

超高效液相色谱-串联质谱测定酵母中 14 种 常见杀菌剂残留

崔霞¹, 辛爽英², 李健潇³, 周洋³, 李淑云³, 范赛^{1*}

(1. 北京市疾病预防控制中心, 北京市预防医学研究中心, 食物中毒诊断溯源技术北京市重点实验室, 北京 100013;
2. 河北省辛集市市场监督管理局, 辛集 052360; 3. 北京市平谷区疾病预防控制中心, 北京 101200)

摘要: **目的** 建立分散固相萃取前处理技术结合超高效液相色谱-串联质谱法测定酵母中 14 种常见杀菌剂残留。**方法** 酵母样品经乙腈提取、分散固相萃取吸附剂除去色素、多糖等干扰物。采用 C₁₈ 色谱柱分离后, 用超高效液相色谱-串联质谱于电喷雾正离子源和多反应监测扫描模式下进行测定, 基质匹配标准曲线外标法定量。**结果** 14 种目标化合物在 20、50、100 μg/kg 加标水平下, 回收率为 81.0%~100.3%, 相对标准偏差在 5.7%~12.3% 之间。14 种目标化合物的检出限在 0.2~0.7 μg/kg 之间, 定量限在 0.5~2.0 μg/kg 之间。**结论** 该方法前处理简单、快速, 灵敏度和准确度高, 包含种类较宽, 具有一定的拓展性, 适用于酵母中杀菌剂残留的日常监测。

关键词: 分散固相萃取; 超高效液相色谱-串联质谱; 酵母; 杀菌剂

Determination of 14 kinds of common fungicide residues in leaven by ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry

CUI Xia¹, XIN Shuang-Ying², LI Jian-Xiao³, ZHOU Yang³, LI Shu-Yun³, FAN Sai^{1*}

(1. Beijing Center for Disease Control and Prevention, Beijing Center for Prevention Medicine Research, Key Laboratory of Diagnostic and Traceability Technologies for Food Poisoning, Beijing 100013, China; 2. Market Supervision and Administration Bureau of Xinji City, Xinji 052360, China; 3. Pinggu District Center for Disease Control and Prevention, Beijing 101200, China)

ABSTRACT: Objective To establish an analytical method for determination of 14 kinds of common fungicide residues in leaven by dispersive solid phase extraction-ultra performance liquid chromatography tandem mass spectrometry (UPLC-MS/MS). **Methods** Leaven samples were extracted with acetonitrile, purified by dispersive solid phase extraction to remove interfering substances such as colorings and polysaccharide. The separation was performed on a C₁₈ column, then the 14 kinds of fungicides were detected by ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry with ESI positive ion scan in mode of multiple reaction monitoring (MRM) and quantified by matrix-matched external standard method. **Results** At the spiked level of 20, 50 and 100 μg/kg, the recoveries of each compound were in the range of 81.0%-100.3% with the relative standard deviations of 5.7%-12.3%. The limits of detections were 0.3-0.7 μg/kg and the limits of quantitative were 0.5-2.0 μg/kg for the 14

基金项目: 科技部“食品安全关键技术研发”重点专项项目(2017FYC1600500)

Fund: Supported by the Special Program for Key Technology in Food Safety of the Ministry of Science and Technology of China (2017FYC1600500)

*通讯作者: 范赛, 博士, 副研究员, 主要研究方向为食品安全。E-mail: fansai@163.com

*Corresponding author: FAN Sai, Ph.D, Associate Professor, Beijing Center for Disease Prevention and Control/Beijing Center for Prevention Medicine Research/Key Laboratory of Diagnostic and Traceability Technologies for Food Poisoning, Beijing, 100013, China, No. 16, Hepingli, East District, Beijing 100013, China. E-mail: fansai@163.com

targets compounds. **Conclusion** This method is simple, rapid, high sensitivity and good stability, with a wide variety and a certain development. It can be used for the daily monitoring of fungicides in leaven.

KEY WORDS: dispersive solid-phase extraction; ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry; leaven; fungicide

1 引言

酵素食品是以乳酸菌、酵母菌等益生菌发酵果品、蔬菜而成的一种富含脂肪酶、淀粉酶、蛋白酶和超氧化物歧化酶及乳酸、醋酸和少量乙醇等代谢产物的一种功能性液体或固体食品^[1,2],其主要成分为果品、蔬菜等发酵而来的高生物活性物质^[3-5]。由于酵素食品能够参与协调人体各项生理生化活动,具有一定的保健功能和作用^[6-9],近年来受到社会各界养生人士的追捧。但是,我国酵素食品在原料选择和生产工艺等方面与酵素生产大国日本还有较大的差距,亟待进一步完善和发展,特别是缺乏相关国家标准与质量标准,将会带来食品安全隐患。生产酵素食品的原料果品与蔬菜在农业生产中多会喷洒农药,从而引入酵素中农药残留的高风险。

目前,果品和蔬菜中杀菌剂的检测常见前处理方法有液液萃取(liquid-liquid extraction, LLE)、液相微萃取(liquid-phase microextraction, LPME)、固相萃取(solid-phase extraction, SPE)、固相微萃取(solid-phase microextraction, SPME)、分子印迹固相萃取(molecular imprinting solid phase extraction, MISPE)和分散固相萃取(dispersive solid-phase extraction, DSPE)等^[10-12]。特别是DSPE技术具有对环境友好、净化效果高、重现性高的优点,是当前最主要的前处理手段^[12,13-15]。而随着质谱仪器的发展普及,质谱作为检测手段的农药残留分析方法已成为农药残留分析的主导技术和未来发展趋势。杀菌剂的测定已发展为以气相色谱串联质谱法(gas chromatography mass spectrometry GC-MS)和液相色谱串联质谱法(liquid chromatography-tandem mass spectrometry LC-MS/MS)^[16-19]检测为主。并且质谱检测抗干扰能力强,降低了在检测过程中假阳性等误判的可能,特别是超高效液相色谱串联质谱法(ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry, UPLC-MS/MS),具有速度快,灵敏度高、定性定量准确等优点。本研究采用DSPE结合UPLC-MS/MS测定酵素中14种常见杀菌剂,为相关食品制定国家标准提供技术支持,同时为国家对于酵素食品的管控提供依据。

2 材料与amp;方法

2.1 仪器和试剂

Waters ACQUITYTM超高效液相色谱仪、Waters Xevo TQ-S质谱仪(美国Waters公司); T25 Basic型均质

器(美国Sigma公司); Milli-Q超纯水制备系统(美国Millipore公司)。

Waters ACQUITY UPLCTM BEH C₁₈柱(100 mm×2.1 mm, 1.7 μm)、Waters ACQUITY UPLCTM HSS T3柱(100 mm×2.1 mm, 1.7 μm)(美国Waters公司); 分散固相萃取小管(PSA 50 mg、C₁₈ 50 mg、石墨碳黑 GCB7.5 mg、无水硫酸镁 MgSO₄150 mg)、甲醇、乙腈(色谱纯)(北京Dikma公司)。

标准品: 苯醚甲环唑、多菌灵、甲基硫菌灵、甲霜灵、啞霉胺、烯酰吗啉、咪酰胺、三唑酮、腐霉利、丙环唑、戊唑醇、恶霜灵、腈菌唑和异菌脲(纯度>98%, 迪马科技公司)。

2.2 标准溶液的配制

14种杀菌剂标准储备溶液(1.0 mg/mL): 分别精密称取苯醚甲环唑、多菌灵、甲基硫菌灵、甲霜灵、啞霉胺、烯酰吗啉、咪酰胺、三唑酮、腐霉利、丙环唑、戊唑醇、恶霜灵、腈菌唑和异菌脲各0.010 g,置于10 mL量瓶中,用乙腈溶解并稀释至刻度,摇匀,作为标准品储备溶液(1.0 mg/mL)于-20℃冰箱保存。需要时各取储备液0.1 mL置于10 mL棕色容量瓶中,用乙腈稀释100倍后,配制成10 mg/L的混合中间液。使用前将中间液用乙腈稀释配制成1 mg/L的混合标准液。

2.3 样品预处理方法

称取样品5.0 g(精确至0.01 g)置于50 mL离心管中,加入乙腈10 mL,迅速旋上瓶盖,振荡涡旋1 min,超声提取20 min,4℃条件下,12000 r/min离心10 min,转移上清液1.0 mL于分散固相萃取试剂管中,涡旋混匀1 min,4℃条件下,12000 r/min离心5 min。取上清液1 mL,过0.22 μm滤膜,氮气浓缩至干,然后用1 mL乙腈-水(5:5, V:V)复溶,供上机测定。

2.4 仪器条件

2.4.1 液相色谱条件

色谱柱 DIKMA Endeavorsil C₁₈ 色谱柱(100 mm×2.1 mm, 1.8 μm),柱温40℃,样品室温度4℃,进样体积5 μL。流动相A为乙腈,流动相B为0.1%甲酸水溶液,梯度洗脱。梯度洗脱条件见表1。

2.4.2 质谱条件

电离方式: 电喷雾正离子模式(ESI+); 多反应监测模式(multiple reaction monitoring, MRM)采集,毛细管电压

3.50 kV, 离子源温度 150 °C, 脱溶剂温度 500 °C, 脱溶剂气流量 1000 L/h, 锥孔气流量 150 L/h, 碰撞室压力 0.33 Pa。其他质谱条件见表 2。

表 1 流动相梯度洗脱条件
Table 1 Mobile Phase gradient elution conditions

时间/min	流速/(mL/min)	流动相 A	流动相 B
初始	0.35	20	80
6.0	0.35	100	0
7.0	0.35	100	0
7.5	0.35	20	80
8.5	0.35	20	80

表 2 14 种杀菌剂质谱参数
Table 2 MS parameters of 14 fungicides

化合物名称	保留时间/min	母离子/(m/z)	子离子/(m/z)	锥孔电压/V	碰撞能量/V
多菌灵	1.75	192	159.9*	20	32
			132	20	20
甲基硫菌灵	4.2	343.3	150.9*	20	18
			311.2	10	8
恶霜灵	4.46	279.1	131.9	30	23
			219*	30	15
啉霉胺	4.85	200.1	106.9*	20	26
			168.1	20	26
甲霜灵	5.02	280.3	192.1*	20	13
			220.2	20	18
烯酰吗啉	5.64	388.3	301.1*	20	33
			165	20	21
三唑酮	5.7	294.2	197.0*	20	20
			225.2	20	16
咪鲜胺	6.05	376.2	308.3*	20	17
			266.2	20	13
腈菌唑	6.08	289.1	70*	20	25
			125	20	29
戊唑醇	6.11	308.2	70.1*	40	22
			125	80	44
丙环唑	6.18	342.1	159.0*	80	20
			205	40	29
苯醚甲环唑	6.29	406.2	251.2*	20	26
			337.3	20	16
异菌脲	7.05	330.1	100.9	40	28
			143.2	40	21
腐霉利	7.21	284.6	256.1*	40	26
			95.1/67.1	40	22

注: 带*为定量离子对

3 结果与分析

3.1 仪器条件的优化

为了确定 14 种杀菌剂的具体质谱信息, 研究通过流动注射泵系统进样 100 μg/L 以乙腈-水溶液(50:50, V:V)为溶剂的单标准溶液, 并同时开启液相色谱, 设定其流动相为乙腈-0.1%甲酸水溶液(50:50, V:V), 流速为 200 μL/min。在此条件下对依据 Waters 质谱自带参数优化软件 Intellistart™ 技术, 实现了 14 种化合物的质谱参数的自动优化, 获得了 14 种化合物的母离子、子离子、锥孔电压、碰撞能量等参数, 同时结合液相色谱优化了如毛细管电压、锥孔电压、干燥器气流速等参数, 优化结果见 2.4.2 质谱条件。

为了选择合适的液相色谱柱, 本研究先后对比了 Waters ACQUITY UPLCTM BEH C₁₈ 柱(100 mm×2.1 mm, 1.7 μm), Waters ACQUITY UPLCTM HSS T3 柱(100 mm×2.1 mm, 1.7 μm), DIKMA Endeavorsil C₁₈ 色谱柱(100 mm×2.1 mm, 1.8 μm) 3 款色谱柱, 各化合物在 3 款色谱柱中响应值与峰型差异不大, 14 种杀菌剂均获得良好的峰型, 各化合物除保留时间有差异外, 响应值相差在 10%以内, 考虑到经济成本, 本研究最终选择了 DIKMA Endeavorsil C₁₈ 色谱柱, 各化合物提取离子色谱图见图 1。同时各化合物均为 [M+H]⁺ 分子离子峰, 因此在流动相内加入甲酸可以明显提高各化合物响应值, 各化合物响应值提升在 10%~30%之间, 达到更好的灵敏度。

3.2 前处理条件的优化

酵素食品的主要来源为水果与蔬菜经微生物发酵而来, 而水果蔬菜主成分为水、膳食纤维和部分其他营养素, 可能给检测带来干扰的则主要为水溶性维生素、色素、甾醇、糖类以及少量的脂肪。因此, 本研究在分散固相萃取的填料选择上主要选择了 C₁₈、PSA、GCB 3 种填料。其中由于 GCB 表面是正六元环结构, 其对平面分子有很强的吸附, 特别是对含有芳香环及对称性结构的农药。本研究检测的 14 种化合物均非平面结构, 因此研究加入了 GCB 作为色素去除的材料。C₁₈ 可以有效去除较多脂类和固醇类等弱极性与非极性化合物, PSA 可以去除除极性有机酸、某些糖类和脂类。以乙腈为提取溶剂的情况下, 分别选择 PSA 结合 GCB 或者 C₁₈ 结合 GCB 均可以达到很好的回收率, 回收率均在 80%以上, 考虑到三者结合可以更好地实现对酵素食品净化, 减少对仪器的污染。本研究选择了 C₁₈、PSA、GCB 3 种填料作为净化方法, 具体回收率结果见表 3。

3.3 方法的准确度和精密度

通过向阴性酵素样品基质中分别添加 14 种杀菌剂进行测定, 以确定方法的准确度和精密度。添加浓度水平在

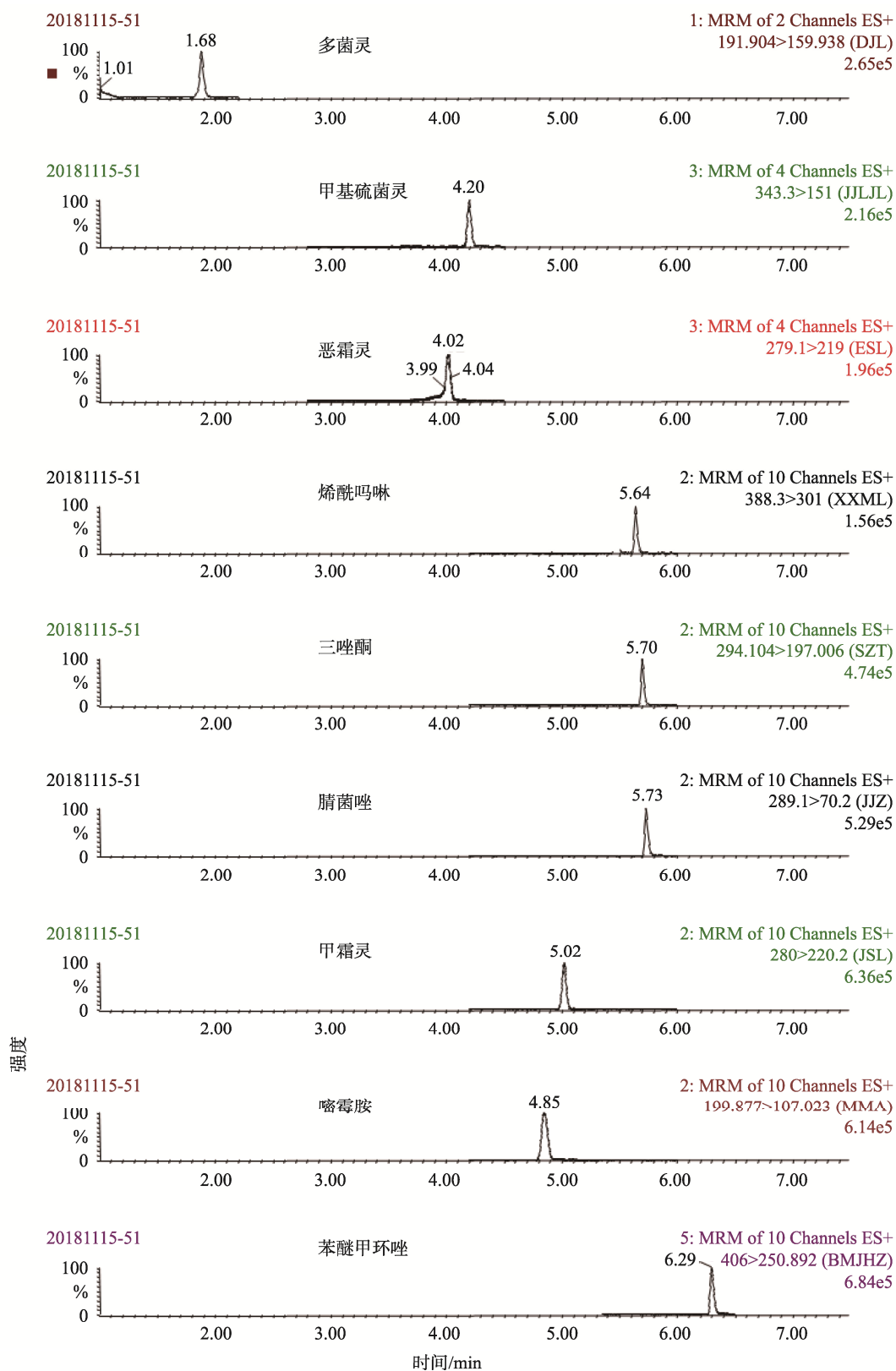
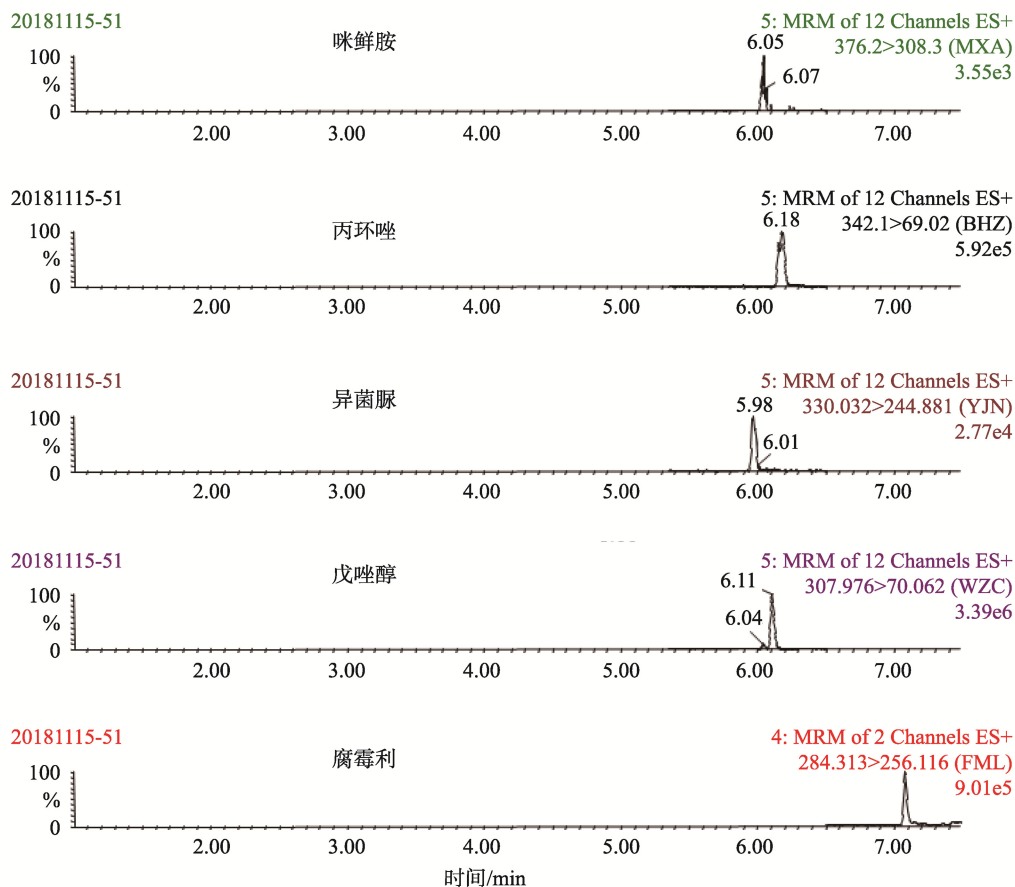


图 1 基质匹配标准的 MRM 定量离子提取色谱图(20 µg/kg)

Fig.1 Quantitative ion MRM spectra of matrix-matched standard(20 µg/kg)



续图 1 基质匹配标准的 MRM 定量离子提取色谱图(20 µg/kg)

Fig.1 Quantitative ion MRM spectra of matrix-matched standard(20 µg/kg)

表 3 14 种杀菌剂在 3 个添加水平的平均回收率和定量限
Table 3 Mean recoveries and LOQ at three spiked levels of 14 fungicides

续表 3

名称	加标浓度 / (µg/kg)	平均回收率 / %	RSD / %	LOD / (µg/kg)	LOQ / (µg/kg)
多菌灵	20	89.3	11.4		
	50	86.4	10.4	0.7	2.0
	100	91.9	9.5		
甲基硫菌灵	20	81	8.3		
	50	83.1	7.1	0.5	1.5
	100	87.4	6.4		
恶霜灵	20	85.7	12.3		
	50	89.3	10.6	0.2	0.5
	100	92.4	10		
啉霉胺	20	86.8	8.3		
	50	85.5	6.2	0.5	1.5
	100	87.5	11.5		

名称	加标浓度 / (µg/kg)	平均回收率 / %	RSD / %	LOD / (µg/kg)	LOQ / (µg/kg)
甲霜灵	20	83.5	7.2		
	50	87.6	6.4	0.5	1.5
	100	90.2	9.2		
烯酰吗啉	20	88.3	10.8		
	50	85.7	11.6	0.5	1.5
	100	88.3	10.3		
三唑酮	20	88.6	11.3		
	50	94.7	11.1	0.3	1.0
	100	90.1	8.4		
咪鲜胺	20	85.6	11.8		
	50	88.2	10.3	0.7	2.0
	100	89.3	10.4		

续表 3

名称	加标浓度 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	平均 回收率/%	RSD /%	LOD ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	LOQ ($\mu\text{g}/\text{kg}$)
腈菌唑	20	93.9	11.2		
	50	90.6	9.4	0.2	0.5
	100	95.5	11.8		
戊唑醇	20	89.5	10.4		
	50	96.5	9.3	0.3	1.0
	100	90.1	5.7		
丙环唑	20	86.8	10.4		
	50	95.6	9.3	0.3	1.0
	100	88.3	8.4		
苯醚甲环唑	20	85.8	11.3		
	50	96.5	12.1	0.3	1.0
	100	87.3	12.1		
异菌脲	20	97.1	8.9		
	50	99.6	10.4	0.2	0.5
	100	100.3	8.5		
腐霉利	20	84	11.7		
	50	87	11.6	0.7	2.0
	100	87.6	10.2		

20、50、100 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 下, 采用 2.3 样品预处理方法进行试验。14 种杀菌剂的回收率在 81.0%~100.3%之间, 相对标准偏差(relative standard deviation, RSD)在 5.7%~12.3%之间。详细结果见表 3。加标回收实验结果表明本方法的精密度和准确度基本良好, 符合欧盟 2002/657/EC 对残留检测方法的规定。

3.4 方法的线性范围和检出限

将空白样品提取液过固相分散萃取小柱, 得到基质净化液。用混合标准溶液和基质液配制成浓度为 0.0、1.0、5.0、10.0、20.0、50.0、100.0 $\mu\text{g}/\text{L}$ 的标准溶液, 注入液质联用仪进行分析。各离子对的峰面积对其质量浓度绘制标准曲线, 以 Y 轴为峰响应信号为纵坐标, X 轴为提取液中农残浓度($\mu\text{g}/\text{L}$)为横坐标, 制定标准回归方程, 14 种目标物的线性回归方程的相关系数(r)均大于 0.9990, 表明各种目标物在 1.0~100.0 $\mu\text{g}/\text{L}$ 浓度范围内呈良好的线性关系。以信噪比为 3 时的空白样品基质加标的含量定为方法的检出限(limit of detection, LOD), 信噪比为 10 的空白样品基质加标的含量为定量限(limit of quantitation, LOQ), 14 种杀菌剂的各化合物的检出限在 0.2~0.7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 之间, 定量限在 0.5~2.0 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 之间。具体结果见表 3。

3.5 样品测定

采集北京地区不同区域、不同市场的酵素样品 30 件进行检测, 共有 2 份酵素样品检出杀菌剂, 分别为多菌灵和啞霉胺, 含量分别为 13.1 和 7.2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。阳性样品色谱图见图 2 和图 3。

4 结论

随着国内酵素食品的风靡, 为了保障广大消费者的身体健康, 需要加强对酵素中有害因素的监管。本研究建立了用乙腈提取, 分散固相萃取, 超高效液相色谱串联质谱 MRM 模式检测酵素中苯醚甲环唑、多菌灵、甲基硫菌灵、甲霜灵、啞霉胺、烯酰吗啉、咪酰胺、三唑酮、腐霉利、丙环唑、戊唑醇、恶霜灵、腈菌唑和异菌脲等 14 种杀菌剂残留的检测方法。该方法准确可靠, 简便快速, 可用于酵素中杀菌剂的多残留检测, 有助于市场中酵素的监管, 推动该产业的健康发展, 保障人群食品安全。

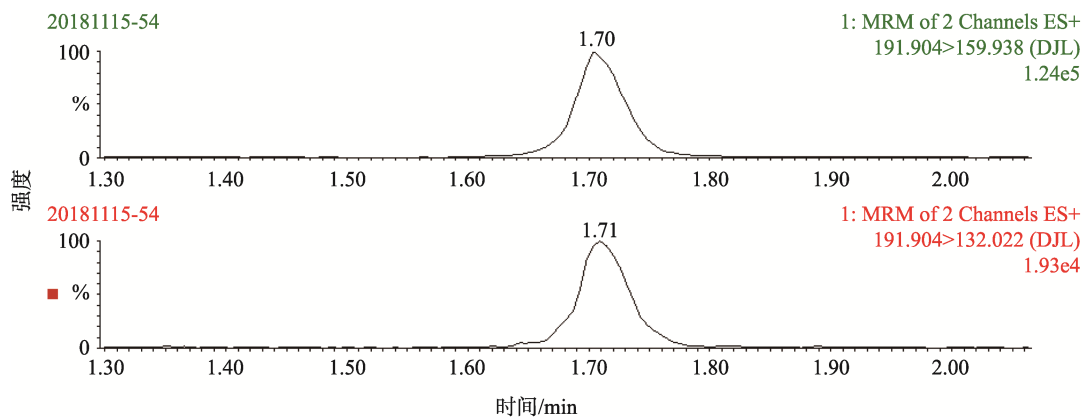


图 2 多菌灵阳性样品定量离子的 MRM 图谱
Fig.2 Quantitative ion MRM spectra of carbendazim positive sample

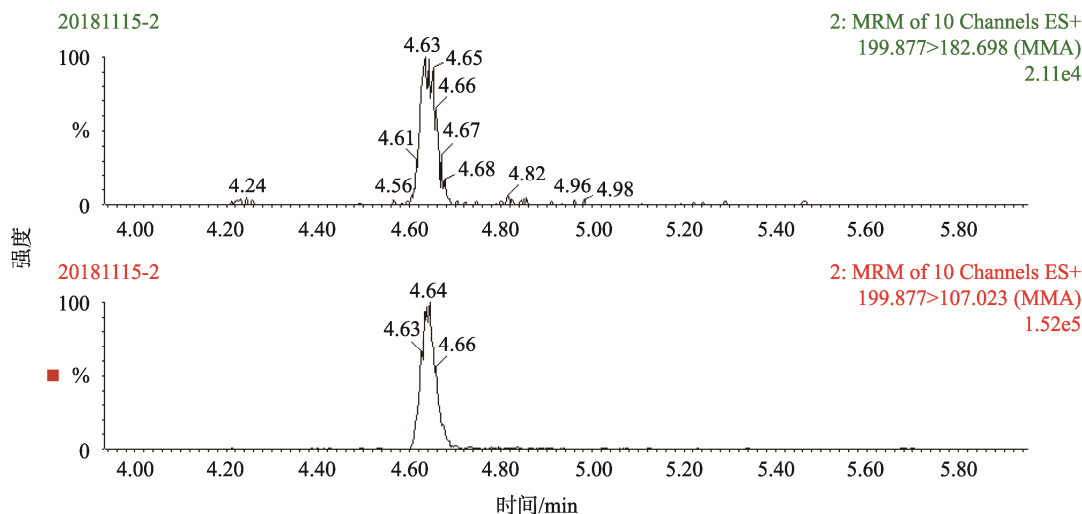


图 3 嘧霉胺阳性样品定量离子的 MRM 图谱
Fig.3 Quantitative ion MRM spectra of pyrimethanil positive sample

参考文献

- [1] 刘加友, 王振斌. 微生物酵素食品研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(1): 273-276.
Liu JY, Wang ZB. Research progress on microbial ferment food [J]. Food Ferment Ind, 2016, 42(1): 273-276.
- [2] 唐超, 江惠娟, 苏二正. 食用酵素的研究进展[J]. 生物加工过程, 2018, 16(3): 84-90.
Tang C, Jiang HJ, Su EZ. Research progress of edible Jiaosu [J]. Chin J Bioprocess Eng, 2018, 16(3): 84-90.
- [3] 沈燕飞, 聂小华, 孟祥河, 等. 酵素食品加工微生物与功能特性研究进展[J]. 浙江农业科学, 2019, 60(1): 112-116.
Shen YF, Nie XH, Meng XH, *et al.* Research progress on microorganism and functional characteristics of enzyme food processing [J]. J Zhejiang Agric Sci, 2019, 60(1): 112-116.
- [4] Feng Y, Zhang M, Mujumdr AS, *et al.* Recent research process of fermented plant extract: A review [J]. Trends Food Sci Technol, 2017, 65: 40-48.
- [5] Hornero-Méndez D, Cerrillo I, Ortega, *et al.* β -Cryptoxanthin is more bioavailable in human from fermented orange juice than from orange juice [J]. Food Chem, 2018, 262: 215-220.
- [6] Lin YL, Lin HW, Chen YC, *et al.* Hepatoprotective effects of naturally fermented noni juice against thioacetamide-induced liver fibrosis in rats [J]. J Chin Med, 2017, 80(4): 212-221.
- [7] Li C, Nie SP, Zhu KX, *et al.* Lactobacillus plantarum NCU116 fermented carrot juice evokes changes of metabolites in serum from type 2 diabetic rats [J]. Food Res Int, 2016, 80: 36-40.
- [8] Garcia-diaz DF, Johnson MH, De-Mejia EG. Anthocyanins from fermented berry beverages inhibit inflammation-related adiposity response *in vitro* [J]. J Med Food, 2015, 18(4): 489-496.
- [9] Kwaw E, Ma Y, Tchabo W, *et al.* Effects of lactobacillus strains on phenolic profile, color attributes and antioxidant activities of lactic-acid-fermented mulberry juice [J]. Food Chem, 2018, 1: 148-154.
- [10] 陈海明, 李慧, 王璐芳, 等. 分散固相萃取-气相色谱-串联质谱法同时测定草莓及土壤中 5 种杀菌剂[J]. 食品安全质量检测学报, 2018, 9(24): 7471-6477.
Chen HM, Li H, Wang LF, *et al.* Simultaneous determination of five fungicides in strawberry and soil by dispersive solid phase extraction-gas chromatography-tandem mass spectrometry [J]. J Food Saf Qual, 2018, 9(24): 7471-6477.
- [11] Schenck FJ, Lehotay SJ, Vega V. Comparison of solid-phase extraction sorbents for cleanup in pesticide residue analysis of fresh fruits and vegetables [J]. J Sep Sci, 2015, 25(14): 883-890.
- [12] 赵春娟, 庞军, 高文惠. 分子印迹固相萃取-高效液相色谱法分析食品中 3 种三唑类杀菌剂残留[J]. 中国食品学报, 2015, 15(3): 175-180.
Zhao CJ, Pang J, Gao WH. Analysis of Three Triazole Fungicide Residues in Food by Molecularly Imprinted Solid Phas Extraction-HPLC [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2015, 15(3): 175-180.
- [13] 王璐芳, 李春梅, 许佳彬, 等. QuEChERS 超高效液相色谱串联质谱法测定不同植被类型土壤中 11 种甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂[J]. 色谱, 2018, 36(8): 730-737.
Wang LF, Li CM, Xu JB, *et al.* Simultaneous determination of 11 strobilurin fungicides in different vegetation types of soil by QuEChERS-ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Chin J Chromatogr, 2018, 36(8): 730-737.
- [14] 吴南村, 张群, 刘春华, 等. QuEChERS - 气相色谱串联质谱法检测诺丽酵素原液中 12 种农药残留[J]. 湖北农业科学, 2019, 58(1): 96-99.
Wu NC, Zhang Q, Liu CH, *et al.* Simultaneous determination of fermentation broth of morinda citrifolia using QuEChERS-Gas chromatography-tandem mass spectrometry [J]. Hubei Agric Sci, 2019, 58(1): 96-99.
- [15] Golge O, Koluman A, Kabak B. Validation of a modified QuEChERS method for the determination of 167 pesticides in milk and milk products by LC-MS/MS [J]. Food Anal Method, 2017, 11(1): 1-27.
- [16] Liu XQ, Li YF, Meng WT, *et al.* A multi-residue method for simultaneous determination of 74 pesticides in Chinese material medica using modified

- QuEChERS sample preparation procedure and gas chromatography tandem mass spectrometry [J]. *J Chromatogr B*, 2016, 1015: 1–12.
- [17] 侯雪, 韩梅, 邱世婷, 等. 改进的 QuEChERS 气相色谱-串联质谱法测定草莓中 21 种杀菌剂残留[J]. *农药学报*, 2017, 19(1): 46–52.
- Hou X, Han M, Qiu ST, *et al.* Residues of 21 fungicides in *Fragaria ananassa* by modified QuEChERS and gas chromatography-tandem mass spectrometry [J]. *Chin J Pest Sci*, 2017, 19(1): 46–52.
- [18] 许欣欣, 王冰, 陈慧玲, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法同时测定水果蔬菜中 11 种杀菌剂[J]. *食品安全质量检测学报*, 2018, 9(1): 141–148.
- Xu XX, Wang B, Chen HL, *et al.* Simultaneous determination of 11 kinds of fungicides in fruit and vegetable by ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J] *J Food Saf Qual*, 2018, 9(1): 141–148.
- [19] 师真, 陈俊秀, 李旭. 高效液相色谱-串联质谱法测定蔬菜中 13 种氨基甲酸酯类农药和杀菌剂残留[J]. *食品安全质量检测学报*, 2018, 9(20): 5439–5445.
- Shi Z, Chen JX, Li X. Determination of 13 kinds of carbamate pesticides

and fungicides in vegetables by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry [J]. *J Food Saf Qual*, 2018, 9(20): 5439–5445.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介



崔霞, 博士, 助理研究员, 主要研究方向为食品安全。

E-mail: cuixiastyle@163.com



范赛, 博士, 副研究员, 主要研究方向为食品安全。

E-mail: fansai@163.com

“淀粉及其功能化修饰与深加工”专题征稿函

淀粉是自然界最丰富的物质之一, 作为重要的可再生环境友好工业原料, 主要用于食品、纺织、造纸、水产饲料、制药、化工、机械、石油、建筑等行业, 越来越受到社会的广泛重视。对淀粉的极大需求推动了淀粉工业的发展, 因此淀粉工业也被称为黄金产业, 对国民经济具有重要作用。改革开放以来, 我国淀粉及其相关制品工业迅速发展。中国淀粉工业协会联合艾格农业发布报告称, 2017年我国淀粉产量为 2720 万吨, 创历史新高, 同比增幅 15.4%, 淀粉深加工产品产量达到 1,450 万吨。其中仅玉米淀粉产量达到 2,595 万吨, 需求量达到 2,550 万吨, 增幅为 13.8%。

淀粉工业领域基础研究、产品开发等各方面的发展, 有力地支撑了我国高速发展的淀粉及相关制品工业。近年来, 在淀粉科学与工程研究领域, 科研工作者不断与生物化工、营养学、医学、材料科学等多学科知识和生物技术、医疗技术、纳米技术等前沿高新技术交叉融合, 推动了淀粉基础研究与高新技术新的突破。

鉴于此, 本刊特别策划了“**淀粉及其功能化修饰与深加工**”专题, 由**华南理工大学 陈玲教授**担任专题主编, **华南理工大学 李晓玺教授**担任专题副主编, 主要包括**淀粉的生物合成与转化, 淀粉的结构与功能特性, 淀粉修饰、转化与应用, 淀粉现代分析检测与质量控制, 变性淀粉生产新工艺新技术**等方面内容或您认为本领域有意义的问题进行论述。本专题计划在 2019 年 8 月出版。

鉴于您在该领域丰富的研究经历和突出的学术造诣, **学报主编吴永宁研究员、专题主编陈玲教授和专题副主编李晓玺教授**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。请在 **2019 年 6 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。

同时烦请您帮忙在同行之间转发, 再次感谢您的关怀与支持!

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