

测定肉桂粉中的 300 多种农药

使用 Captiva EMR-GPD 通过式净化与 LC/MS/MS 和 GC/MS/MS 检测

作者

Limian Zhao 和
Anastasia Andrianova
安捷伦科技有限公司

摘要

本应用简报介绍了用于分析肉桂粉中农药多残留分析方法的开发与优化。方法包括使用 Agilent Bond Elut QuEChERS AOAC 萃取试剂盒进行样品萃取，随后使用 Agilent Captiva 增强型基质去除-普通色素干性基质 (EMR-GPD) 进行通过式净化，然后进行 LC/MS/MS 和 GC/MS/MS 分析。新开发的方法在分析复杂肉桂粉基质中的大量农药时提供了高基质去除率和可接受的目标物定量结果，不合格率非常低。在肉桂粉的分析中，300 多种农药获得了优异的方法定量结果，95% 以上的目标分析物平均回收率为 70%-120%，97% 以上的目标分析物平均 RSD 低于 20%。通过干燥残渣重量进行基质去除评估，结果表明，肉桂粉基质共萃取物的去除率约为 60%。事实证明，通过式净化是一种简单的方法，可节省分析人员的时间和精力。

前言

肉桂皮是一种全世界广泛使用的重要药材和食用香料。然而，肉桂的种植、储存和生产过程通常需要使用多种农药来控制害虫、细菌和真菌。这些广泛使用的农药引发了人们对环境和健康影响的担忧。因此，对农药的使用须遵照现行国家/地区或国际法规，例如由欧盟 (EU) 和国际食品法典委员会 (CAC) 制订的相关法规^[1]。

干香料作为复杂基质，对可靠的农药分析带来巨大挑战^[2,3]。肉桂粉由于其高复杂性和高色素含量，被认为是最难分析的基质之一。肉桂粉一般含 12%–15% 的水分，并且含有大量脂肪油、肉桂精油、类黄酮和糖苷类。复杂的基质需要同时进行农药萃取和基质去除，为样品前处理带来了极大挑战了。常用的样品前处理方法一般包括使用 QuEChERS 或改进 QuEChERS 萃取，随后进行分散式 SPE 净化^[3,4]。

配备 Carbon S 小柱的 Agilent Captiva EMR 采用通过式净化方法进行快速高效的样品基质去除。Captiva EMR-普通色素干性基质 (EMR-GPD) 和 EMR-低浓度色素干性基质 (EMR-LPD) 小柱尤其适用于复杂干性基质。两种小柱均包含安捷伦独特的吸附剂 Carbon S 和 Captiva EMR-Lipid，并以优化的配方与 N-丙基乙二胺 (PSA) 和 C18 混合。Captiva EMR-Lipid 吸附剂可提供高选择性和高效脂质去除，而 PSA 吸附剂则可以高效去除脂肪酸和其他有机酸，Carbon S 吸附剂可高效去除色素，EC-C18

可进一步净化疏水基质。混合配方经过精心开发和优化，为具有不同程度色素成分的复杂干性基质提供了更出色的基质去除率与目标分析物回收率之间的平衡。对于普通色素干性基质，通常推荐使用 Captiva EMR-GPD，而 Captiva EMR-LPD 则更适合低浓度色素干性基质。

在本研究中，使用 Captiva EMR-GPD 小柱进行通过式净化的样品前处理流程经过优化，并利用 LC/MS/MS 和 GC/MS/MS 分析肉桂中的 300 多种常见农药。

实验部分

化学品与试剂

农药标准品和内标 (IS) 的混标储备液形式来自安捷伦科技公司 (货号 5190-0551) 和 Restek (Bellefonte, PA, U.S.A.)，单标储备液或粉末的形式购自 Sigma-Aldrich (St Louis, MO, U.S.A.)。HPLC 级乙腈 (ACN) 购自 Honeywell (Muskegon, MI, U.S.A.)。试剂级乙酸、乙酸铵和氟化铵也购自 Sigma-Aldrich。

溶液与标准品

用 1:1 乙腈/水或乙腈配制浓度为 10 µg/mL 的混合 LC 标样加标溶液和 IS 加标溶液，并在 -20 °C 的冰箱中保存。标准加标溶液使用前在室温下彻底解冻并超声处理，使用后重新放回原处储存。

在 990 mL 乙腈中加入 10 mL 冰乙酸，制备含 1% 乙酸的乙腈萃取溶剂，并于室温下储存。

仪器与材料

LC/MS/MS 研究使用 Agilent 1290 Infinity 液相色谱与 Agilent 6490 三重四极杆 LC/MS 的联用系统。1290 Infinity 液相色谱系统包括 Agilent 1290 Infinity 二元泵 (G4220A)、Agilent 1290 Infinity 自动进样器 (G4226A) 和 Agilent 1290 Infinity 柱温箱 (G1316C)。联用的 6490 三重四极杆 LC/MS 配备安捷伦喷射流电喷雾离子源。采用 Agilent MassHunter 工作站软件进行数据采集和分析。

GC/MS/MS 研究使用 Agilent 8890 GC 与 Agilent 7000E 三重四极杆 GC/MS 系统 (GC/TQ)。GC 配置了 Agilent 7693A 自动液体进样器 (ALS) 和 150 个瓶位的样品盘。系统使用多模式进样口 (MMI)。使用由安捷伦吹扫 Ultimate 接头 (PUU) 连接的两根相同的 15 m 柱实现柱中反吹配置，并由 8890 气路反吹模块 (PSD) 控制。有关 GC/TQ 配置，请参见 Andrianova 的应用简报^[5]。在动态 MRM (dMRM) 模式下采集数据。采集方法为保留时间锁定法，以匹配 Agilent MassHunter 农药与环境污染物质 MRM 数据库 (P&EP 4) 中的保留时间，该数据库用于无缝创建 MS 方法。采用 MassHunter 工作站软件进行数据采集和分析。

样品前处理中使用的其他仪器包括：Centra CL3R 离心机 (Thermo IEC, MA, U.S.A.)、Geno/Grinder (SPEX, NJ, U.S.A.)、Multi Reax 试管振荡器 (Heidolph, Schwabach, Germany)、移液管、重复用移液器 (Eppendorf, NY, U.S.A.)、

安捷伦正压 48 孔处理装置 (PPM-48) (货号 5191-4101)、Agilent Bond Elut QuEChERS AOAC 萃取试剂盒 (货号 5982-5755)、Agilent Captiva EMR-GPD 小柱, 6 mL (货号 5610-2091)、Agilent Bond Elut QuEChERS EMR-Lipid 除脂萃取盐包、3.5 g 无水 MgSO₄ (货号 5982-0102) 以及陶瓷均质子, 50 mL 管, 100/包 (货号 5982-9313)。

仪器条件

表 1 列出了 LC/MS/MS 条件。有关目标分析物的动态多反应监测 (dMRM) 参数, 请参见 Zhao 的应用简报^[6]。表 2 列出了 GC/MS/MS 条件。有关目标分析物的 dMRM 参数, 请参见 Agilent MassHunter 农药与环境污染物质 MRM 数据库 (P&EP 4) (部件号 G9250AA)。

图 1 显示了采用 QuEChERS AOAC 萃取, 然后用 Captiva EMR-GPD 净化制备的浓度为 100 ng/g 的加标肉桂样品中目标农药的典型 MRM 色谱图。

表 1. 采用 Agilent 1290 Infinity LC 和 Agilent 6490 三重四极杆 LC/MS 系统的 LC/MS 方法条件

液相色谱条件			
色谱柱	Agilent ZORBAX Eclipse Plus C18 色谱柱, 2.1 × 100 mm, 1.8 μm (货号 959758-902) Agilent ZORBAX Eclipse Plus C18, UHPLC 保护柱, 2.1 × 5 mm, 1.8 μm (货号 821725-901)		
流速	0.3 mL/min		
柱温	40 °C		
进样量	2 μL		
流动相	A) 含 0.125% 甲酸、10 mmol/L 甲酸铵、0.5 mmol/L 氯化铵的水溶液 B) 含 0.125% 甲酸、10 mmol/L 甲酸铵、0.5 mmol/L 氯化铵的 95:5 乙腈:水溶液		
进样针清洗	含 0.2% 甲酸的 1:1:1 乙腈:甲醇:异丙醇:水溶液		
梯度	时间 (min)	%B	流速 (mL/min)
	0.0	15	0.3
	6.0	95	0.3
	8.01	100	0.3
停止时间	10 min		
后运行时间	2.3 min		
质谱条件			
电离模式	电喷雾电离 (ESI)		
气体温度	120 °C		
气体流速	20 L/min		
雾化器	40 psi		
鞘气温度	225 °C		
鞘气流速	11 L/min		
毛细管电压	4500 V (正离子和负离子模式)		
喷嘴电压	0 V (正离子和负离子模式)		
iFunnel 参数	高压 RF: 150 V (正离子模式), 90 V (负离子模式) 低压 RF: 60 V (正离子模式), 60 V (负离子模式)		
极性	正离子和负离子, 参见参考文献 1 中的表 4。		

表 2. 采用 Agilent 8890 GC 和 Agilent 7000E 三重四极杆 GC/MS 系统的 GC/MS/MS 方法条件

色谱柱	Agilent HP-5ms UI, 15 m × 0.25 mm, 0.25 μm (货号 19091S-431UI-KEY)
载气	氮气
色谱柱 1 流速	1.016 mL/min
色谱柱 2 流速	1.216 mL/min
进样量	1 μL 冷柱头不分流
进样口衬管	安捷伦超高惰性 2 mm 浅凹坑衬管, 货号 5190-2297
MMI 升温程序	60 °C (保持 0.1 min), 以 600 °C/min 升至 280 °C 并保持
柱温箱升温程序	60 °C 下保持 1 min, 以 40 °C/min 的速率升至 170 °C, 以 10 °C/min 的速率升至 310 °C, 保持 2.25 min
运行时间	20 min
反吹条件	1.5 min 后运行 310 °C 柱温箱 后运行总流速 25 mL/min
传输线温度	280 °C
离子源	配备 3 mm 透镜的惰性 Extractor 离子源, 280 °C
真空泵	高性能涡轮泵
四极杆温度	150 °C
数据监测	动态 MRM 模式 (dMRM)
电子倍增器电压增益因子	10
溶剂延迟	3 min

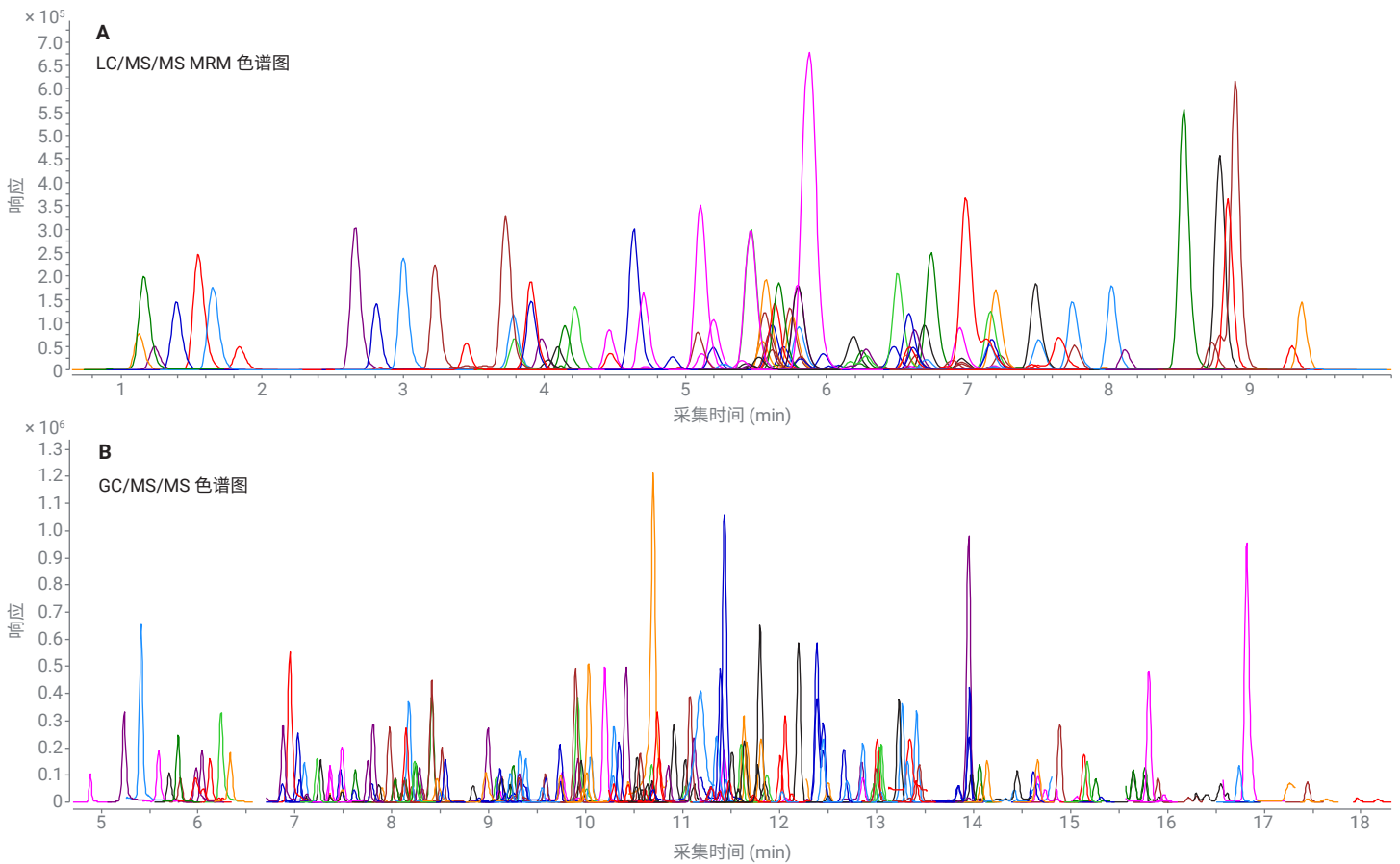


图 1. 萃取的肉桂样品中加标浓度为 100 ng/g 目标农药的 LC/MS/MS MRM 色谱图 (A) 和 GC/MS/MS MRM 色谱图 (B)。使用 Agilent Bond Elut QuEChERS AOAC 萃取试剂盒以及 Agilent Captiva EMR-GPD 净化进行样品前处理

样品前处理

有机肉桂粉购自当地市场。称取 1.5 g 肉桂粉，置于 50 mL 离心管中。加入 4 mL 0.1% 甲酸水溶液。然后将样品涡旋 15 分钟对干性基质进行充分水化和平衡。按照 QuEChERS AOAC 方法对样品混合物进行萃取。萃取后，将 2.7 mL 粗提物与 0.3 mL 水混合。然后将混合样品转移至 Captiva EMR-GPD 6 mL 小柱中进行通过式净化。通过重力或低正压 (1-3 psi) 以

均匀的洗脱流速进行样品洗脱，大约每滴 2-4 秒。洗脱 3 mL 样品混合物通常耗时 10-15 分钟。用无水 $MgSO_4$ 干燥样品洗脱液，完全去除残留的水分。样品可直接进行 GC/MS/MS 分析，或在 LC/MS/MS 分析之前进一步稀释。详细的样品前处理流程如图 2 所示。从肉桂粉中目标分析物浓度到最终经样品萃取和基质净化的肉桂萃取物，整个样品前处理过程的稀释倍数为 10 倍。

方法开发

肉桂粉样品量和稀释倍数的筛选基于对肉桂粉基质复杂性和共萃取残留的研究。同时研究了干粉水化的加水量，根据对基质共萃取物的评估，对比了 5 mL 和 10 mL 的加水量。

方法性能评估

根据以下几个方面和对开发的样品前处理方法进行了评估：肉桂粉中的基质去除率，目标物回收率、重现性和基质效

应、基质匹配校准曲线线性和定量限 (LOQs)。为评估回收率、重现性和基质效应，使用肉桂粉制备 10 和 100 ng/g 的预加标质量控制 (PR-QC) 样品，一式六份，对应的萃取后样品粗提物中的浓度为 1 和 10 ng/mL。然后使用开发的方法制备加标样品和基质空白样品。在用水稀释之前，在基质空白萃取物中制备后加标 QCs (PO-QC)，对应于 1 和 10 ng/mL。以 1 和 10 ng/mL 的浓度直接对试剂空白 (含 1% 乙酸的乙腈) 加标，制备纯 QCs，然后用水适当稀释。每种 QC 平行制备 6 份。使用 PR-QC 和 PO-QC 中相应目标物的峰面积比计算目标物回收率。使用 PR-QC 中的峰面积通过计算 RSD 确定样品前处理方法的重现性。使用 PO-QC 和溶剂标样中相应目标物的峰面积比计算目标物基质效应。通过在肉桂粉基质空白萃取物中以 0.5、1、2、5、10、50、100、250、400 和 500 ng/g 的浓度进行后加标 (在肉桂中对应于的浓度为 5–5000 ng/g)，对基质匹配校准曲线线性和 LOQs 进行评估。由保留时间和 MRM 离子对确定分析物鉴定、确认和定量结果。

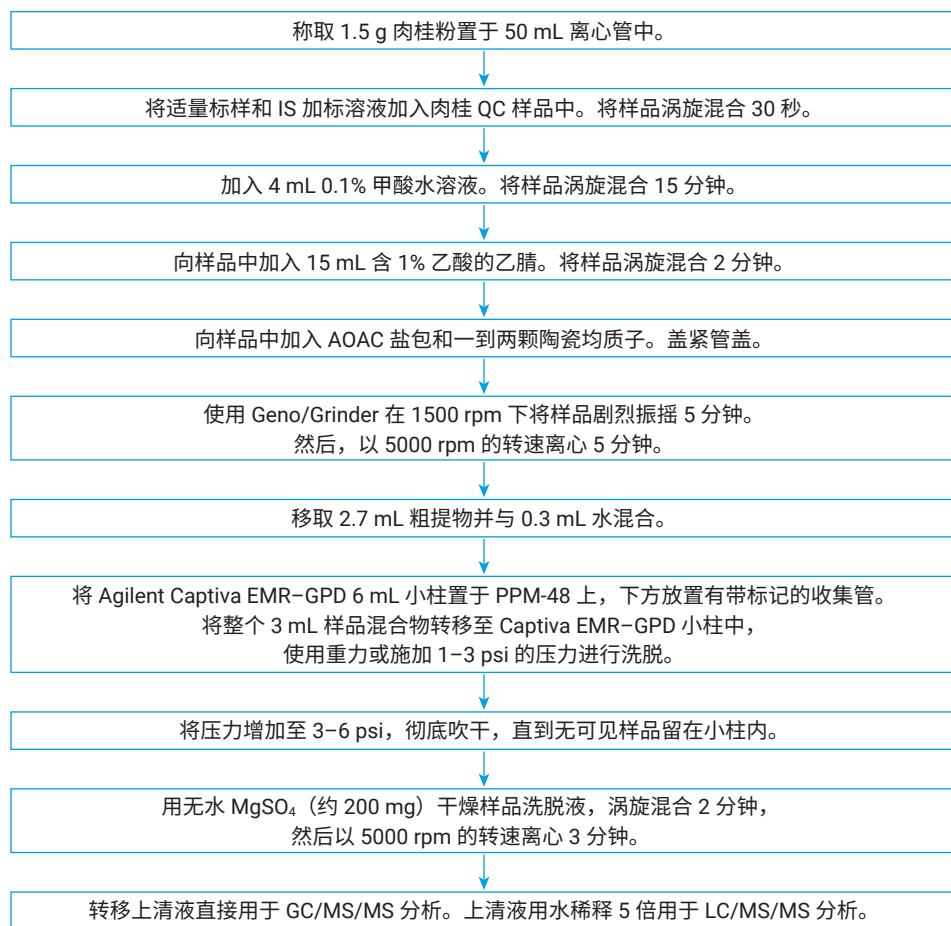


图 2. 使用 Agilent Bond Elut QuEChERS AOAC 萃取以及 Agilent Captiva EMR-GPD 通过式净化的肉桂样品前处理流程

结果与讨论

方法开发与优化

肉桂粉为深棕色，被认为是含普通色素的干性基质。因此，Captiva EMR-GPD 是通过式净化的合适选择。将 1.5 g 肉桂稀释 10 倍，对样品基质进行初步基质复杂性和基质去除效率筛选。图 3A 为一张典型的肉桂图片，展示了它的颜色。图 3B 为 QuEChERS 萃取后的粗提物，为相对深棕色。图 3C 为粗提物的干燥残渣，每

毫升粗提物残渣为 8–10 mg。图 3D 为肉桂萃取物的 GC/MS 全扫描色谱图背景，顶部色谱图为未经净化的粗提物，中间两张色谱图为采用传统 dSPE 净化的萃取物，底部色谱图是采用 Captiva EMR-GPD 净化的萃取物。肉桂基质色素含量高，大量干扰物在相对较早的保留时间窗口内（5–7 分钟之间）洗脱，表明这些干扰物极性相对较强。QuEChERS 萃取后的净化可将中期至较晚洗脱的绝大部分干扰物去除，并降低整体背景基线。与传统

dSPE 净化相比，Captiva EMR-GPD 提供了的净化效率略高，基质背景净化改善了 4%–10%。三种净化方法的基质共萃取物残渣去除率相当接近，但 EMR-GPD 仍可提供最高的残留净化效率。

考虑到每毫升粗提物小于 10 mg 的共萃取物残留以及早期洗脱基质干扰物去除（5–7 分钟的保留时间窗口）的困难，10 倍的稀释倍数是必要的。因此，使用 1.5 g 肉桂皮粉，通过样品前处理稀释 10 倍。

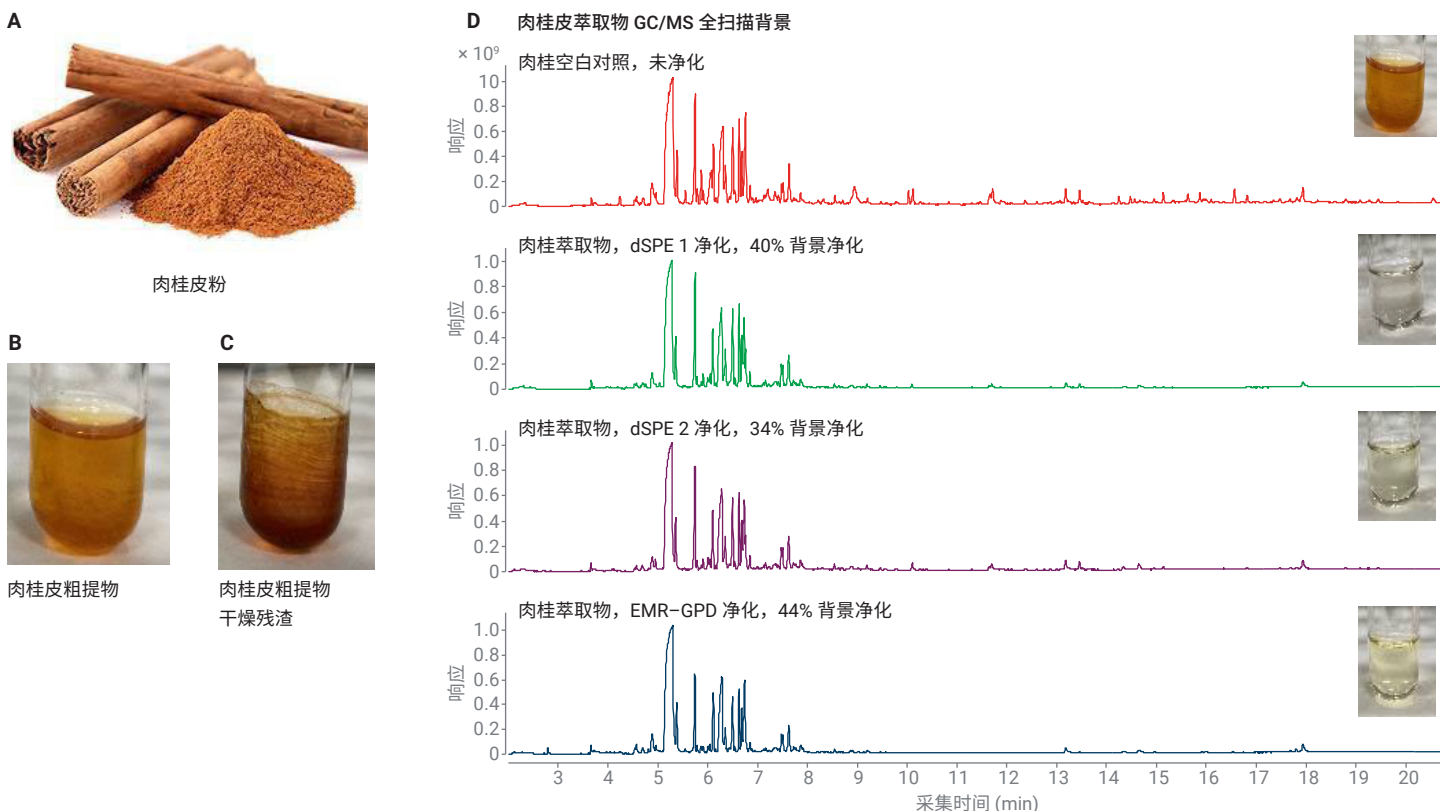


图 3. 对肉桂基质的初步研究。(A) 典型肉桂粉；(B) QuEChERS 萃取后的粗提物；(C) 粗提物的干燥残渣；(D) 肉桂粉萃取物 GC/MS 全扫描色谱背景

此外，基质研究还表明，减少水化时水的用量会减少基质共萃取物。与使用 10 mL 水的样品水化相比，使用 5 mL 水时基质共萃取物减少了约 30%。然而，使用 5 mL 水进行肉桂干样品预润湿，对酸性农药回收率的影响更显著。即便如此，使用酸性缓冲液可帮助回收部分酸性农药。考虑到水化的优缺点，向 1.5 g 肉桂皮粉中加入 4 mL 含 0.1% 甲酸的水缓冲液进行样品水化。

据之前报道，使用 Captiva EMR-GPD 通过式净化时，水与样品粗提物预混合也会影响分析物回收率^[7]。同时使用以下水与肉桂粗提物的比例研究 EMR-GPD 净化之前水的预混合比例：0:100、5:95 和 10:90。敏感农药的目标分析物回收率结果对比结果在图 4 中。对比结果表明：A) 加入水并与粗提物预混合，改善了许多敏感目标分析物的回收率。B) 然而水预混合也影响了几种农药的回收率，如二氧威和啶酰菌胺。因此，对于 Captiva EMR-GPD 净化来说，10% 水预混合比例最为合适。

方法定量性能评估

通过目标物回收率、重现性和基质效应以及基质匹配校准线性和 LOQs，对方法的定量性能进行了评估。

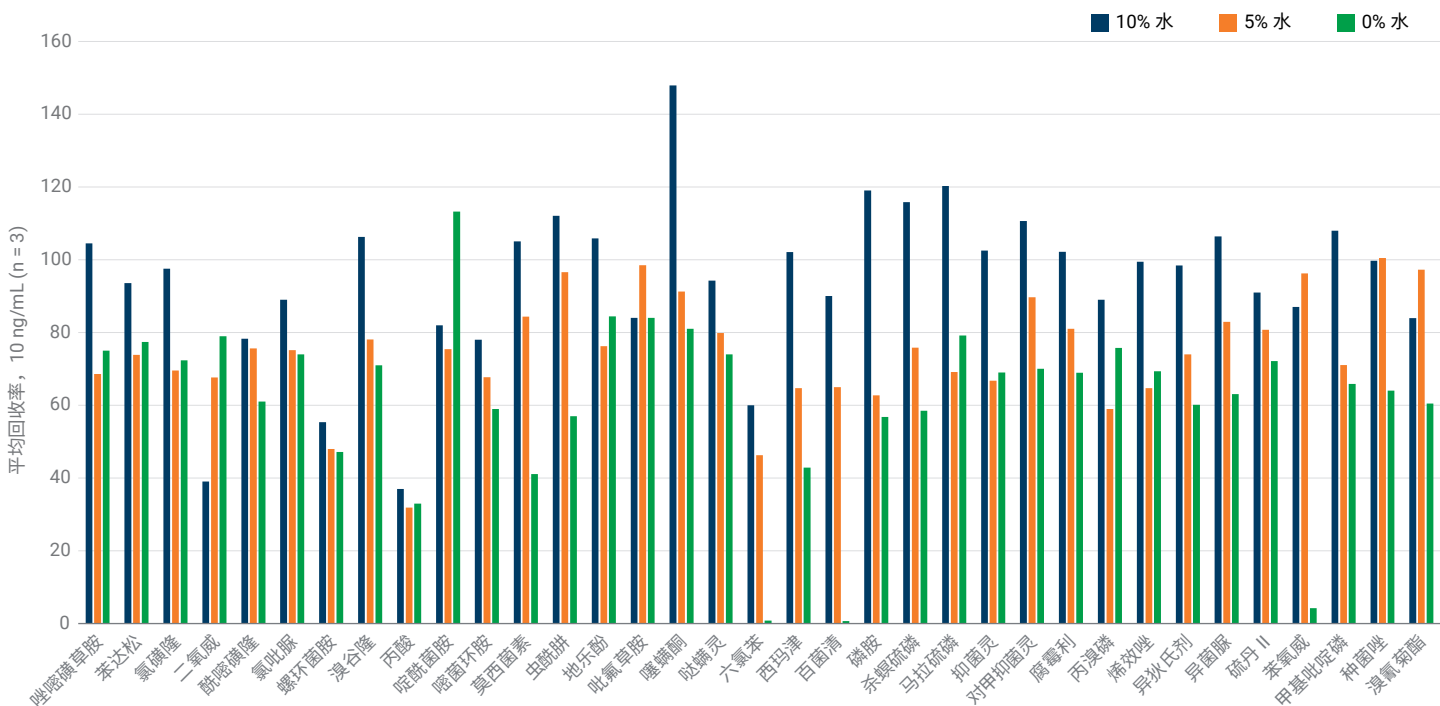


图 4. 优化 Agilent Captiva EMR-GPD 净化前的加水量。利用加标浓度为 10 ng/mL 的肉桂粗提物进行比较

目标物回收率、重现性和基质效应

这些参数与方法定量准确性和数据质量直接相关。因此，使用这些参数来证明定量方法性能非常重要。方法性能评估参考了SANTE/11312/2021 指南^[1]。图 5 显示了肉桂中单个目标分析物在 10 和 100 ng/g 浓度下的 LC/MS/MS 和 GC/MS/MS 检测结果，包括农药回收率、重现性 (RSD) 和基质效应 (仅 LC/TQ)。结果基于 10 和 100 ng/g 加标浓度平均值计算，每个浓度 6 份重复试样。统计分析显示 95% 以上的目标分析物回收率为 70%–120%，98% 以上的目标分析物回收率为 40%–120%。对于重现性，97% 以上的目标回收率 RSD 小于 20%。对于

LC/MS/MS 的基质效应，85% 以上的目标分析物处于 60%–130% 的窗口。在研究的 300 多种农药中，12 种在 10 ng/g 浓度下无法检测，原因为基质干扰或基质效应。目标分析物稳定性也可能引起 10 ng/g 浓度下的灵敏度损失。

基质匹配校准和 LOQ

通过将标样后加标到最终样品萃取物中，制得浓度范围为 0.5–500 ng/mL 的基质匹配校准标样。考虑到在样品萃取中引入的 10 倍稀释倍数，该范围对应于肉桂中的 5–5000 ng/mL。利用线性回归和 $1/x^2$ 加权生成校准曲线，但一些例外情况会使用二次回归或 $1/x$ 加权。根据低浓度水平下特定目标分析物的灵敏度和选择

性，以及高浓度水平是否紧密贴合校准曲线，来确定单个目标分析物的校准动态范围。图 6 显示肉桂中目标农药的基质匹配校准曲线的结果汇总。结果显示，对于所研究的 300 多种农药，88% 的目标分析物通过线性回归实现了全动态校准范围 (肉桂中 5–5000 ng/g) 且 $R^2 > 0.99$ ；约 5% 的目标分析物通过二次回归实现全动态范围且 $R^2 > 0.99$ 。大约 6% 的目标分析物通过线性或二次回归显示了修改的范围且 $R^2 > 0.99$ ，可能是由于在低浓度端灵敏度或选择性不足，或是由于基质阳性影响。剩余约 1% 的目标分析物没有获得 $R^2 > 0.99$ 的动态范围。

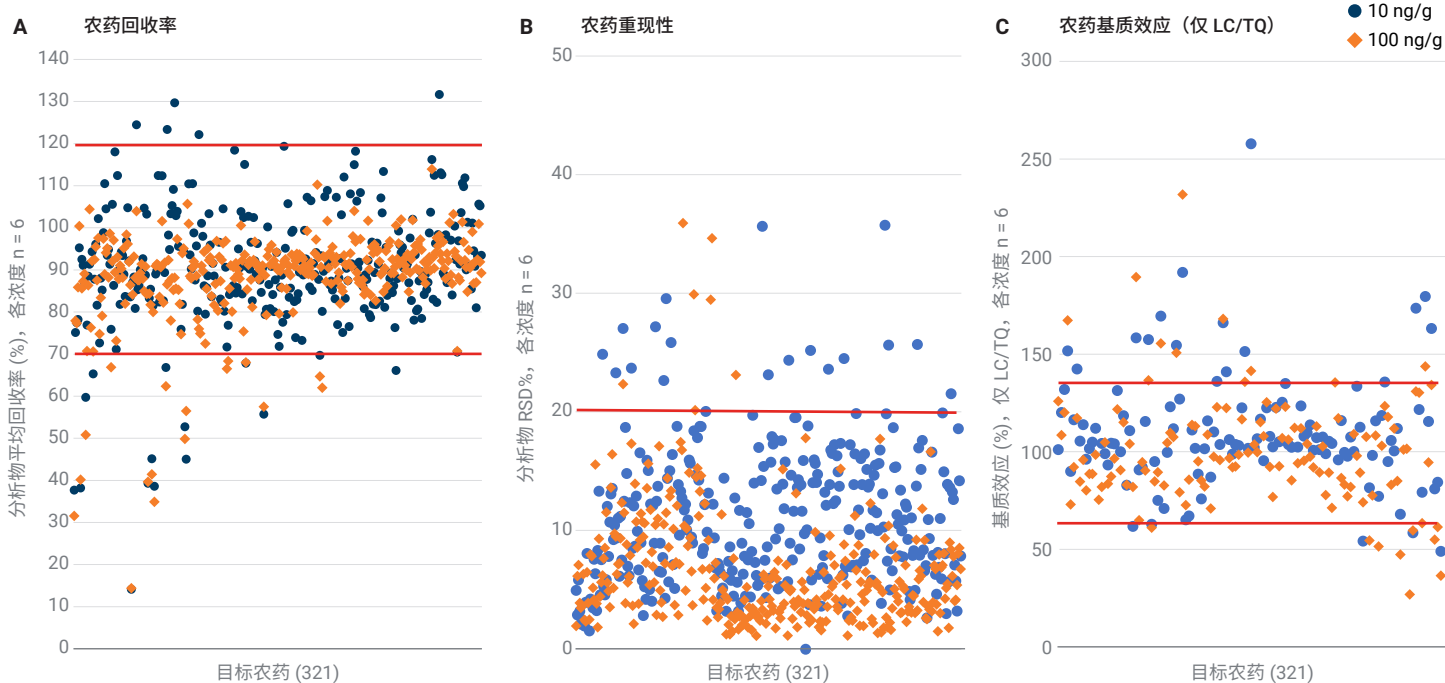


图 5. 肉桂中单个目标分析物在 10 和 100 ng/g 浓度下的方法定量结果：(A) 农药回收率、(B) 农药重现性和 (C) 农药基质效应 (仅 LC/TQ)

Captiva EMR-GPD 与传统 dSPE 净化对比

与 QuEChERS 萃取之后进行传统 dSPE 净化相比，Captiva EMR-GPD 通过式净化提升了基质净化效率和敏感农药回收率。图 7 显示了 Captiva EMR-GPD 净化与任意一种 dSPE 净化技术之间回收率差异大于 30% 的敏感农药。敏感农药回收率的改善可归功于：1) 在 EMR-GPD 混合吸附剂中使用了 Carbon S 吸附剂，而非在经典 dSPE 试剂盒中使用的传统 GCB 吸附剂；2) 通过式净化过程中更好的缓冲效果，以及样品混合物中少量的水。

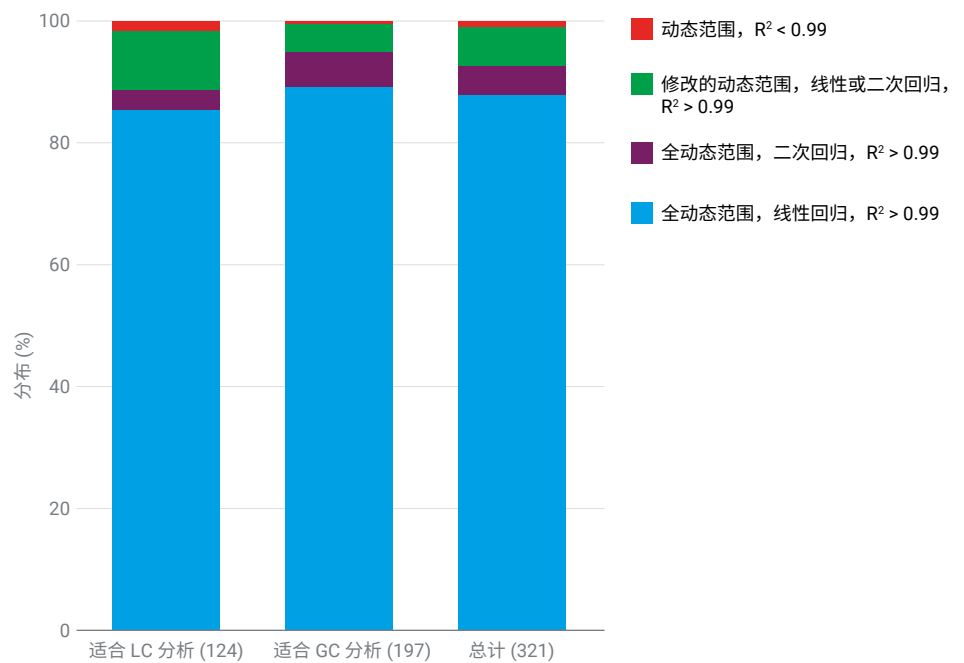


图 6. 使用 LC/MS/MS 和 GC/MS/MS 检测的肉桂中目标农药的基质匹配校准曲线。肉桂皮粉中的全动态范围为 5–5000 ng/g

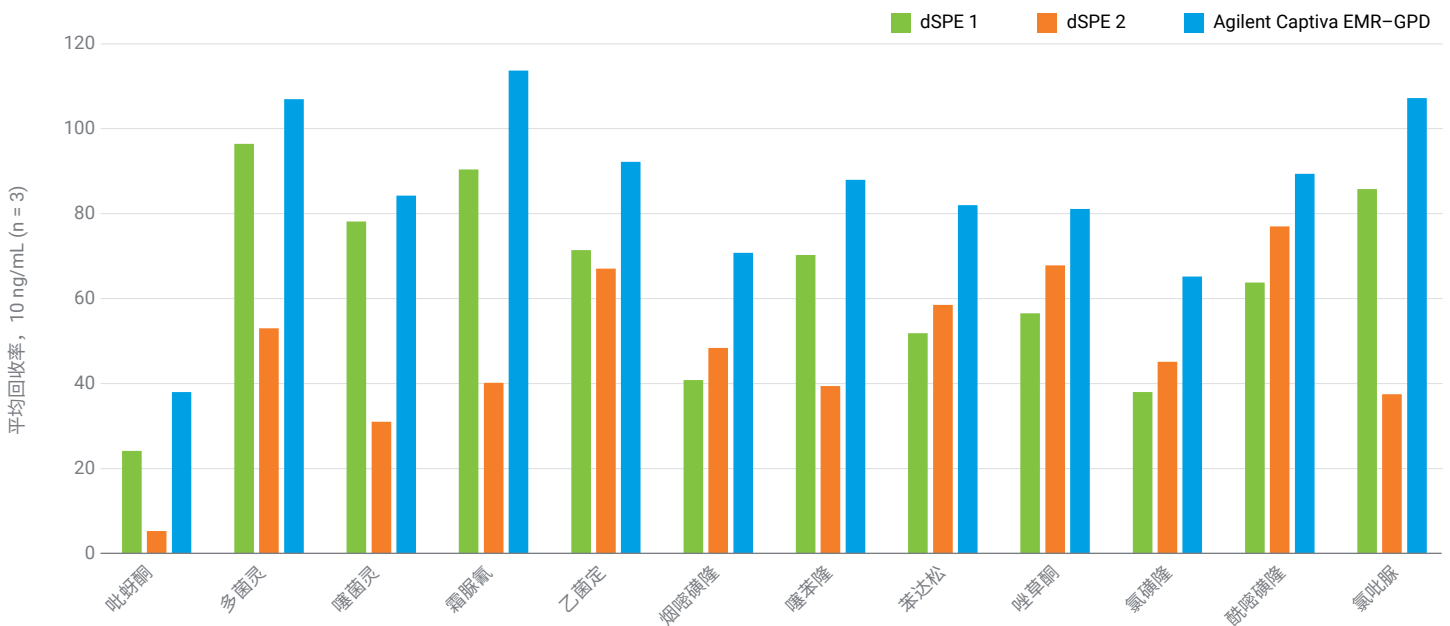


图 7. 肉桂皮基质净化过程中的敏感农药回收率：Agilent Captiva EMR-GPD 通过式净化及两种常用的 dSPE 净化方法对比

结论

本研究开发了一种简单、快速且可靠的方法，通过对肉桂皮粉中的 300 多种农药进行 LC/MS/MS 和 GC/MS/MS 分析得到了验证，该方法使用 Agilent Bond Elut QuEChERS AOAC 萃取，然后使用 Agilent Captiva EMR-GPD 小柱进行通过式净化。这种新型 Captiva EMR-GPD 净化方法可实现简单、便捷的通过式样品净化，能够对肉桂粉进行高效且选择性的基质去除，并获得可接受的农药回收率、重现性和基质效应。

参考文献

1. <http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/public>
2. SANTE/11312/2021: Analytical quality control and method validation procedures for pesticide residues analysis in food and feed
3. Lacina, O. et al. Critical Assessment of Extraction Methods for the Simultaneous Determination of Pesticides Residues and Mycotoxins in Fruits, Cereals, Spices and Oil Seeds Employing Ultra-High Performance Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry. *J. Chromatogr. A* **2021**, 1262(4), 8-18
4. Zhang, Z. et al. Evaluation of Cleanup Procedures in Pesticides Multi-Residue Analysis with QuEChERS in Cinnamon Bark. *Food Chem.* **2019**, 276, 140-146
5. Andrianova, A. A.; Zhao, L. 使用 GC/MS/MS 分析复杂食品基质中的 200 多种农药时实现超高性能的五个关键因素, *安捷伦科技公司应用简报*, 出版号 5994-4965ZH-CN, **2022**
6. Zhao, L.; Wei, T. 使用 Captiva EMR-HCF 通过式净化和 LC/MS/MS 对春季沙拉菜中的多类别多残留农药进行测定, *安捷伦科技公司应用简报*, 出版号 5994-4765ZH-CN, **2022**
7. Zhao, L.; Andrianova, A. A. Determination of Over 300 Pesticides in Cayenne Pepper Using Captiva EMR-GPD Passthrough Cleanup and LC/MS/MS and GC/MS/MS (使用 Captiva EMR-GPD 通过式净化与 LC/MS/MS 和 GC/MS/MS 测定辣椒粉中的 300 多种农药), *安捷伦科技公司应用简报*, 出版号 5994-5630EN, **2023**

附录

适合 LC 分析的目标分析物

- | | | | | |
|--------|----------|-----------|----------|---------|
| - 吡蚜酮 | - 唑啉磺草胺 | - 比锈灵 | - 氯虫酰胺 | - 虫酰胺 |
| - 甲胺磷 | - 丁噻隆 | - 伏草隆 | - 哒草特 | - 氟虫双酰胺 |
| - 高灭磷 | - 4-硝基苯酚 | - 氯吡脞 | - 苯线磷 | - 氟丁酰草胺 |
| - 氧化乐果 | - 噻虫啉 | - 甲萘威 | - 猛杀威 | - 地乐酚 |
| - 灭害威 | - 烟啉磺隆 | - 噻唑磷 | - 腈菌唑 | - 醚菌酯 |
| - 霜霉威 | - 噻苯隆 | - 阿扎康唑 | - 啉菌酯 | - 啶氧菌酯 |
| - 呋虫胺 | - 密草通 | - 盖草津 | - 双炔酰菌胺 | - 唑菌胺酯 |
| - 多菌灵 | - 环氧啉磺隆 | - DEET | - 咪唑菌酮 | - 甲基异柳磷 |
| - 久效磷 | - 苯达松 | - 苯锈定 | - 啶酰菌胺 | - 吡氟草胺 |
| - 烯啶虫胺 | - 唑草酮 | - 萎锈灵 | - 多杀菌素 D | - 肟菌酯 |
| - 噻菌灵 | - 抑霉唑 | - 敌草隆 | - 氟吡菌胺 | - 苯菌酮 |
| - 麦穗宁 | - 环草定 | - 螺环菌胺 | - 异恶酰草胺 | - 环草敌 |
| - 噻虫嗪 | - 噻草酮 | - 溴谷隆 | - 联苯肼酯 | - 氟氟虫脒 |
| - 霜脲氟 | - 氟霜唑 | - 丙酸 | - 甜菜安 | - 氟啶胺 |
| - 兹克威 | - 甜菜宁 | - 烯酰吗啉 I | - 除虫脲 | - 双硫磷 |
| - 乙菌定 | - 残杀威 | - 二甲草胺 | - 戊菌唑 | - 吡丙醚 |
| - 苯噻草酮 | - 氯磺隆 | - 氯虫苯甲酰胺 | - 咪鲜胺 | - 噻螨酮 |
| - 非草隆 | - 二氧威 | - 异恶草松 | - 氟啉菌酯 | - 肟草酮 |
| - 杀草敏 | - 克百威 | - 烯酰吗啉 II | - 稻瘟灵 | - 噻嗪酮 |
| - 吡虫啉 | - 噻唑隆 | - 环唑醇 | - 鱼藤酮 | - 唑螨酯 |
| - 螨唑胺 | - MCPA | - 呋霜灵 | - 氟噻草胺 | - 啉螨醚 |
| - 乐果 | - 啉啉磺隆 | - 枯草隆 | - 醚菌胺 | - 丙氧喹啉 |
| - 仲丁威 | - 环莠隆 | - 多杀菌素 A | - 啉菌环胺 | - 哒螨灵 |
| - 啶虫脒 | - 绿麦隆 | - 利谷隆 | - 莫西菌素 | - 螺螨酯 |
| - 甲磺隆 | - 粉唑醇 | - 丙森锌 | - 乙基谷硫磷 | |

适合 GC 分析的目标分析物

- | | | | | |
|------------------------|----------------|-----------------|-----------------|---------|
| - 二丙烯草胺 | - 虫螨畏 | - 氯苯胺灵 | - 氯硝胺 | - 戊炔草胺 |
| - 2,6-二氯苯甲腈 | - 地茂散 | - 乙丁烯氟灵 | - 五氯苯甲醚 | - 五氯硝基苯 |
| - 联苯 | - 2-苯基苯酚 | - 氟乐灵 | - 莠去津 | - 地虫磷 |
| - E-速灭磷 | - 五氯苯 | - 乙丁氟灵 | - 异恶草松 | - 五氯苯甲腈 |
| - 克草猛 | - 毒草胺 | - 治螟磷 | - β -BHC | - 二嗪农 |
| - 土菌灵 | - 四氯硝基苯 | - 燕麦敌 I | - 环丙氟灵 | - 啉霉胺 |
| - N-(2,4-二甲苯基)甲酰胺 | - 二苯胺 | - 甲拌磷 | - γ -BHC | - 氟消草 |
| - 顺式-1,2,3,6-四氢邻苯二甲酰亚胺 | - 环草敌 | - α -BHC | - 特丁津 | - 七氟菊酯 |
| | - 2,3,5,6-四氯苯胺 | - 六氯苯 | - 特丁磷 | - 乙拌磷 |

- 特草定
- δ-BHC
- 氯唑磷
- 野麦畏
- 百菌清
- 硫丹乙酯
- 五氯苯胺
- 敌裨
- 二甲草胺
- 乙草胺
- 乙烯菌核利
- 四氟苯菊酯
- 甲基对硫磷
- 甲基毒死蜱
- 甲基立枯磷
- 甲草胺
- 异丙草胺
- 七氯
- 甲霜灵
- 皮蝇磷
- 氨氟乐灵
- 杀螟硫磷
- 甲基嘧啶磷
- 利谷隆
- 马拉硫磷
- 甲基五氯苯基硫醚
- 抑菌灵
- 异丙甲草胺
- 葱醌
- 倍硫磷
- 艾氏剂
- 毒死蜱
- 对硫磷
- 三唑酮
- 4,4'-二氯二苯甲酮
- DCPA
- 除螨酯
- 溴硫磷
- 草乃敌
- 乙基嘧啶磷
- 异丙乐灵
- 嘧菌环胺
- 异艾氏剂
- MGK-264
- 二甲戊乐灵
- 吡唑草胺
- 戊菌唑
- 乙菌利
- 丙烯菊酯
- 外环氧七氯
- 对甲抑菌灵
- 氟虫腈
- 毒虫畏
- 甲基溴苯烯磷
- 氟菌唑
- 喹硫磷
- 三唑醇
- 灭菌丹
- 腐霉利
- 氯杀螨
- 乙基溴硫磷
- 反式氯丹
- o,p'-DDE
- 多效唑
- 杀虫畏
- 硫丹 I
- 顺式氯丹
- 粉唑醇
- 反式九氯
- 杀螨酯
- 氟酰胺
- 溴苯烯磷
- 碘硫磷
- 苯线磷
- 丙硫磷
- 咯菌腈
- 丙溴磷
- 丙草胺
- p,p'-DDE
- 恶草酮
- 狄氏剂
- 乙氧氟草醚
- 三环唑
- o,p'-DDD
- 腈菌唑
- 氟硅唑
- 乙嘧磺酰胺
- 除草醚
- 精吡氟禾草灵
- 乙滴涕
- 溴虫腈
- 异狄氏剂
- 克氯苯
- 硫丹 II (β-异构体)
- p,p'-DDD
- o,p'-DDT
- 乙硫磷
- 顺式九氯
- 虫螨磷
- 异狄氏剂醛
- 硫丙磷
- 三唑磷
- 三硫磷
- 甲氧滴滴涕
- 唑草酮
- 敌瘟磷
- 氟草敏
- 硫丹硫酸酯
- p,p'-DDT
- 环草定
- o,p'-甲氧滴滴涕
- 环嗪酮
- 戊唑醇
- 增效醚
- 苄呋菊酯
- 异菌脲
- 胺菊酯 I
- 哒嗪硫磷
- 异狄氏剂酮
- 联苯菊酯
- 亚胺硫磷
- 溴螨酯
- EPN
- p,p'-甲氧滴滴涕
- 甲氰菊酯
- 吡螨胺
- 苯醚菊酯 I
- 四氯杀螨砜
- 伏杀磷
- 谷硫磷
- 吡丙醚
- 溴苯磷
- 氯氟氰菊酯
- 灭蚁灵
- 氟丙菊酯
- 氯苯嘧啶醇
- 吡菌磷
- 乙基谷硫磷
- 吡唑硫磷
- (1R)-顺式氯菊酯
- (1R)-反式-氯菊酯
- 哒螨灵
- 氟啶唑
- 蝇毒磷
- 咪鲜胺
- 氟氯氰菊酯 I
- 氯氰菊酯 I
- 氟氰戊菊酯 I
- 醚菊酯
- 氟啶草酮
- 氟戊菊酯 I
- τ-氟胺氰菊酯 I
- 溴氰菊酯

查找当地的安捷伦客户中心：

www.agilent.com/chem/contactus-cn

免费专线：

800-820-3278, 400-820-3278 (手机用户)

联系我们：

LSCA-China_800@agilent.com

在线询价：

www.agilent.com/chem/erfq-cn

www.agilent.com

DE22774215

本文中的信息、说明和指标如有变更，恕不另行通知。

© 安捷伦科技 (中国) 有限公司, 2023
2023 年 1 月 18 日, 中国出版
5994-5671ZHCN

