

# 采用 Agilent Bond Elut QuEChERS AOAC 试剂盒测定菠菜中农药残留的 GC/MS 分析

## 应用摘要

食品安全

## 作者

Limian Zhao, Joan Stevens  
Agilent Technologies, Inc.  
2850 Centerville Road  
Wilmington, DE 19809-1610  
USA

## 摘要

本应用概述了快速、简便、廉价、高效、耐用和安全的 (QuEChERS)AOAC 样品制备过程包括萃取和净化菠菜中的 13 种多类别农药残留。该方法包括先用水/乙腈缓冲溶液系统的初步萃取, 然后加盐后经萃取/分离步骤, 再用分散固相萃取 (分散 SPE) 进行净化。为了解决在分散相固相萃取中的石墨化炭黑 (GCB) 明显降低平面结构农药含量的问题, 采用了加入甲苯的改进方法。菠菜萃取物中目标农药由 LC-ESI-MS/MS 多反应监测 (MRM) 测定。将原始的方法和改进后的分散相固相萃取相结合, 测定了感兴趣的分析物的回收率和重现性, 对方法进行了验证。本应用方法显示菠菜中农药残留物 5 ng/g 的定量限远低于它的最高残留限量 (MRL)。回收率测定实验的加标浓度分别为 10、50 和 200 ng/g, 平均回收率范围为 64% 到 108% (平均值为 91.9%), RSD 低于 10% (平均值为 3.3%)。



**Agilent Technologies**

## 前言

自从 AOAC QuEChERS 被美国农业部的科学家们推出以来,该方法已经被广泛应用于食品中农药的分析[1-3]。通常来说,该方法包括两个主要步骤:萃取和分散固相萃取净化。在萃取步骤中,使用含缓冲盐 1% 的乙腈 (ACN) 单步萃取步骤,同时使用无水硫酸镁从样品中盐析脱水,从而产生液液分层。净化步骤,使用伯仲胺 (PSA) 去除其它成分中的脂肪酸及其它化合物,无水硫酸镁降低了萃取相中的水份。按照不同的食品基体,在这一步骤可以添加其它一些成分,例如石墨化炭黑 (GCB) 吸附色素和固醇,碳-18 去除更多的脂类和蜡。

菠菜因为叶绿素含量高而被认为是高色素蔬菜,因此选择用石墨化炭黑分散固相萃取试剂盒来进一步净化。在这些试剂盒中,每毫升含有 50 mg 石墨化炭黑的乙腈 (ACN) 萃取剂中加入 50 mg 的 PSA 和 150 mg 的  $MgSO_4$ , 石墨化炭黑吸附平面结构的分子例如色素和固醇,因此它能有效地清除例如菠菜中的色素类基质。但是石墨化炭黑也会吸附一些平面结构的农药,例如多菌灵和噻苯咪唑。因此这种类型的分散固相萃取试剂盒不推荐用于平面结构的农药检测。这种局限性在从色素类基质中分析具有平面结构的农药时会带来不利影响。

在以前的应用报告中[4],我们讨论过在分散固相萃取管中添加甲苯,对分析色素基质中农药的影响。该应用报告举例说明了这个改进能够极大地提高这类农药的萃取效率。添加了甲苯的石墨化炭黑用于分析具有平面结构的色素基质,例如菠菜。在这项研究中,检测了 13 种农药用来评估安捷伦 AOAC 含缓冲盐的萃取试剂盒 (部件号 5982-5755) 和用于有色水果和蔬菜分析的 Bond Elut QuEChERS AOAC 分散固相萃取试剂盒 (部件号 5982-5222 和 5982-5258) 对的检测性能。结合了原始固相萃取和改进的分散固相萃取,验证了该方法的回收率和重现性,表 1 列出了菠菜中这些农药的化学和常规信息。

## 实验部分

### 试剂和化学品

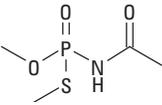
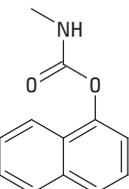
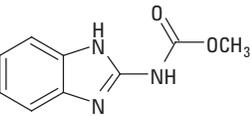
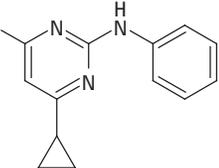
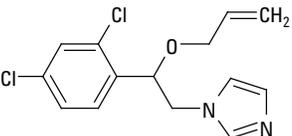
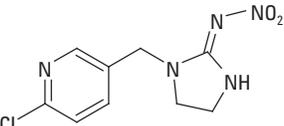
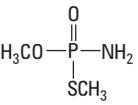
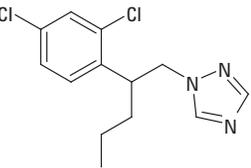
所用试剂和溶液均为 HPLC 级或分析纯。甲醇 (MeOH), 甲苯——霍尼韦尔 (马斯基根, 密歇根, 美国); 乙腈 (ACN), 二甲基亚砜 (DMSO), 冰醋酸 (HAc)——西格玛-奥德里奇 (圣路易, 密苏里, 美国); 乙酸铵 ( $NH_4OAc$ )——飞世尔化学 (Fair Lawn, 新泽西, 美国); 甲酸 (FA)——Fluka (Steinheim, 德国); 农药标样和内标, 三苯磷酸盐 (TPP)——西格玛-奥德里奇 (圣路易, 密苏里, 美国); ChemService (西切斯特城, 宾夕法尼亚, 美国), Ultra (金斯敦, 罗德岛, 美国), 或阿法埃莎 (伍德希尔, 马萨诸塞, 美国)

### 溶液和标准品

配制浓度为 1M, pH 为 5 的乙酸铵储备液: 将 19.27 克的乙酸铵粉末溶于 250 毫升 Milli-Q 纯水中, 用 pH 计用乙酸调节 pH 值到 5, 于 4 °C 储存溶液。pH 值为 5、浓度为 5 mM 乙酸铵的 20:80 甲醇/水溶液的配制: 将 200 mL 甲醇和 800 mL Milli-Q 水混合, 加入 5 mL 浓度为 1M、pH 为 5 的乙酸铵储备液, 混合均匀。5 mM 乙酸铵的乙腈溶液的配制: 将 5 mL 浓度为 1 M、pH 为 5 的乙酸铵储备液加入到 1L 乙腈溶液中, 混合均匀并超声 5 分钟。含 1% 乙酸的乙腈溶液的配制: 将 10 mL 乙酸加入 1 L 乙腈溶液中, 混合均匀。

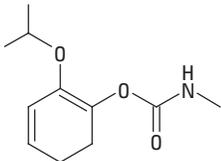
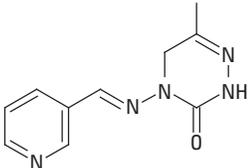
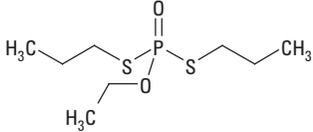
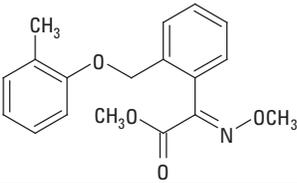
标准品及内标储备液 (除了多菌灵为 0.5 mg/mL, 其余均为 2.0 mg/mL) 均分别于甲醇溶液、含 0.1% 甲酸的乙腈或二甲基亚砜中配制, 于 -20 °C 储存。三个 QC 加标溶液用含 0.1% 甲酸的 1:1 乙腈/水溶液配制, 浓度分别为 1.5, 7.5 和 30  $\mu g/mL$ , 用时现配。10  $\mu g/mL$  的标准溶液, 用含有 0.1% 甲酸的 1:1 乙腈/水溶液配制, 通过适当的稀释配制带基质空白的校准曲线。15  $\mu g/mL$  三苯磷酸盐内标标准溶液, 用含有 0.1% 甲酸的 1:1 乙腈/水溶液配制。

表 1. 农药的化学性质和法规限量[5-7]

名称	类别	Log P	pKa	结构	苹果中的 MRL (ng/g)*
乙酰甲胺磷	有机磷酸酯	-0.89	8.35		20
胺甲萘	氨基甲酸酯	2.36	10.4		50
多菌灵	苯并咪唑	1.48	4.2		100
啉菌环胺	苯胺嘧啶	4	4.44		500
抑菌唑	咪唑	3.82	6.53		20
益达胺	新烟碱类杀虫剂	0.57	NA		1000
甲胺磷	有机磷酸酯	-0.79	NA		10
戊菌唑	三唑	3.72	1.51		50

(转下页)

表 1. 农药的化学性质和法规限量[5-7]

名称	类别	Log P	pKa	结构	苹果中的 MRL (ng/g)*
残杀威	氨基甲酸盐	0.14	NA		2000
吡蚜酮	嘧啶	-0.19	4.06		600
噻苯咪唑	苯并咪唑	2.39	4.73 12.00 0		50
灭克磷	有机磷酸酯	2.99	NA		5
醚菌酯	甲氧基丙烯酸酯	3.4	NA		50

\*表中列出了菠菜和其它蔬菜的 MRL 数据，因基质不同会有差异

## 仪器和材料

配置二极管阵列检测器的 Agilent 1200 系列高效液相色谱仪 (安捷伦科技有限公司, 加州, 美国)

具有电喷雾电离的安捷伦 6410 系列三重串联四极杆 LC/MS/MS (安捷伦科技有限公司, 加州, 美国)

用于有色水果和蔬菜检测的安捷伦 Bond Elut QuEChERS AOAC 萃取试剂盒部件号 5982-5755 和 Bond Elut QuEChERS AOAC 分散固相萃取试剂何, 部件号 5982-5222 和 5982-5258 (安捷伦科技有限公司, 加州, 美国)

CentraCL3R 离心机(热电 IEC, 马萨诸塞, 美国)

瓶口移液器 (VWR, So. Painfield, 新泽西, 美国)

Eppendorf 离心分离机 (布林肯曼设备, 韦斯特伯利, 纽约, 美国)

## 仪器条件

直接使用 LC/MS/MS 先前的方法[8]

### HPLC 条件

色谱柱: 安捷伦 ZORBAX 溶剂节省 Plus Eclipse Plus Phenyl-Hexyl, 3.0 x 150 mm, 3.5  $\mu$ m (部件号 959963-312)

流速: 0.3 毫升/分

柱温: 30 °C

进样量: 10  $\mu$ L

流动相: A: pH 为 5.0 含 5 mM 乙酸铵的 20:80 甲醇/水溶液  
B: pH 为 5.0 含 5 mM 乙酸铵的乙腈溶液  
进样针冲洗: 含 0.2% 甲酸的 1:1:1 ACN/甲醇/异丙醇(IPA)/H<sub>2</sub>O 溶液:

梯度:	时间	% B	流速 (mL/分)
	0	20	0.3
	0.5	20	0.3
	8.0	100	0.3
	10.0	100	0.3
	10.01	20	0.5
	13.0	STOP	

后运行: 4 分钟  
总运行时间: 17 分钟

### MS 条件

正离子化模式  
气体温度: 350 °C  
气体流速: 10 L/min  
雾化气: 40 psi  
毛细管: 4000 V

其他相关分析条件列于表 2。

## 样品制备

样品制备过程包括样品的粉碎, 萃取/分离和分散固相萃取净化。详细的步骤已经在前面的应用指南中详细介绍过了[8]。菠菜的制备过程除了在分散固相萃取净化步骤中加入甲苯以外, 其余过程均相同。

将切碎的菠菜冷冻, 彻底混匀, 称取 15 g ( $\pm$  0.1 g) 的颗粒均匀分布的样品置于 50 mL 离心管中, 必要时样品可加入适当的 QC 加标溶液 (100  $\mu$ L), 然后加入 100  $\mu$ L (含 15  $\mu$ g/mL 的 TPP) 的内标溶液。涡旋样品 30 秒后, 用分液器分别加入 15 mL 含 1% 乙酸的乙腈溶液。每一个离心管中分别直接加入安捷伦 Bond Elut QuEChERS AOAC 萃取盐包(部件号 5982-5755), 盖好离心管, 用手剧烈振摇 1 分钟, 再在离心机上于 4000 rpm 离心 5 分钟。

将乙腈萃取液分成两部分, 分别用原始的和改进后的分散固相萃取方法处理。改进后的分散固相萃取方法遵循了不同的程序, 因而在下面详细介绍。当使用 2 mL 分散固相萃取管时, 乙腈萃取相 (约 14 mL) 足够同时处理原始的和改进后的分散固相萃取方法。当使用 15 mL 萃取管时, 从样品萃取出的 14 mL 乙腈萃取相不够同时进行两种方法的分散固相萃取过程。因而另一样品要重新萃取。

准确将 1 mL 上层乙腈溶液移入安捷伦 Bond Elut QuEChERS 分散固相萃取 2 mL 萃取管 (部件号 5982-5222) 中, 或者将 8 mL 上层乙腈溶液移入安捷伦 Bond Elut QuEChERS 分散固相萃取 15 mL 萃取管 (部件号 5982-5258) 中。2 mL 萃取管含 50 mg 伯仲胺, 50 mg 的石墨化炭黑和 150 mg 无水硫酸镁, 而 15 mL 萃取管含 400 mg PSA, 400 mg 的 GCB 和 1200 mg 无水硫酸镁。下一步, 将 375  $\mu$ L 的甲苯加入到 2 mL 萃取管中, 或将 3 mL 的甲苯加入到 15 mL 萃取管中。盖紧萃取管盖涡旋 1 分钟, 为防止凝结, 在加入样品之前萃取管可涡旋数秒钟, 2 mL 萃取管在微型离心机上于 13,000 rpm 离心 2 分钟, 15 mL 萃取管在标准离心机上于 4000 rpm 离心 5 分钟。将 825  $\mu$ L 的萃取液转移到另一萃取管中,

表2 使用LC/MS/MS对13种农药分析所得数据

被测物	MRM 通道 (m/z)	碰撞电压 (V)	CE (V)	RT (min)
乙酰甲胺磷	1) 184.0 > 94.9	60	3	2.55
	2) 184.0 > 111.0		15	
甲胺磷	1) 142.0 > 94.0	60	8	2.54
	2) 142.0 > 124.9		8	
吡蚜酮	1) 218.1 > 105.0	115	20	2.97
	2) 218.1 > 78.0		50	
多菌灵	1) 192.1 > 160.0	95	18	5.07
	2) 192.1 > 105.0		40	
益达胺	1) 256.1 > 209.1	60	12	5.53
	2) 256.1 > 175.0		18	
噻苯咪唑	1) 202.1 > 175.0	110	27	5.65
	2) 202.1 > 131.0		38	
残杀威	1) 210.1 > 111.0	50	12	6.89
	2) 210.1 > 92.9		15	
胺甲奈	1) 202.0 > 145.0	50	3	7.30
	2) 202.0 > 115.0		40	
灭克磷	1) 243.1 > 130.9	80	15	8.50
	2) 243.1 > 172.9		15	
抑菌唑	1) 297.1 > 158.9	80	22	8.52
	2) 297.1 > 200.9		15	
戊菌唑	1) 284.1 > 158.9	80	32	8.95
	2) 284.1 > 172.9		32	
啉菌环胺	1) 226.1 > 93.0	120	35	9.23
	2) 226.1 > 108.0		35	
醚菌酯	1) 314.0 > 222.1	70	10	9.44
	2) 314.0 > 235.0		10	
磷酸三苯酯	1) 327.1 > 77.0	70	45	9.49
	2) 327.1 > 151.9		45	

1) 定量离子 transition 通道

2) 确认离子 transition 通道

并用氮气流干燥，样品复溶于 600  $\mu$ L 0.1%甲酸的乙腈溶液，经过离心和超声后，200  $\mu$ L 萃取液转移入自动进样器的样品瓶中，再加入 800  $\mu$ L 水或是其它适当标准溶液（由水制备），样品加盖彻底离心，于 LC/MS/MS 仪器上分析。

另外等量的乙腈萃取液按照原始分散固相萃取清除过程。图 1 所示流程图为菠菜样品的整个萃取过程（原始和改进后的分散固相萃取方法）。

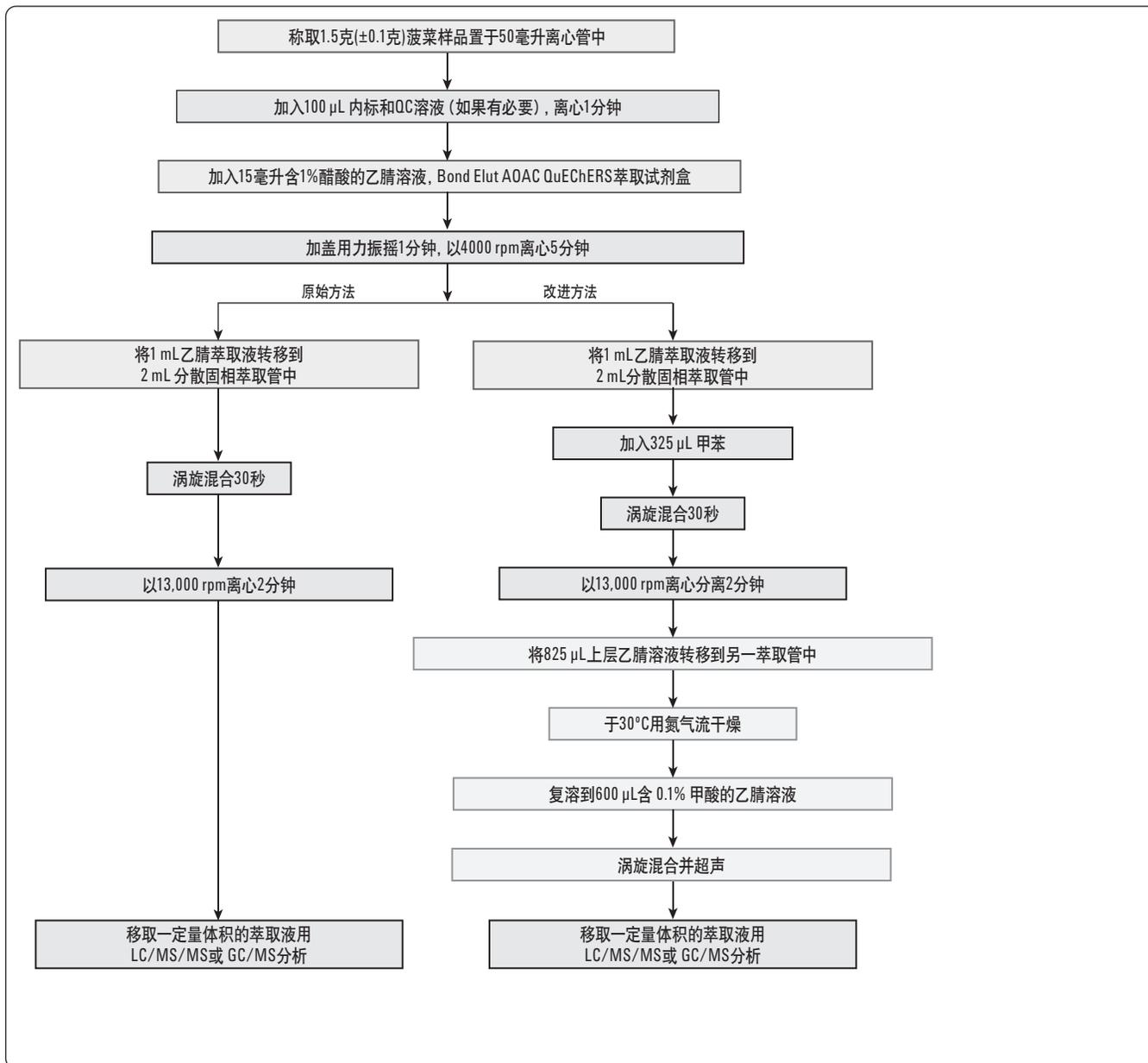


图1. 所示流程图为菠菜样品的整个萃取过程（原始和改进后的分散固相萃取方法）

## 结果和讨论

农药残留检测的 QuEChERS 方法为获得高质量的分析结果提供了快速、简便、价廉的样品制备方法。对含有色素的水果和蔬菜，添加了石墨化炭黑的分散固相萃取管能够提高色素和固醇类物质的分离，甲苯的添加提高了平面结构农药的萃取效率。在先前建立的方法中添加甲苯后产生黄色的最终产物，表明残留仍有基质不纯物有[4]。然而，使用 LC/MS/MS 强有力的选择性，不论是原始还是改进后的方法样品制备过程都不会产生不同的色谱图。图 2 和 3 是基质空白（加入内标）LC/MS/MS 的色谱图，加标 50 ng/g 的菠菜通过原始和改进后的分散固相萃取方法萃取。

通过原始分散固相萃取方法处理的平面结构的四种农药分子含量显著降低，通过添加甲苯改进后的方法四种农药的回收率提高了 2 到 3 倍，从 20% 提升到 40%，60% 提升到 100%。另外，重现性提高 >15% 而 RSD 小于 5%。添加的甲苯没有影响到其它农药的定量结果。因此，从原始方法得到的农药的高回收率结果与用于平面结构农药分子的改进方法相结合。该方法通过测定回收率和重现性得以验证，讨论了定量结果。

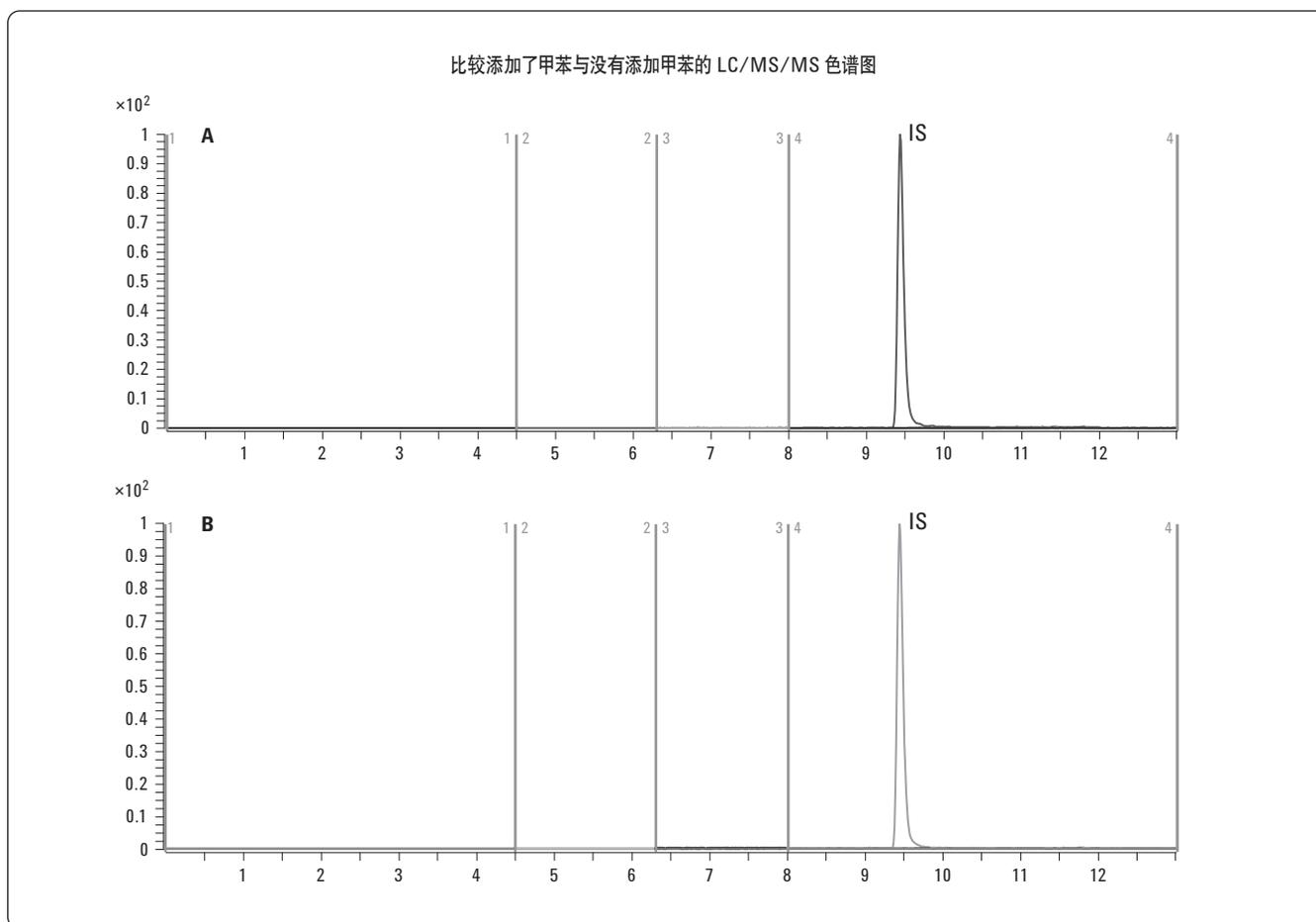


图 2. 用原始分散固相萃取(A)和改进分散固相萃取(B)方法得到菠菜基质空白的 LC/MS/MS 图，内标 TPP

比较LC/MS/MS谱图可以得出, 甲苯的添加提高了平面型结构农药分子的回收率。

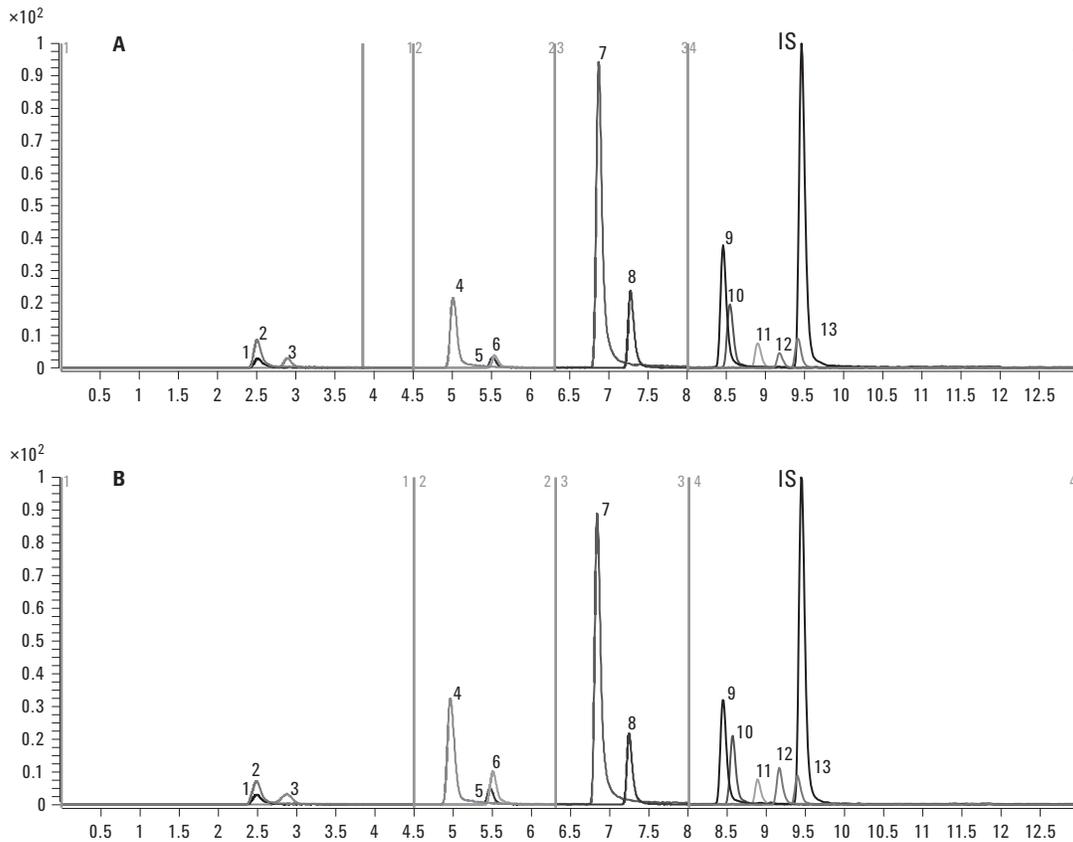


图3. 50 ng/g 加标菠菜样品通过原始分散固相萃取 (A) 和改进分散固相萃取 (B) 萃取过程的 LC/MS/MS 谱图, 峰识别: 1. 甲胺磷, 2. 乙酰甲胺磷, 3. 吡蚜酮, 4. 多菌灵, 5. 益达胺, 6. 噻苯咪唑, 7. 残杀威, 8. 胺甲奈, 9. 灭克磷, 10. 抑茵唑, 11. 戊菌唑, 12. 啶菌环胺, 13. 醚菌酯 IS: 内标, TPP

### 线性和定量限(L0Q)

所有农药的线性校正范围均为 5–250 ng/g。由原始和改进方法处理的样品, 用相应的基质空白分别制备不同的校正曲线溶液。由基质空白中分别加入 5, 10, 50, 100, 200 和 250 ng/g 的标准溶液测定校正曲线, 100 ng/g 的 TPP 作为内标, 用相应的被测物的相

对响应值 (被测物的峰面积/内标的峰面积) 与被测物的相对浓度 (被测物浓度/内标浓度) 做校正曲线。在水果蔬菜中的所有这些农药残留的定量限 LOQ 5 ng/g (5 ppb), 低于或等于虚最高残留限量。表 3 列出了 1 mL 和 8 mL 分散固相萃取方法的线性回归方程和相关系数( $R^2$ )。

表 3. 菠菜中农药萃取物的线性

被测物	1mL 分散固相萃取 的线性回归方程	R <sup>2</sup>	8 mL 分散固相萃取 的线性回归方程	R <sup>2</sup>
乙酰甲胺磷	$Y = 0.2358X - 0.0008$	0.9976	$Y = 0.2164X - 0.0014$	0.9983
甲胺磷	$Y = 0.0862X - 0.0003$	0.9975	$Y = 0.0804X - 0.0006$	0.9942
吡蚜酮*	$Y = 0.2073X - 0.0002$	0.9995	$Y = 0.2034X - 0.0013$	0.9978
多菌灵*	$Y = 0.8375X + 0.0032$	0.9915	$Y = 0.8383X + 0.0002$	0.9982
益达胺	$Y = 0.0652X - 0.0007$	0.9905	$Y = 0.0620X - 0.0011$	0.9742
噻苯咪唑*	$Y = 0.4081X - 0.0008$	0.9995	$Y = 0.4102X - 0.0011$	0.9975
残杀威	$Y = 1.9253X - 0.0042$	0.9995	$Y = 1.8253X - 0.0037$	0.9996
胺甲奈	$Y = 0.4243X - 0.0013$	0.9979	$Y = 0.3993X - 0.0019$	0.9946
灭克磷	$Y = 0.7859X - 0.0012$	0.9983	$Y = 0.7420X - 0.0012$	0.9985
抑菌唑	$Y = 0.4586X + 0.0002$	0.9954	$Y = 0.4229X + 0.0005$	0.9903
戊菌唑	$Y = 0.1643X - 0.0014$	0.9923	$Y = 0.1468X - 0.0003$	0.9944
噻菌环胺*	$Y = 0.3274X - 0.0024$	0.9904	$Y = 0.3067X - 0.0013$	0.9978
醚菌酯	$Y = 0.1809X - 0.0015$	0.9975	$Y = 0.1659X - 0.0008$	0.9928

\* 改进的分散固相萃取方法得到的结果

### 回收率和重现性

通过在菠菜样品中加入农药标准溶液来评估的回收率和重现性,加标量分别为为 10, 50 和 200 ng/g。这些 QC 样品是通过加标基质校准曲线来定量的。在每个水平上都要进行 6 次重复分析。1 mL 和 8 mL 体积的分散固相萃取回收率和重现性(由 RSD 表示)的数据分别列于表 4 和表 5。结果显示有 9 种用原始方法处理的农药有很好的回收率(平均 1 mL 的达到 97.8%, 8 mL 的达到 103.4%)

和精密度(平均 1 mL 的 RSD 为 3.6%, 8 mL 的 RSD 为 4.3%)。尽管有 4 种用改进方法处理的农药回收率较低(平均 1 mL 的为 78.5%, 平均 8mL 的为 69.7%), 但是其精密度高(平均 1 mL 的 RSD 为 2.7%, 8 mL 的 RSD 为 3.3%)。由改进后的方法得到的结果要优于原始方法。预知详细的讨论过程请参阅先前的应用摘要[4]。

表 4. 用 1 mL, 2 mL 体积的分散固相萃取管 (部件号 5982-5222)得到的加标菠菜中农药残留的优异的回收率和重现性

被测物	10 ng/g 加标 QC		50 ng/g 加标 QC		200 ng/g 加标 QC	
	回收率	RSD (n=6)	回收率	RSD (n=6)	回收率	RSD (n=6)
乙酰甲胺磷	91.8	4.2	93.3	3.7	93.8	5.7
甲胺磷	93.4	3.3	91.3	5.6	101.9	7.8
吡蚜酮*	74.0	2.9	71.1	3.2	70.3	2.9
多菌灵*	105.3	4.0	109.1	2.5	88.9	1.7
益达胺	98.2	4.5	100.4	3.7	100.0	2.7
噻苯咪唑*	79.0	2.7	76.6	2.3	75.5	1.8
残杀威	100.0	1.7	98.1	3.5	93.0	4.0
胺甲奈	110.8	3.2	108.1	1.0	105.1	3.2
灭克磷	98.8	1.6	98.2	3.3	95.1	3.1
抑菌唑	84.0	3.8	89.6	2.5	89.8	1.7
戊菌唑	103.1	5.4	98.4	3.5	97.2	1.9
啉菌环胺*	69.1	4.7	62.0	2.9	61.3	1.1
醚菌酯	104.4	4.8	101.2	5.0	102.6	3.0

\* 改进的分散固相萃取方法得到的结果

表 5. 用 8 mL, 15 mL 体积的分散固相萃取管 (部件号 5982-5258)得到的加标菠菜中农药残留的优异的回收率和重现性

被测物	10 ng/g 加标 QC		50 ng/g 加标 QC		200 ng/g 加标 QC	
	回收率	RSD (n=6)	回收率	RSD (n=6)	回收率	RSD (n=6)
甲胺磷	98.6	3.8	94.2	7.1	97.8	2.9
乙酰甲胺磷	95.5	8.9	91.5	6.3	105.6	5.7
吡蚜酮*	62.4	4.3	53.9	3.4	59.3	5.4
多菌灵*	95.7	1.6	98.6	1.9	93.3	2.9
益达胺	112.7	4.2	107.6	7.7	110.4	3.7
噻苯咪唑*	58.0	3.5	62.1	3.3	66.8	2.8
残杀威	104.9	1.4	103.3	3.7	99.0	3.3
胺甲奈	116.9	2.2	114.6	2.4	110.8	2.1
灭克磷	105.3	2.5	105.7	2.8	103.0	2.3
抑菌唑	86.3	3.9	94.9	4.3	93.9	3.4
戊菌唑	103.5	10.4	106.9	3.6	99.2	6.4
啉菌环胺*	63.1	2.8	60.6	4.8	62.7	2.9
醚菌酯	111.2	4.5	106.6	3.2	112.0	3.0

\* 改进的分散固相萃取方法得到的结果

图4 列出了由1 mL和8 mL体积分散固相萃取得到的回收率和精密度结果。为了简化比较,对所有农药都使用三个加标浓度的平均回收率和精确度。两种分散固相萃取净化过程的结果表明与所用体积无关,显然两种过程提供了有效和相似的样品净化,因而产生了相同的结果。可是,如果使用8 mL分散固相萃取体积,要

完成原始和改进的分散固相萃取,必须进行两次萃取;如果使用1 mL分散固相萃取体积,一个萃取过程提供的溶液体积就足够满足原始和改进的分散固相萃取的分析用量。这将会更加节省费用、时间、样品量和劳动。萃取过程能够依据用户的需求和法规要求来完成。

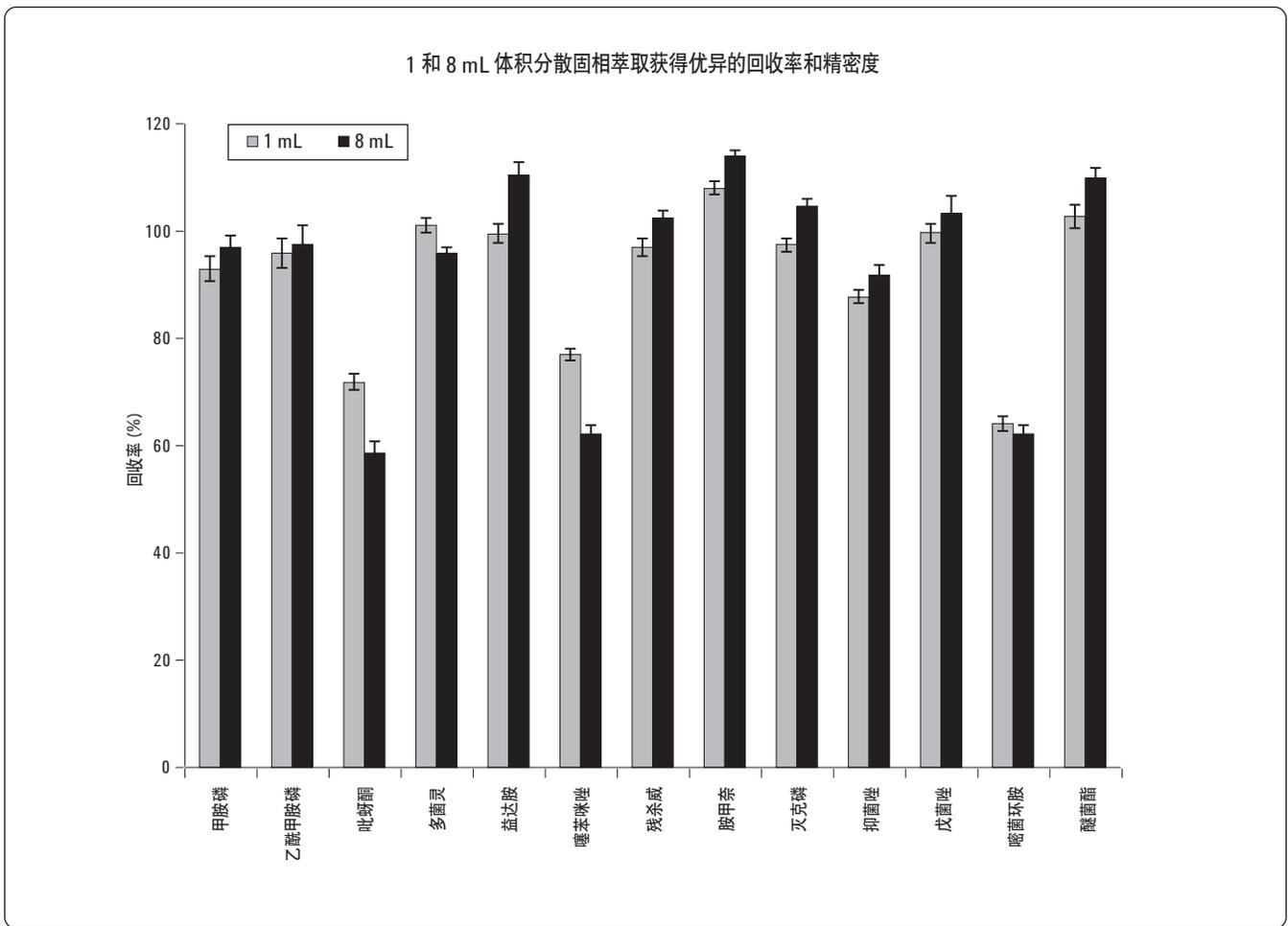


图4. 1 mL分散固相萃取和8 mL分散固相萃取的回收率和精密度结果

## 结论

用于有色水果和蔬菜的安捷伦 Bond Elut QuEChERS AOAC 带缓冲盐的萃取试剂盒和分散固相萃取试剂盒，为提纯菠菜中有代表性的农药提供了一个简单、快速和高效的方法。添加甲苯改进后的分散固相萃取方法提供了一个非常有效的方法限制了由分散固相萃取中的石墨化炭黑引起的平面农药分子的损失。基于加标基质的样品分析菠菜中的多类别，多残留农药的检测回收率和重现性是可以接受的。菠菜中的杂质和基质效应很小，不会对任何目标化合物的定量产生影响。由于所选农药代表了各种各样不同农药的种类和属性，所以用于有色水果和蔬菜的安捷伦 Bond Elut QuEChERS AOAC 带缓冲盐的萃取试剂盒和分散固相萃取试剂盒适用于其他一些具有相似色素基质的水果和蔬菜的农药分析。

## 参考文献

1. M. Anastassiades, S. J. Lehotay, "Fast and Easy Multiresidue Method Employment Acetonitrile Extraction/Partitioning and "Dispersive Solid-Phase Extraction" for the Determination of Pesticide Residues in Produce," *J. AOAC Int.*, 2003, 86, 412- 431.
2. S. J. Lehotay, et al., "Use of Buffering and Other Means to Improve Results of Problematic Pesticides in a Fast and Easy Method for Residue Analysis of Fruits and Vegetables," *J. AOAC Int.*, 2005, 88, 615-629.
3. S. J. Lehotay, et. al., "Determination of Pesticide Residues in Foods by Acetonitrile Extraction and Partitioning with Magnesium Sulfate: Collaborative Study," *J. AOAC Int.*, 2007, 90, 485-520.
4. L. Zhao, J. Stevens, "The Impact of Toluene Addition in the Dispersive SPE to the Analysis of Pesticides in Spinach Using Agilent Bond Elut QuEChERS AOAC Kits for Highly Pigmented Fruits and Vegetables," Agilent Technologies publication, EN xxxx-xxxx.
5. <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/en/index.htm>
6. <http://www.m5.ws001.squarestart.ne.jp/foundation/search.html>
7. <http://www.mrl database.com/?selectvetdrug=0>
8. L. Zhao, D. Schultz, J. Stevens, "Evaluation of the QuEChERS AOAC Sample Preparation Kit for the Analysis of Pesticide Residues in Apples with LC/MS/MS Detection. Agilent Technologies publication 5990-3937EN.

## 如需了解信息

关于我们产品和服务的更多信息请浏览我们的网站  
[www.agilent.com/chem/cn](http://www.agilent.com/chem/cn)。

[www.agilent.com/chem/cn](http://www.agilent.com/chem/cn)

安捷伦对本资料中出现的错误，以及由于提供或使用本资料所造成的相关损失不承担责任。

本资料中涉及的信息、说明和规格，如有变更，恕不另行通知。

© 安捷伦科技（中国）有限公司，2012  
中国印刷  
2012年1月6日  
5990-4248CHCN



**Agilent Technologies**