

◆ 残留与环境 ◆

基于QuEChERS-液质联用技术对果蔬中 复硝酚钠残留检测方法的研究

刘 畅¹, 侯 冰^{1*}, 李巧莲²

(1. 丹东市市场监管事务服务中心, 辽宁丹东 118000 2. 沈阳市食品药品检验所, 沈阳 110136)

摘要:建立QuEChERS-超高效液相色谱-串联质谱法(UPLC-MS/MS)测定5种果蔬中复硝酚钠残留,果蔬样品经0.1%乙酸乙腈溶液提取,无水MgSO₄、PSA、C₁₈、GCB净化,UPLC-MS/MS检测。结果显示,2-硝基苯酚钠、4-硝基苯酚钠、5-硝基-2-甲氧基苯酚钠在5.0~100.0 μg/L的质量浓度范围内线性关系良好。方法检出限为0.5 μg/kg,定量限为1.0 μg/kg;3种化合物在添加水平1、4、20、100 μg/kg时,平均回收率为82%~110%,相对标准偏差为1.4%~9.3%。该方法检测快速,稳定性、再现性良好,精密度和准确度符合检测要求,能够满足复硝酚钠的残留测定。

关键词:超高效液相色谱-串联质谱;QuEChERS;果蔬;复硝酚钠;残留检测

中图分类号:TQ 450.2+63 文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1671-5284.2026.01.012

Research on the detection method of residual sodium nitrophenolate in vegetables and fruits based on QuEChERS-UPLC-MS/MS technology

LIU Chang¹, HOU Bing^{1*}, LI Qiaolian²

(1. Dandong Market Supervision and Administration Service Center, Liaoning Dandong 118000, China; 2. Shenyang Food and Drug Inspection Institute, Shenyang 110136, China)

Abstract: A method was established to determine sodium nitrophenolate residues in 5 types of fruit and vegetable based on QuEChERS-UPLC-MS/MS. The samples were extracted by 0.1% acetic acid in acetonitrile solution, purified with anhydrous MgSO₄, PSA, C₁₈, and GCB, analyzed by UPLC-MS/MS. The results showed that 2-nitrophenol sodium, 4-nitrophenol sodium, and 5-nitro-2-methoxyphenol sodium exhibited good linearity in the concentration range of 5.0-100 μg/L. The detection limit and quantification limit were 0.5 μg/kg and 1.0 μg/kg, respectively. When the spiked concentrations of the three compounds were 1, 4, 20, 100 μg/kg, the average recoveries were 82%-110%, and the relative standard deviations were 1.4%-9.3%. This method showed high stability, good reproducibility, and met the analytical requirements for precision and accuracy. It could satisfy the residue determination of sodium nitrophenolate.

Key words: UPLC-MS/MS; QuEChERS, fruits and vegetable; sodium nitrophenolate; residue detection

复硝酚钠是一种复合型植物生长调节剂,其主要成分为5-硝基-2-甲氧基苯酚钠、2-硝基苯酚钠和4-硝基苯酚钠。该物质通过快速渗透植物组织,显著增强细胞原生质流动性并激活细胞代谢功能,从而促进作物生长发育,在农业生产中作为广谱生长调节剂被广泛应用^[1-3]。然而,其残留物可能会通过食

物链的生物富集作用对人体健康产生潜在威胁。尽管现有毒理学数据表明其急性毒性较低(LD₅₀>5 000 mg/kg),且致敏性弱^[4-5],但美国环保署(EPA)已将其中的2-硝基苯酚钠和4-硝基苯酚钠列入优先控制污染物清单^[6]。我国农业农村部在第250号公告中明确禁止硝基苯酚钠在食品动物中使用^[7]。

收稿日期:2025-06-13

作者简介:刘畅,女,农艺师,主要从事农产品检测工作。E-mail:514407781@qq.com

通信作者:侯冰,女,高级工程师,主要从事食品检测工作。E-mail:517589672@qq.com

当前检测技术研究存在明显的不均衡性。针对肥料、饲料^[8-9]及动物源食品(畜禽肉、水产品等)^[10-12]中复硝酚钠残留的检测方法较为成熟,而果蔬等植物源农产品中的农药残留检测体系仍缺乏标准化方案^[13-16]。这一技术短板可能成为食品安全监管的潜在风险点。GB 2763—2021《食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量》标准中明确了番茄、马铃薯、柑、橘和橙中复硝基酚钠的最大残留限量,但并未规定配套检测方法^[16]。因此,本研究旨在通过超高效液相色谱-串联质谱仪进行复硝基酚钠的定性定量检测,并优化QuEChERS前处理方法,为蔬菜、水果中复硝酚钠残留的高效检测提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

5-硝基-2-甲氧基苯酚钠、2-硝基苯酚钠、4-硝基苯酚钠标准品,质量浓度均为1 000 mg/L,河南省伟业计量集团有限公司。乙腈(色谱纯),Merck公司;甲酸(色谱纯),美国Fisher Scientific试剂公司;无水硫酸镁、柠檬酸氢二钠倍半水合物(分析纯)、乙二胺-N-丙基硅烷(PSA)、十八烷基硅烷键合硅胶(C₁₈)、石墨化炭黑(GCB),上海安谱实验科技股份有限公司;柠檬酸钠、氯化钠、乙酸钠、冰乙酸,均为分析纯,国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器

Waters ACQUITY UPLC H-Class/Xevo TQD 超高效液相色谱质谱联用仪,美国Waters公司;高速冷冻离心机,德国Sigma公司;超纯水机,德国Sartorius公司;涡旋混匀器,德国IKA公司;天平,瑞士梅特勒-托利多公司;氮吹仪,上海屹尧仪器公司。

1.3 样品的提取与净化

将马铃薯、番茄、柑、橙、橘的空白样品粉碎匀浆处理。称取10 g(精确至0.01 g)样品,加入0.1%乙酸乙腈溶液10 mL,涡旋1 min,加入MgSO₄ 4 g、NaCl 1 g、柠檬酸钠1 g、柠檬酸氢二钠0.5 g,涡旋1 min,以5 000 r/min离心5 min。取6 mL上清液,加入无水MgSO₄ 1 000 mg、PSA 100 mg、C₁₈ 100 mg、GCB 100 mg,涡旋1 min,以5 000 r/min离心5 min。取5 mL上清液,氮吹近干,加入1 mL乙腈复溶,过0.22 μm微孔有机滤膜,待测。

1.4 溶液配制

10 μg/mL混合储备液:分别精确移取3种标准溶液0.1 mL,乙腈定容至10 mL。0.5 μg/mL混合中间液:精确移取混合储备液0.5 mL,乙腈定容至10 mL。

0.1 μg/mL混合中间液:精确移取混合储备液0.1 mL,乙腈定容至10 mL。

1.5 仪器分析条件

1.5.1 液相色谱分析条件

色谱柱为Waters BEH C₁₈(2.1 mm × 50 mm, 1.7 μm);流动相:A相为0.02%甲酸水溶液,B相为乙腈;柱温为35℃;流速为0.35 mL/min;进样量为2 μL。流动相洗脱条件为:0~0.8 min,80%A;0.8~0.9 min,80%~60%A;0.9~6.4 min,60%~0A;6.4~7.5 min,0A;7.5~8.0 min,0~80%A;8.0~10.0 min,80%A。

1.5.2 质谱条件

离子源类型为电喷雾离子源(ESI源),扫描方式为负离子扫描;离子源温度为130℃;脱溶剂气流速550 L/h;脱溶剂气温度350℃。3种化合物的质谱参数见表1。

表 1 多反应监测(MRM)扫描模式的质谱参数

化合物名称	电离方式	离子对	去簇电压/V	碰撞能量/V
5-硝基-2-甲氧基苯酚钠	负	168.0/152.9	25	12
		168.0/123.0	25	20
2-硝基苯酚钠	负	138.0/108.0	35	13
		138.0/92.0	35	17
4-硝基苯酚钠	负	138.0/108.0	30	15
		138.0/92.0	30	20

2 结果与分析

2.1 色谱条件优化

本研究比较了甲醇+10 mmol/L乙酸铵水溶液、乙腈+10 mmol/L乙酸铵水溶液、乙腈+0.02%甲酸水溶液3种流动相体系对3种目标化合物分离效果的影响。在乙腈+0.02%甲酸水溶液流动相体系下,目标化合物分离效果最好。流动相流速分别设定为0.3 mL/min、0.35 mL/min、0.4 mL/min,柱温分别设定为30℃、35℃、40℃,比较对3种目标化合物分离效果的影响。当流速设定为0.35 mL/min,柱温设定为35℃时,目标物峰形尖锐对称,且响应较高。进样量分别设定为2 μL、4 μL、6 μL、8 μL,比较对3种目标化合物分离效果的影响。当进样量设定为4 μL、6 μL、8 μL时,目标物质均出现前沿峰。因此,本研究选用乙腈+0.02%甲酸水溶液作为流动相,流速设定为0.35 mL/min,柱温设定为35℃,进样量设定为2 μL。

2.2 质谱条件优化

脱溶剂气温度分别设定为100℃、200℃、300℃、350℃、400℃、500℃、600℃,离子源温度分别设定为100℃、110℃、120℃、130℃、140℃、150℃,脱溶剂气流速分别设定为300 L/h、350 L/h、400 L/h、450 L/h、550 L/h、600 L/h、650 L/h,比较了对3种目标化合物分离效果的影响。结果显示,脱溶剂气温度为350℃,离子源温度为130℃,脱溶剂气流速为550 L/h时,目标物峰形尖锐对称,分离效果

较好,且响应较高。

2.3 方法学验证

2.3.1 线性范围、检出限及定量限

将马铃薯、番茄、柑、橙、橘空白基质采用1.3中方法进行处理,得到空白基质液。分别采用5种空白基质液配制5.0、10.0、20.0、50.0、100.0 μg/L系列标准工作溶液,绘制基质标准曲线,如表2所示。3种化合物在5.0~100.0 μg/L的质量浓度范围内,线性良好,相关系数均大于0.99。

表2 5种基质的标准曲线

基质	化合物	线性方程	相关系数
马铃薯	2-硝基苯酚钠	$Y=33.787\ 0X+0.728\ 7$	0.999\ 615
	4-硝基苯酚钠	$Y=38.475\ 2X-21.153\ 4$	0.998\ 097
	5-硝基-2-甲氧基苯酚钠	$Y=21.427\ 3X-40.447\ 8$	0.998\ 907
番茄	2-硝基苯酚钠	$Y=35.004\ 5X+1.384\ 7$	0.999\ 721
	4-硝基苯酚钠	$Y=43.079\ 6X-49.863\ 5$	0.999\ 436
	5-硝基-2-甲氧基苯酚钠	$Y=21.864\ 1X-26.792\ 6$	0.997\ 894
柑	2-硝基苯酚钠	$Y=31.927\ 5X+32.985\ 5$	0.998\ 794
	4-硝基苯酚钠	$Y=34.577\ 3X+15.029\ 1$	0.998\ 597
	5-硝基-2-甲氧基苯酚钠	$Y=19.679\ 4X-0.901\ 7$	0.997\ 347
橙	2-硝基苯酚钠	$Y=30.838\ 8X+3.706\ 4$	0.999\ 397
	4-硝基苯酚钠	$Y=36.387\ 9X+16.340\ 5$	0.999\ 781
	5-硝基-2-甲氧基苯酚钠	$Y=20.059\ 0X-18.922\ 0$	0.997\ 367
橘	2-硝基苯酚钠	$Y=35.571\ 7X+12.491\ 3$	0.999\ 855
	4-硝基苯酚钠	$Y=40.229\ 0X-11.788\ 0$	0.999\ 648
	5-硝基-2-甲氧基苯酚钠	$Y=25.753\ 9X-92.597\ 0$	0.999\ 702

根据GB 5009.295—2023中检出限、定量限的验证要求,目标分析物在检出限水平的检出概率不低于95%,定量限的验证至少检测6个平行样品^[17]。测定结果的正确度和精密度需满足要求,正确度和精密度如表3所示。

表3 方法的正确度和精密度

化合物	回收率/ %	平均回收率/ %	相对偏差/ %	相对标准 偏差/%
2-硝基苯酚钠	104	94	10.6	8.0
	86		-8.5	
	90		-4.3	
	94		0.0	
	102		8.5	
	88		-6.4	
4-硝基苯酚钠	90	94	-4.3	3.4
	96		2.1	
	90		-4.3	
	98		4.3	
	94		0	
	94		0	

(续表3)

化合物	回收率/ %	平均回收率/ %	相对偏差/ %	相对标准 偏差/%
5-硝基-2-甲氧基苯酚钠	108	99	9.1	6.1
	102		3.0	
	100		1.0	
	90		-9.1	
	98		-1.0	
	96		-3.0	

在橙空白基质中添加3种化合物,质量分数为0.5 μg/kg,前处理后经UPLC-MS/MS测定,信噪比S/N均大于3。平行检测20个橙空白基质加标样品(质量分数为0.5 μg/kg),20个样品均可检出3种化合物,即检出率为100%,确定3种化合物的检出限为0.5 μg/kg。在橙空白基质中添加3种化合物质量分数为1.0 μg/kg,信噪比S/N均大于10。平行检测6个橙空白基质加标样品(质量分数为1.0 μg/kg)。检测结果满足GB 5009.295—2023要求,因此方法的定量限确定为1.0 μg/kg。

2.3.2 回收率试验结果

根据GB 5009.295—2023标准中验证样品的要求,至少需要验证3个浓度水平,分别是检测范围的最低浓度、中间浓度和最高浓度的正确度和精密度。对于有限量值的目标分析物,还应验证限量值浓度的正确度和精密度^[17]。以马铃薯、番茄、柑、橙、橘为

基质,在空白基质中添加4个水平的标准溶液,分别为定量限1 μg/kg、中间值4 μg/kg、最高值20 μg/kg和限量值100 μg/kg,进行加标回收试验,结果见表4。由表4可知,3种化合物的平均回收率为82%~110%,相对标准偏差(RSD)为1.4%~9.3%。方法满足GB 5009.295—2023标准要求。

表4 回收率试验结果(n=6)

基质	化合物	添加水平1 μg/kg		添加水平4 μg/kg		添加水平20 μg/kg		添加水平100 μg/kg	
		回收率/%	RSD/%	回收率/%	RSD/%	回收率/%	RSD/%	回收率/%	RSD/%
马铃薯	2-硝基苯酚钠	93	4.5	86	3.0	93	2.7	89	2.6
	4-硝基苯酚钠	97	9.0	89	3.4	93	4.1	91	4.2
	5-硝基-2-甲氧基苯酚钠	93	5.2	97	2.0	96	2.5	96	3.2
番茄	2-硝基苯酚钠	100	6.7	94	2.5	98	2.8	97	2.7
	4-硝基苯酚钠	110	6.7	91	8.0	89	2.7	92	2.4
	5-硝基-2-甲氧基苯酚钠	98	6.0	95	3.5	99	4.6	100	2.9
柑	2-硝基苯酚钠	97	7.5	98	2.9	104	2.0	104	2.6
	4-硝基苯酚钠	101	4.5	99	2.3	108	1.8	107	2.0
	5-硝基-2-甲氧基苯酚钠	99	6.1	98	3.6	100	6.2	99	3.7
橙	2-硝基苯酚钠	94	8.0	95	2.4	96	1.4	100	1.7
	4-硝基苯酚钠	94	3.4	85	7.1	93	3.0	94	2.8
	5-硝基-2-甲氧基苯酚钠	99	6.1	95	5.5	93	5.6	91	7.3
橘	2-硝基苯酚钠	93	9.3	89	2.5	90	3.0	88	2.9
	4-硝基苯酚钠	98	6.7	90	3.9	92	3.4	89	3.9
	5-硝基-2-甲氧基苯酚钠	83	4.2	94	6.3	83	2.6	82	4.0

2.4 实际样品检测

应用本研究建立的试验方法对市售60批果蔬样品进行检测。结果显示,7批次样品中分别检出复硝酚钠残留,其中3批次样品中检出2-硝基苯酚钠、4-硝基苯酚钠,2批次样品中检出5-硝基-2-甲氧基苯酚钠,2批次中同时检出3种化合物。2-硝基苯酚钠的残留量为4.4~6.7 μg/kg,4-硝基苯酚钠的残留量为5.4~6.8 μg/kg,5-硝基-2-甲氧基苯酚钠的残留量为9.0~13.5 μg/kg。

3 结论

本文建立了QuEChERS-超高效液相色谱-串联质谱法测定5种果蔬中复硝酚钠残留。以0.1%乙酸乙腈溶液为溶剂,加入无水硫酸镁、氯化钠、柠檬酸钠、柠檬酸氢二钠进行提取,提取液经无水硫酸镁、PSA、C₁₈、GCB净化,采用液质联用仪分析测定。2-硝基苯酚钠、4-硝基苯酚钠、5-硝基邻甲氧基苯酚钠在5.0~100.0 μg/L的质量浓度范围内线性良好;三者的检出限为0.5 μg/kg,定量限为1.0 μg/kg;在添加水平为1、4、20、100 μg/kg时,平均回收率为82%~110%,相对标准偏差为1.4%~9.3%。该方法定性定

量快速、稳定性高、再现性好,精密度和准确度符合分析要求,适用于果蔬中复硝酚钠的残留测定。

参考文献

- [1] 于彩莲,刘波,燕红,等.复硝酚钠及其组分对大豆种子萌发的影响[J].大豆科学,2010,29(3):440-443.
- [2] 燕丛,徐坤,李云,等.复硝酚钠和DA-6对生姜生长及产量品质的影响[J].中国蔬菜,2011(20):69-73.
- [3] 胡兆平,李伟,陈建秋,等.复硝酚钠、DA-6和α-萘乙酸对茄子产量和品质的影响[J].中国农学通报,2013,29(25):168-172.
- [4] 孙炳剑,郑先福,郑昊.复硝酚钠急性毒性的初步研究[J].河南农业大学学报,2007,41(1):73-76.
- [5] 郑先福,孙炳剑,郑昊.复硝酚钠的致突变性研究[J].河南科技大学学报(自然科学版),2007,28(4):94-96.
- [6] QIU X H, WU P, ZHANG H Y. Isolation and characterization of *Arthrobacter* sp. HY2 capable of degrading a high concentration of p-nitrophenol[J]. Bioresource Technology, 2009, 100: 5243-5248.
- [7] 徐瑞丽,李青,袁晓,等.固相萃取-高效液相色谱法检测蔬菜水果中复硝酚钠3种组分残留量[J].食品科技,2021,46(6):289-293.
- [8] 邢丽红,孙伟红,翟毓秀,等.高效液相色谱法检测饲料中的复硝酚钠[J].中国饲料,2013(2):42-44.
- [9] 黎薇薇,陈国雄,谭兆平.水溶肥料中复硝酚钠的高效液相色谱

(下转第82页)

溴氰菊酯SC 37.5 g/hm²常规喷雾和无人机超低容量喷雾处理相比,10%异唑虫啉SC 30~90 g/hm²常规喷雾和无人机超低容量喷雾处理表现出速效性较差,持效期较长的特点,药后14 d达到死虫高峰,其持效期长达21 d。10%异唑虫啉SC对棉蚜的防效随用量增加而提高。

3 讨论与结论

整体来看,10%异唑虫啉SC喷雾防治棉花蚜虫起效较慢,药后7 d防效提升,药后7~21 d均具有良好的防治效果。主流对照药剂12.5%啶虫脒·溴氰菊酯SC,药后3 d即达到死虫高峰,但7 d后防效呈快速下降趋势。该药虽起效快,但持效期短,这也是目前棉蚜防控中的主要痛点之一。理论上讲,异唑虫啉持效性良好,可与速效性较好的药剂混用或复配。下一步需研究其复配技术,以期达到速效与持效的目的。

常规喷雾时,10%异唑虫啉SC 30 g/hm²、60 g/hm²药后14 d的防效最高,分别为61.51%、73.55%;10%异唑虫啉SC 90 g/hm²药后21 d的防效达到最大值(82.64%)。综合考虑药效、用药成本及抗性风险,建议在生产中将异唑虫啉与作用方式互补的其他速效性药剂混用或复配使用,并控制异唑虫啉有效成分用量在30~60 g/hm²,以达到增效、减量用药的目的。单独使用10%异唑虫啉SC时,建议有效用量为60~90 g/hm²。

采用无人机低容量喷雾,10%异唑虫啉SC 30~60 g/hm²药后14 d的防效最高,分别为63.24%、77.17%;10%异唑虫啉SC 90 g/hm²药后21 d的防效高达85.59%。无人机低容量喷雾的防治效果略优于常规喷雾,但两者间无显著差异。生产中种植户可根据天气情况、作业成本、水源便利性、种植结构

等实际情况选择喷雾方式。

本研究通过田间试验评估了新型杀虫剂异唑虫啉不同用量、不同施药方式下对棉花蚜虫的田间防治效果,筛选出适宜的用量范围、施药方式,明确异唑虫啉起效慢、持效期长的特点,提出与速效性药剂混用的建议方案。该研究为异唑虫啉的产业化应用提供了科学依据和数据支持。

参考文献

- [1] 刘小波. 棉花种植中棉铃虫、蚜虫防治技术[J]. 棉花科学, 2024, 46(6): 54-59.
- [2] 张家琪, 王磊, 王玉龙, 等. 棉蚜群体在棉花上的时空分布规律及数量监测模型研究[J]. 塔里木大学学报, 2025, 36(4): 44-53.
- [3] 张海娜, 钱玉源, 刘祎, 等. 蚜虫防治研究概况及在棉花上的应用[J]. 农学学报, 2015, 5(8): 36-39.
- [4] 薛超, 王爱玉, 张芸, 等. 花生-棉花间作田蚜虫的发生及其对新烟碱类杀虫剂抗性水平评价[J]. 农药, 2024, 63(5): 376-381.
- [5] 张帅, 秦萌, 任宗杰, 等. 新型杀虫剂对新疆抗性棉蚜的田间防效[J]. 中国植保导刊, 2023, 43(4): 72-75.
- [6] 李超, 朱鹤, 单莹, 等. 棉蚜对吡虫啉和氟啶虫胺腈抗性监测及抗性机理研究进展[J]. 中国棉花, 2023, 50(2): 1-5.
- [7] 石丹丹, 张帅, 梁沛. 棉蚜抗性现状及治理策略[J]. 植物保护, 2023, 49(5): 270-278.
- [8] 谭海军. 中国创制新烟碱类杀虫剂的研究与开发进展[J]. 世界农药, 2023, 45(1): 1-12; 55.
- [9] 张建. 新型含氮杂环的吡啶并[1,2a]嘧啶酮类介离子化合物的设计合成、杀虫活性及作用机制研究[J]. 贵阳: 贵州大学, 2022.
- [10] 陈雨. 褐飞虱对异唑虫啉的抗性风险评估及代谢抗性机理初探[D]. 武汉: 华中农业大学, 2023.
- [11] 张帅, 叶文男, 刘兆宇, 等. 安徽庐江褐飞虱的抗性监测及不同杀虫剂对其田间防效评价[J]. 植物保护, 2024, 50(2): 303-306.
- [12] 张向前, 秦学峰, 孙俊铭, 等. 不同杀虫剂对水稻褐飞虱的田间防效评价[J]. 安徽农学通报, 2024(17): 84-88.
- [13] 阳红, 周小江, 王占伟, 等. 不同杀虫剂防治稻飞虱田间药效试验[J]. 现代农业科技, 2025(1): 74-76.
- [14] 许旭, 侯雪, 韩梅, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法测定4种浆果中5-硝基邻甲氧基苯酚钠和对硝基苯酚钠残留量[J]. 西南农业学报, 2019, 32(2): 434-438.
- [15] 张文书, 顾志斌, 王雪梅. 液相色谱串联质谱法测定水果中复硝酚钠残留量[J]. 化学分析计量, 2015(1): 68-70.
- [16] 中华人民共和国国家卫生健康委员会, 中华人民共和国农业农村部, 国家市场监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中农药最大残留限量: GB2763—2021[S]. 北京: 中国标准出版社, 2021.
- [17] 中华人民共和国国家卫生健康委员会, 国家市场监督管理总局. 食品安全国家标准 化学分析方法验证通则: GB 5009.295—2023[S]. 北京: 中国标准出版社, 2023.

(上接第 62 页)

分析[J]. 广东化工, 2013, 40(13): 183-184.

[10] 邢丽红, 冷凯良, 孙伟红, 等. 气相色谱法检测鱼和虾中复硝酚钠残留量[J]. 中山大学学报, 2013, 52(6): 104.

[11] 邹游, 邵琳智, 蓝草. 高效液相色谱-大气压化学电离-串联质谱法同时测定动物源食品中复硝酚钠的3种组分[J]. 色谱, 2022, 40(12): 1095-1101.

[12] 徐瑞丽, 李丰, 袁晓, 等. 动物源性食品中硝基酚钠残留量的测定[J]. 食品工业, 2022, 43(2): 327-330.

[13] 林永辉. 液相色谱串联质谱法测定植物油中复硝酚钠的含量[J]. 福建分析测试, 2022, 31(1): 37-42.