5 + 3366.1X$	0.997	0.48	1.62
扑灭津	1~1000	$Y=58126.8 + 3520.5X$	0.997	0.63	2.11
莠灭净	1~1000	$Y=34348.2 + 2058.8X$	0.998	0.54	1.83
扑草净	1~1000	$Y=160727.9 + 6773.2X$	0.995	0.35	1.17

表3 方法的回收率, 日内和日间精密度($n=6$)Table 3 Recoveries, RSDs of intra- and inter-day of proposed method ($n=6$)

分析物	1 µg/kg			50 µg/kg			500 µg/kg		
	回收率(%)	日间精密度(%)	日内精密度(%)	回收率(%)	日间精密度(%)	日内精密度(%)	回收率(%)	日间精密度(%)	日内精密度(%)
西玛津	78.3	5.3	7.6	76.6	4.8	7.4	79.8	4.5	8.9
莠去津	103.1	4.1	7.8	76.3	3.7	6.9	94.1	3.4	7.2
敌草净	93.5	3.6	6.5	86.7	2.5	5.6	92.9	4.3	7.9
扑灭津	62.1	6.7	8.8	81.7	4.1	8.1	80.3	4.1	5.8
莠灭净	80.9	3.1	6.3	83.2	4.3	7.2	84.6	6.2	10.3
扑草净	105.0	1.6	5.6	101.7	2.9	4.8	108.1	2.4	5.3

4 结 论

本实验建立了一种微波辅助水蒸气萃取法用于西红柿中三嗪类农药的萃取, 得到的萃取液经分散液液微萃取净化和富集后, 采用液相色谱-串联质谱进行定量分析。方法主要使用水蒸气作为萃取剂, 同时加入极少量的有机溶剂以提高萃取效率。整个样品预处理过程仅仅使用少量的有机溶剂, 是一种绿色的萃取方法。这一方法有望用于蔬菜中三嗪类农药残留的日常萃取中。

参考文献

- [1] Macutkiewicz E, Rompa M, Zygmunt B. Sample preparation and chromatographic analysis of acidic herbicides in soils and sediments [J]. *Crit Rev Anal Chem*, 2003, 33: 1-17.
- [2] Shah J, Jan MR, Ara B, *et al.* Quantification of triazine herbicides in soil by microwave-assisted extraction and high-performance liquid chromatography [J]. *Environ Monit Assess*, 2011, 178: 111-119.
- [3] Barriuso E, Koskinen WC, Sadowsky MJ. Solvent extraction characterization of bioavailability of atrazine residues in soils [J]. *J Agric Food Chem*, 2004, 52: 6552-6556.
- [4] 吴春英, 白鹭, 谷风, 等. 固相萃取-超高效液相色谱-串联质谱法同时测定水中 27 种三嗪类除草剂[J]. *环境化学*, 2016, 35: 26-34.
Wu CY, Bai L, Gu F, *et al.* Simultaneous determination of 27 triazine herbicides in water using solid phase extraction-ultra performance liquid chromatography tandem mass spectrometry [J]. *Environ Chem*, 2016, 35: 26-34.
- [5] 张丽媛, 姚笛, 李娜, 等. 离子液体均相液液微萃取-高效液相色谱法测定婴儿奶粉中 5 种三嗪类除草剂[J]. *色谱*, 2015, 33: 753-758.
Zhang LY, Yao D, Li N, *et al.* Determination of five triazine herbicides in infant milk powder by high performance liquid chromatography coupled with ionic liquid-based homogeneous liquid-liquid microextraction [J]. *Chin J Chromatogr*, 2015, 33: 753-758.
- [6] 张华威, 刘慧慧, 田秀慧, 等. 凝胶色谱-固相萃取-气相色谱-串联质谱法测定水产品中 9 种三嗪类除草剂[J]. *质谱学报*, 2015, 36: 177-184.
Zhang HW, Liu HH, Tian XH, *et al.* Determination of 9 triazine herbicides in aquatic products by GPC-SPE-GC-MS [J]. *J Chin Mass Spectr Soc*, 2015, 36: 177-184.
- [7] 王小飞, 刘潇威, 王璐, 等. 加速溶剂提取-固相萃取净化-高效液相色谱法测定土壤中 12 种三嗪类除草剂的残留量[J]. *农业环境科学学报*, 2013, 32: 2099-2014.
Wang XF, Liu XW, Wang L, *et al.* Determination of twelve triazine herbicide residues in soil by high performance liquid chromatography with accelerated solvent extraction and solid-phase extraction [J]. *J Agro-Environ Sci*, 2013, 32: 2099-2104.
- [8] Wu QH, Li Z, Wu CX, *et al.* Application of ultrasound-assisted emulsification microextraction for the determination of triazine herbicides in soil samples by high performance liquid chromatography [J]. *Microchim Acta*, 2010, 170: 59-65.
- [9] Rocha C, Pappas EA, Huang CH. Determination of trace triazine and chloroacetamide herbicides in tile-fed drainage ditch water using solid-phase microextraction coupled with GC-MS [J]. *Environ Pollut*, 2008, 152: 239-244.
- [10] Rezaee M, Assadi Y, Hosseini MRM, *et al.* Determination of organic compounds in water using dispersive liquid-liquid microextraction [J]. *J Chromatogr A*, 2006, 1116: 1-9.
- [11] Rezaee M, Yamini Y, Faraji M. Evolution of dispersive liquid-liquid microextraction method [J]. *J Chromatogr A*, 2010, 1217: 2342-2357.
- [12] Li Y, Chen PS, Huang SD. Water with low concentration of surfactant in dispersed solvent-assisted emulsion dispersive liquid-liquid microextraction for the determination of organochlorine pesticides in aqueous samples [J]. *J Chromatogr A*, 2013, 1300: 51-57.
- [13] Di Napoli-Davis G, Owens JE. Quantitation of tetrabromobisphenol-A from dust sampled on consumer electronics by dispersed liquid-liquid microextraction [J]. *Environ Pollut*, 2013, 180: 274-280.
- [14] Tseng WC, Chu SP, Kong PH. Water with low concentration of surfactant in dispersed solvent-assisted emulsion dispersive liquid-liquid microextraction for the determination of fungicides in wine [J]. *J Agric Food Chem*, 2014, 62: 9059-9065.
- [15] Yuan K, Kang HN, Yue, ZF, *et al.* Determination of 13 endocrine disrupting chemicals in sediments by gas chromatography-mass spectrometry using subcritical water extraction coupled with dispersed liquid-liquid microextraction and derivatization [J]. *Anal Chim Acta*, 2015, 866: 41-47.

(责任编辑: 金延秋)

作者简介

王 潇, 工程师, 主要研究方向为食品安全分析。
E-mail: 10087369@qq.com

丁 兰, 博士生导师, 教授, 主要研究方向为食品和环境安全分析。
E-mail: dinglan@jlu.edu.cn

“食药菌”专题征稿函

我国发现和利用食用菌已有数千年的历史, 其中大型真菌作为药物使用也至少有 2500 年的历史。食用菌营养丰富, 优质蛋白质含量较高, 含有人体所需的 8 种必需氨基酸, 其中赖氨酸和亮氨酸的含量尤为丰富。另外, 食用菌还含有多种活性多糖、微量元素等功能性物质, 具有特殊的保健功能。药用菌也具有良好的药理活性, 具有调节免疫力, 增强记忆力, 延缓衰老, 减少心脑血管疾病发生等功效, 应用十分广泛。随着人们对食药菌营养价值的认可, 对食药菌产品的消费需求也不断增加, 因此食药菌食品具有很高的开发价值。

我国食药菌年产量占世界总产量的 75% 以上, 其总产值在我国种植业中排名第六位, 主要栽培种类有 70~80 种, 形成商品的有 50 种, 具有一定生产规模的有 20 种以上。总产量年均复合增长率约为 12.40%, 总产值年复合增长率约为 17.01%。鉴于此, 本刊特别策划了“**食药菌**”专题, 由中国工程院院士、中国吉林农业大学食药菌专家**李玉教授**担任专题主编, **李教授**为原中国菌物学会理事长, 中国食用菌协会副会长, 国际药用菌学会理事长, 食药菌教育部工程研究中心首席科学家, 国家食用菌产业技术体系岗位科学家兼资源收集与繁殖利用功能实验室主任。围绕“**食药菌的化学组成、理化性质、保鲜贮藏、食药菌中有害物质检测、食药菌的深加工、食药菌营养特性的研究、食药菌功能特性的研究、食药菌标准与体系等**”或您认为本领域有意义的问题展开讨论, 计划在 2016 年 5 月出版。

鉴于您在该领域的成就, 本刊编辑部及**李玉教授**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, 请通过网站或 E-mail 投稿。我们将快速处理并优先发表。

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