



GC/MS/MS를 이용한 농약 분석 시 EMR-Lipid Cleanup 후 향상된 후처리를 적용하는 이점

응용 자료

식품 검사

저자

Limian Zhao
Agilent Technologies, Inc.

개요

Agilent Bond Elut Enhanced Matrix Removal-Lipid(EMR-Lipid)는 지방질 시료의 지질을 높은 감도로 cleanup하기 위해 설계된 차세대 시료 전처리 제품입니다. 이 제품은 QuEChERS 및 단백질 침전 등 보편적으로 사용되는 워크플로에서 얻은 추출물을 처리하기 위해 편리한 분산 고체상 추출(dispersive Solid Phase Extraction, dSPE)의 형태로 구현되었습니다. EMR-Lipid cleanup 절차 후 pouch 형태의 무수 $MgSO_4$ 를 사용하는 것으로 EMR 프로토콜을 수정하였습니다. 무수 $MgSO_4$ 는 수성 및 아세토니트릴 용매상 분리와, 잔류 수분과 수용성 잔여물을 완전히 제거하기 위한 후속 건조 단계에 사용됩니다. GC를 이용한 응용에서 향상된 시료 후처리를 적용하면 (특히 불안정한 분석물질일 경우) 기기 분석 재현성을 향상시킴으로써 분석 결과를 크게 개선합니다. 본 연구에서는 GC/MS/MS를 이용해 아보카도에 포함된 GC로 분석 가능한 농약 성분을 분석하기 위한 수정된 EMR 프로토콜을 살펴봅니다. 수정된 EMR 프로토콜은 높은 매트릭스 제거 효율성 및 적정 수준의 분석물 회수율을 유지하면서 (특히 불안정한 농약일 경우) 실험 기기의 분석 재현성, 신뢰성 및 장기간 사용성을 개선합니다.



Agilent Technologies

소개

식료품의 잔류 농약을 분석하는 것은 많은 실험실에서 일상적으로 수행하는 작업입니다. QuEChERS(Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, Safe)[1,2]는 수백 종에 달하는 저농도 농약을 분석할 수 있는 분석법으로, 다양한 과채류 분석에 유용하게 사용됩니다. 그러나 아보카도, 견과류 및 동물성 식품과 같이 지방 함량이 높은 식품은 새로운 문제점을 야기합니다[3,4]. 식품의 안전한 소비를 보장하기 위해 정부 기관이 요구하는 엄격한 검증 기준을 충족해야 하는 실험실에서는 이러한 문제점을 극복하는 일이 최우선 과제입니다.

Agilent Bond Elut Enhanced Matrix Removal-Lipid (EMR-Lipid)는 분석물 손실 없이 시료 추출물에서 주요 지질 유형을 선택적으로 제거하는 신형 흡착제입니다. 이전 응용 자료에서 EMR-Lipid를 이용해 아보카도와 같은 고지방 복합 시료를 cleanup할 때 뛰어난 성능을 발휘함을 입증한 바 있습니다. EMR-Lipid는 다성분 잔류 농약에 대한 회수율 및 정밀도 요건도 충족합니다[5]. 시료 후처리 기술의 발전으로 폴리싱 단계에서 NaCl을 제거하는 것이 더 이롭다는 사실이 밝혀졌습니다. NaCl은 소량의 수분을 흡수할 수 있기 때문에, NaCl이 존재하면 최종 추출물에 매트릭스 성분이 아닌 수용성 잔류물이 포함될 수 있습니다. 신뢰성 있는 GC 및 GC/MS 분석을 위해서는 잔류 수분을 완전히 제거하는 것이 중요합니다.

향상된 시료 후처리 절차는 무수 $MgSO_4$ 를 이용해 용매상을 분리하고 시료를 건조합니다. 이 후처리 절차를 적용하면 EMR-Lipid cleanup을 통한 매트릭스 제거 능력을 저하시키지 않으면서 잔류 수분과 수용성 잔류물을 효과적으로 제거할 수 있습니다. 본 연구에서는 GC/MS/MS를 이용한 아보카도의 농약 분석에서 EMR-Lipid cleanup 절차 후에 향상된 시료 후처리를 적용할 경우 얻을 수 있는 이점을 입증합니다. 불안정한 농약 분석 시 잔류 수분이 미치는 영향을 평가하기 위해 captafol, phosmet, coumaphos, pyraclostrobin 등 매우 불안정한 네 가지 농약을 추가 분석했습니다.

실험

시약 및 화학물질

모든 시약 및 화학물질은 HPLC 또는 분석 등급입니다. 아세토니트릴(ACN) 및 메탄올은 Honeywell (Muskegon, MI, USA)에서, 시약 등급 아세트산(AA)은 Sigma-Aldrich에서, 농약 표준물질 및 내부 표준물질은 Sigma-Aldrich (St Louis, MO, USA)에서 구입했습니다.

용액 및 표준물질

ACN 990mL에 아세트산 10mL를 추가하여 1% AA ACN 용액을 준비했습니다. ACN 또는 메탄올을 이용하여 2.0mg/mL 표준물질 및 내부 표준물질(IS) 원액을 만들었습니다. 결합 작업 용액은 ACN에서 25 μ g/mL 농도로 전처리되었습니다. 결합 IS 작업 용액은 TPP, Parathion ethyl d10 및 ^{13}C -DDT를 포함하는 ACN에서 25 μ g/mL 농도로 전처리되었습니다.

장비 및 재료

시료 전처리에 사용된 장비 및 재료는 다음과 같습니다.

- Geno Grinder(Metuchen, NJ, USA)
- CentraCL3R 원심분리기(Thermo IEC, MA, USA)
- Eppendorf microcentrifuge(Brinkmann Instruments, Westbury, NY, USA)
- Vortexer 및 Multi-Tube Vortexer(VWR, Radnor, PA, USA)
- Bottle top dispenser(VWR, So. Plainfield, NJ, USA)
- Eppendorf 피펫 및 repeater
- Agilent Bond Elut AOAC 추출 키트(p/n 5982-5755)
- Agilent Bond Elut EMR-Lipid dSPE(p/n 5982-1010) 및 EMR-MgSO₄ polish pouches(p/n 5982-0102)

기기 조건

본 연구의 GC 및 MS 조건은 이전의 응용 자료에서 사용된 바 있습니다[5]. 분석은 Agilent 7693B Autosampler를 장착한 Agilent 7890A GC와 Agilent 7000C Triple Quadrupole GC/MS 시스템에서 완료되었습니다. 복잡한 시료의 경우에는 컬럼 백플러싱 기능을 사용했습니다.

GC 조건

파라미터	값
GC:	Agilent 7890A GC
컬럼:	Agilent J&W DB-5ms Ultra Inert, 0.25mm × 15m, 0.25µm(p/n 122-5512UI)
운반 가스:	Helium, 일정 압력
가스 필터:	Gas Clean 운반 가스 필터 키트, 1/8인치(p/n CP17974)
주입구 라이너:	Agilent Ultra Inert single taper splitless liner (wool 포함)(p/n 5190-2293)
주입구:	MMI inlet at pulsed cold splitless mode, 75°C initially, hold for 0.02min, then ramp to 350°C at 750°C/min
펄스 비분할 (splitless) 주입:	36psi until 0.75min
분할 배출구(split vent) 퍼지 유량:	60mL/min at 0.75min
주입구 압력:	작동 중에는 17psi, 백플러시 중에는 1.0psi
오븐:	60°C for 2.57min, then to 150°C at 50°C/min, to 200°C at 6°C/min, to 300°C at 16°C/min, hold for 3min
Postrun:	2min at 300°C
Capillary Flow Technology:	분석 컬럼 및 주입구 백플러시용 Agilent UltiMetal Plus Purged Ultimate Union(p/n G3182-61581)
Autosampler:	Agilent 7693 Autosampler 및 시료 트레이 10µL 시린지(p/n G4513-80220), 주입량 1µL

MSD 조건

파라미터	값
MSD:	Agilent 7000C Triple Quadrupole GC/MS, inert, with performance electronics
진공 펌프:	Performance turbo
모드:	MRM
이송 라인 온도:	280°C
소스 온도:	300°C
사중극자 온도:	150°C for Q1 and Q2
용매 지연 시간:	2.57분
MS 분리능:	MS1 및 MS2 = 1.2u

표 1에는 본 연구에 사용된 네 가지 추가 불안정 농약에 대한 MRM 전이가 나열되어 있습니다. 기타 농약에 대한 MRM 전이는 참고문헌에 나와 있습니다[5].

표 1. 본 연구에서 추가로 분석한 불안정한 농약의 GC/MS/MS MRM 파라미터 및 머무름 시간

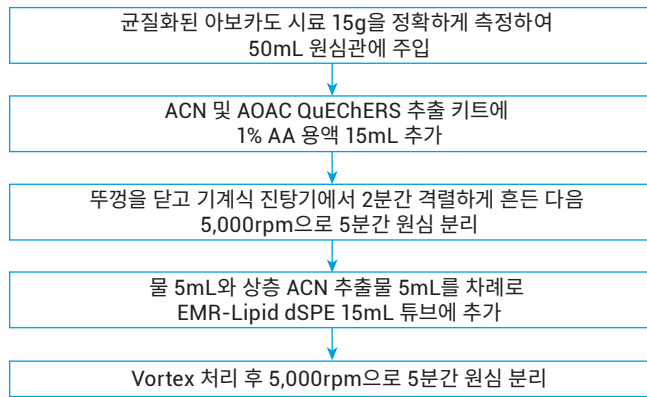
불안정 분석물	RT(분)	MRM					
		정량 이온		정성 이온			
		채널	CE(v)	채널	CE(v)	채널	CE(v)
Captafol	18.20	183 79	10	150 79	5		
Phosmet	18.77	160 77.1	20	160 133.1	20		
Coumaphos	20.67	361.9 109	10	210 182	10		
Pyraclostrobin	22.03	132 77.1	20	164 132	15		

시료 전처리

EMR-Lipid cleanup 후 폴리싱 단계에만 수정이 적용되었습니다. QuEChERS 추출 단계 및 EMR-Lipid cleanup 단계에는 변경 사항이 없습니다. EMR-Lipid cleanup 후, ACN 층은 수용성 상에서 분리되었으며 무수 $MgSO_4$ 로 추가 건조되었습니다. 그림 1에 프로토콜 다이어그램이 나와 있습니다. EMR-Lipid cleanup 후 수정된 절차에서 강조할 두 가지 사항은 다음과 같습니다.

- 첫째, 시료에 $MgSO_4$ 를 추가하면 $MgSO_4$ 및 물의 발열 효과가 최소화되며 염의 응집이 줄어듭니다.
- 둘째, 건조 튜브는 EMR-Lipid cleanup 후 ACN 추출물 1mL을 처리하기 위해 anhydrous $MgSO_4$ 300mg(EMR-Polish pouch 사용)이 2mL 튜브에 사전 계량되었습니다.

QuEChERS 추출 및 EMR-Lipid cleanup 절차(변경 없음)



향상된 시료 후처리(수정됨)



그림 1. GC/MS/MS를 이용한 아보카도 농약 분석 시 권장되는 프로토콜을 나타내는 시료 전처리 워크플로(변경 없는 QuEChERS 추출 및 EMR-Lipid cleanup 단계 후 향상된 시료 후처리 절차 이용)

GC/MS/MS 시스템 성능에 대한 시료 매트릭스의 영향

GC/MS/MS 기기 성능에 미치는 시료 매트릭스의 영향을 직접적으로 측정하기 위해 EMR-Lipid cleanup 후 기존 폴리싱 단계와 향상된 시료 후처리 단계에 따라 아보카도 매트릭스 바탕 시료를 준비했습니다. 그 후 매트릭스 바탕 시료에 50ppb 농약 표준물질을 사후 첨가하여 GC/MS/MS 시스템 성능에 대한 매트릭스 영향을 판단했습니다.

또한 불안정 농약 화합물의 분석물 반응(피크 면적), 피크 모양 및 반복 주입에서의 재현성에 대해 연구했습니다.

주입은 네 가지 매트릭스 바탕 시료 주입 후 사후 첨가 시료를 주입하는 순서로 진행되었습니다. 이러한 주입 패턴을 100회까지 반복해 검사 시 매트릭스 바탕 시료 주입 80회 및 사후 첨가 시료 주입 20회가 수행되었습니다. 기존 폴리싱이나 향상된 시료 후처리 시퀀스를 진행할 때마다 라이너를 교체하고 컬럼 헤드를 커팅했습니다. Wool이 들어있는 UI single taper splitless liner와 UI dimple liner 모두 복잡한 매트릭스 시료를 분석하는 데 자주 사용되기 때문에 향상된 시료 후처리를 통해 전처리된 아보카도 시료를 100회 주입한 후 이들의 외형을 평가했습니다.

매트릭스 제거 효율성 및 분석물 회수율

GC/MS의 전체 스캔 모드에서 아보카도 매트릭스 바탕 시료를 분석한 후, 전체 크로마토그래피 프로파일을 전에 설명한 효율성 계산법에 따라 비교하여 매트릭스 제거 효율성을 확인합니다[5]. 분석물 회수율은 50ppb에서 각 분석물의 사전 첨가 및 사후 첨가 피크 면적을 비교하여 평가했습니다.

결과 및 토의

분석물 반응 증가 및 피크 모양 개선

EMR-Lipid cleanup 후 향상된 후처리를 진행하면 잔류 수분과 수용성 잔류물이 제거됩니다. 그림 2에는 향상된 후처리와 기존 폴리싱 단계를 사용했을 때의 GC/MS/MS 상의 불안정한 화합물 반응 및 피크 모양을

나타낸 크로마토그래피 비교 정보가 나와 있습니다. 분석물 반응은 3배 이상 증가했으며, 특히 pyraclostrobin 및 trichlorfon은 10배나 증가한 것이 관찰되었습니다. 또한 크로마토그래피의 성능이 향상되어(피크 대칭성 향상 및 테일링 감소) 데이터 처리가 간편해졌습니다. 이러한 개선점은 불안정한 화합물이 GC 유로를 통과할 때 유로 표면과 크게 상호 작용하지 않았음을 나타냅니다.

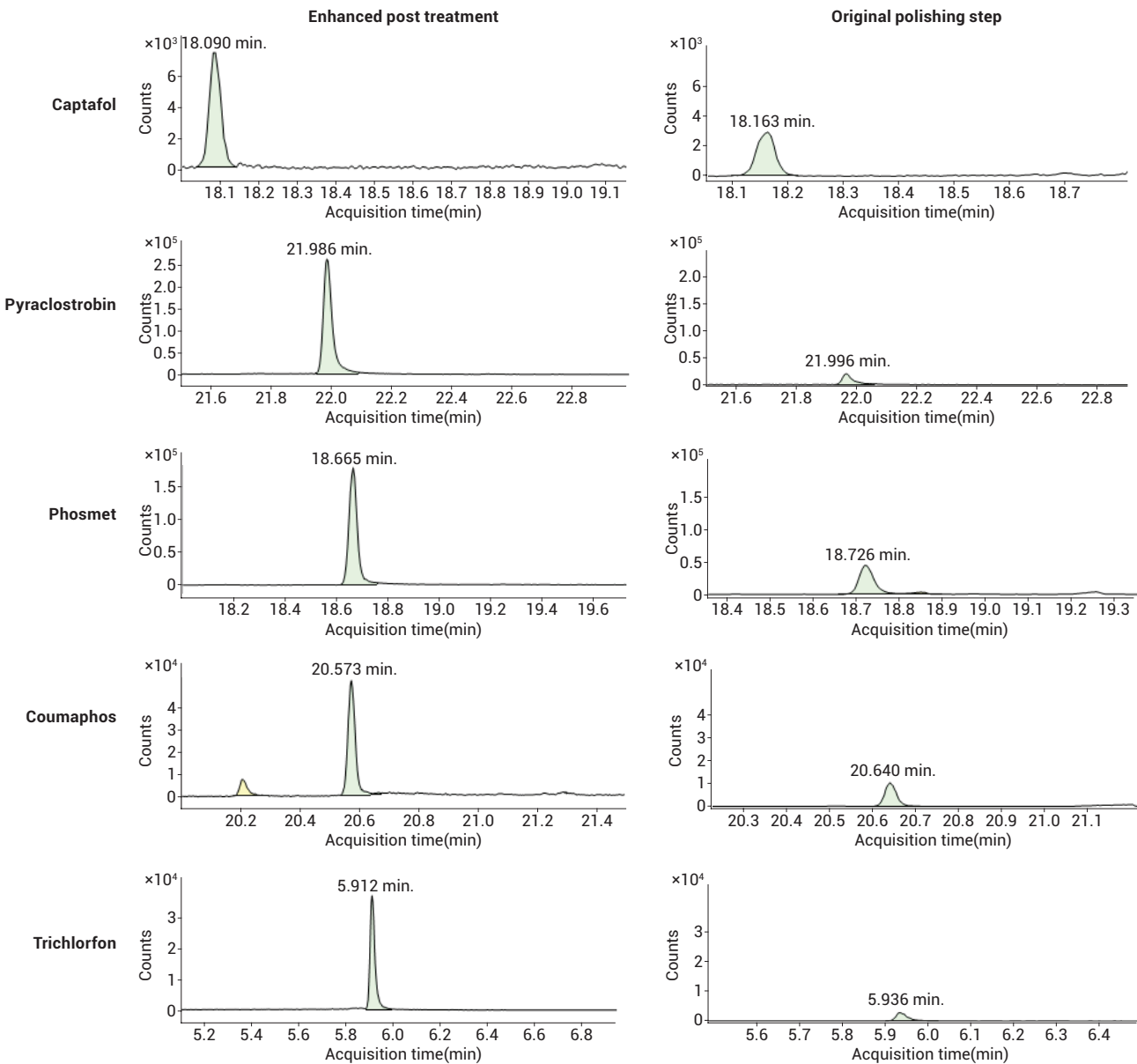


그림 2. EMR-Lipid cleanup 후 향상된 후처리와 기존 폴리싱 단계를 이용하여 GC/MS/MS 상에 나타난 불안정 화합물 반응 및 피크 모양에 대한 크로마토그래피 비교

향상된 시스템 재현성

분석법 재현성은 정량 결과의 신뢰성에 직접적인 영향을 미치므로 분석에서 가장 중요한 측면이라고 할 수 있습니다. 주입이 여러 번 반복되면 매트릭스가 유로에 축적되면서 분석물 반응의 재현성이 떨어질 수 있습니다. 불안정한 화합물의 경우 더욱 그러합니다. 이렇듯 일정하지 않은 반응은 정량 분석을 어렵게 만들 뿐 아니라 신뢰도를 떨어뜨리기도 합니다. EMR-Lipid cleanup을 이용하여 전처리한 복잡한 시료를 여러 차례 주입했을 때 GC/MS/MS 시스템 재현성이 상당 부분 개선되었음은 전 연구에서 입증되었습니다[5]. 이러한 개선에도 불구하고 일부 불안정한 화합물은 여전히 여러 차례 주입에서 변동성을 보였습니다. 이러한 변동성은 최종 시료 추출물에 남아 있는 미량의 잔류 수분이 원인인 경우가 대부분입니다. 그리하여 EMR-Lipid cleanup 후 향상된 후처리, MgSO₄ 염 분할 및 건조 단계를 적용하여 최종 시료 추출물에서 잔류 수분 및 수용성 고체 잔류물을 제거함으로써 GC/MS/MS 시스템 재현성을 높였습니다.

그림 3에서는 pyraclostrobin을 예로 들어 EMR-Lipid cleanup 후 향상된 후처리를 이용해 전처리한 아보카도 시료를 주입할 때 재현성이 개선되었음을 보여주었습니다. 또한 EMR-Lipid cleanup 후 향상된 후처리를 적용했을 경우, EMR-Lipid cleanup 후 기존 폴리싱 단계를 적용했을 경우, 그리고 기존 PSA/C18 cleanup을 사용했을 경우 전처리한 시료를 분석한 결과를 비교했습니다. 보시다시피, EMR-Lipid cleanup 후 향상된 후처리를 이용하여 전처리한 시료에서 pyraclostrobin의 반응 재현성이 크게 개선되었음을 확인할 수 있습니다. 기존 PSA/C18 cleanup 또는 기존 EMR 프로토콜을 사용하여 시료를 전처리할 경우 pyraclostrobin 신호는 100회 주입 후 초기 반응의 30 ~ 40%로 떨어집니다. 이러한 불일치성은 해당 화합물에 대한 정량 분석 실패를 야기하게 됩니다. 그러나 EMR-Lipid cleanup 후 향상된 후처리를 사용하는 경우에는 pyraclostrobin의 신호 재현성(편차 ±10%)이 아주 뛰어났습니다. EMR-Lipid cleanup 후 향상된 후처리를 적용하여 얻은 개선된 재현성 덕분에 불안정한 분석물을 정량 분석할 때 결과의 신뢰성과 견고성이 향상되었습니다.

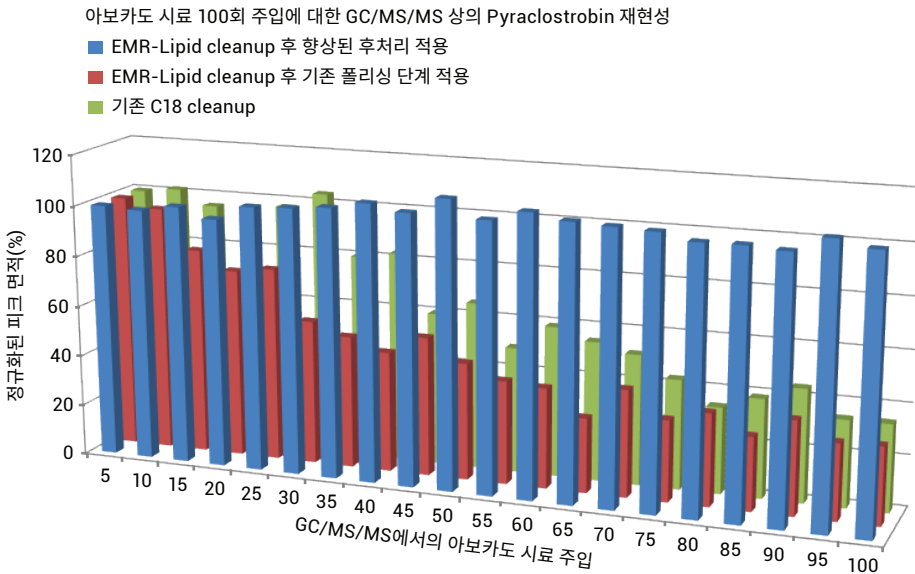


그림 3. EMR-Lipid cleanup 후 향상된 후처리를 적용했을 경우, EMR-Lipid cleanup 후 기존 폴리싱 단계를 적용했을 경우, 그리고 기존 C18 cleanup을 사용했을 경우 전처리한 아보카도 시료의 100회 주입에 대해 GC/MS/MS 상에 나타난 불안정 화합물 pyraclostrobin의 반응 재현성

표 2에는 본 연구에서 검사한 전체 농약 및 기술한 방법을 사용한 아보카도 100회 주입에 대한 각각의 RSD가 나와 있습니다. EMR-Lipid cleanup 후 향상된 후처리를 진행한 결과 29개 화합물 중 24개에 대해 RSD<10%의 결과를 얻었습니다. Captan, Folpet, Captafol 및 DDT는 GC/MS/MS로 분석 시 문제가 되는 화합물이며 특히

PSA/C18 cleanup에서 비롯된 높은 RSD는 100회 주입 시 상당한 신호 편차를 반영합니다. 그러나 EMR-Lipid cleanup 및 향상된 후처리로 전처리한 시료를 분석했을 때 신호 편차는 감소되었으며 50회 주입 이내에서 이들 네 가지 불안정한 농약의 재현성이 RSD 10% 미만으로 허용 기준을 충족했습니다.

표 2. 아보카도 시료 100회 주입에 대한 GC/MS/MS 상의 분석물 재현성(피크 면적 RSD %)

농약	100회 주입에 대한 분석물 RSD(n = 20)		
	EMR-Lipid cleanup 후 향상된 후처리 적용	EMR-Lipid cleanup 후 기존 폴리싱 단계 적용	C18/PSA cleanup
Dichlorvos	8.5	6.2	10.5
Trichlorfon	9.2	35.0	73.0
2-Phenylphenol	2.5	7.0	13.6
Ethalfuralin	4.6	12.4	18.8
Sulfotep	3.1	7.1	11.8
Atrazin	2.1	6.8	12.2
Lindane	3.1	8.5	10.8
Chlorothanil	2.2	12.5	11.7
Diazinon	2.6	6.6	11.7
Chlorpyrifos-Me	2.6	8.4	8.9
Dichlorfluanid	5.4	11.7	9.0
Aldrin	2.1	9.8	19.3
Tolyfluanid	6.6	10.5	6.6
Captan	29.8	29.9	51.9
Folpet	22.0	53.8	52.2
Procymidone	2.1	6.8	14.3
Bupirimate	3.1	6.8	10.4
Endrin	4.0	8.3	12.6
Endosulfan sulfate	3.6	8.5	12.1
DDT	16.1	21.6	22.4
Captafol	38.5	53.8	63.7
Iprodione	3.7	11.0	10.7
Phosmet	6.2	24.0	12.5
Coumaphos	4.3	19.8	9.7
Permethrin	3.0	6.8	11.8
Pyraclostrobin	3.7	43.7	38.8
Deltamethrin	8.7	22.5	9.8
Parathion ethyl -d10(IS)	4.9	11.8	7.2
TPP(IS)	2.1	9.1	19.1

GC 주입구 라이너 및 컬럼 수명 연장

EMR-Lipid cleanup 후 향상된 후처리를 이용하는 또 다른 장점으로 극미량의 잔류 수분에 용해되어 남아 있을 수 있는 비휘발성 염 잔류물을 감소시킬 수 있습니다. 아보카도 시료 100회 주입에 대해 Agilent Ultra Inert single taper splitless liner(Wool 포함)(p/n 5190-2293) 및 Agilent UI dimple liner(p/n 5190-2297) 등 두 가지 종류의 UI 라이너를 테스트했습니다. 테스트 결과 라이너 외관의 잔류물 축적 상태를 시각적으로 검사할 수 있었습니다. 그림 4는 두 라이너 모두 100회 주입 후 거의 깨끗한 모습을 보여줍니다. 이러한 결과는 EMR-Lipid cleanup 후 향상된 후처리를 이용할 때 cleanup 능력이 매우 뛰어나다는 사실을 증명합니다. 이로 인해 라이너 및 컬럼 수명이 길어지고 시스템 유지보수의 필요성이 줄어듭니다.

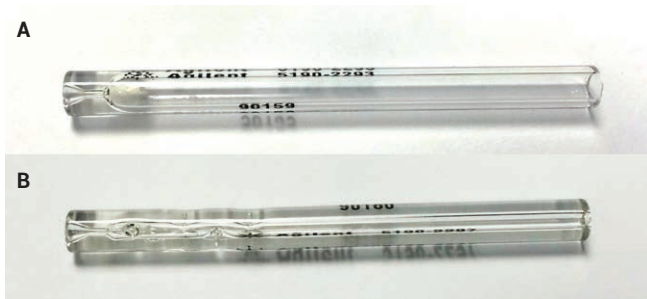


그림 4. EMR-Lipid cleanup 후 향상된 후처리로 전처리한 아보카도 시료의 100회 주입 후 나타나는 전형적인 GC 주입구 라이너 외양. A) Agilent Ultra Inert single taper splitless liner with wool, B) Agilent UI dimple liner.

동등한 매트릭스 제거 효율성 및 분석물 회수율

Cleanup 전후의 시료를 GC/MS 전체 스캔 모드로 분석한 프로파일을 비교하여 매트릭스 제거 효율성을 평가했습니다 [5]. 그 결과, EMR-Lipid cleanup 후 향상된 후처리 및 기존 폴리싱 단계를 적용했을 때 동등한 매트릭스 제거 효율성을 얻었습니다(그림 5).

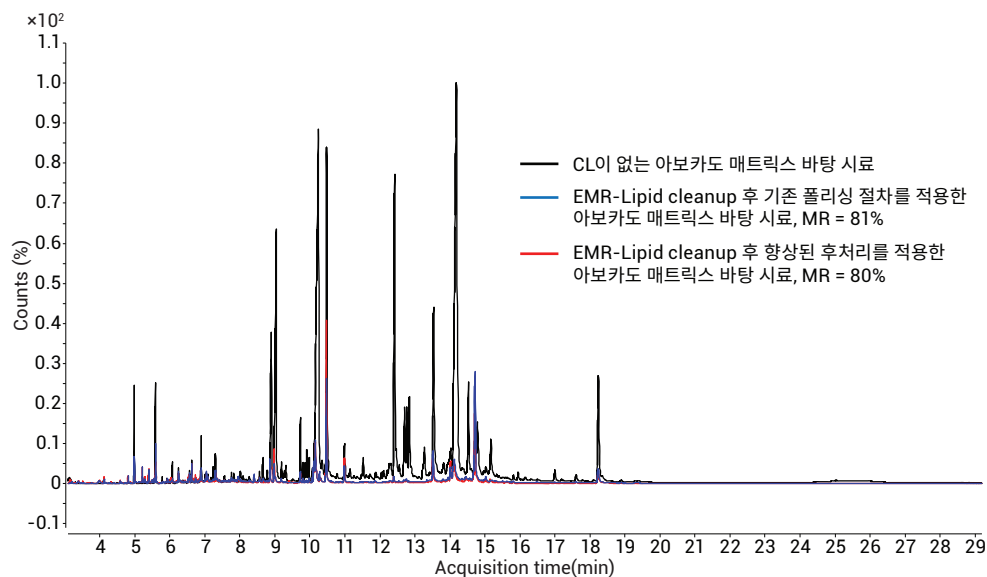


그림 5. EMR-Lipid cleanup 후 향상된 후처리 및 기존 폴리싱 단계를 적용했을 때 동등한 매트릭스 제거 효율성을 보여주는 GC/MS 전체 스캔 크로마토그래프 비교 결과입니다.

그림 6에는 50ppb 농약을 첨가한 아보카도 시료(n = 6)를 EMR-Lipid cleanup 후 향상된 후처리 및 기존 폴리싱 단계로 각각 전처리했을 때 농약 회수율을 비교한 결과가 나와 있습니다. 일부 분석물은 향상된 후처리를 이용했을 때 약간 더 낮은 회수율을 보였습니다. 그러나 모든 화합물에 대해 RSD가 5% 미만인 재현성이 나타날 정도로 상당한 개선을 얻을 수 있었습니다.

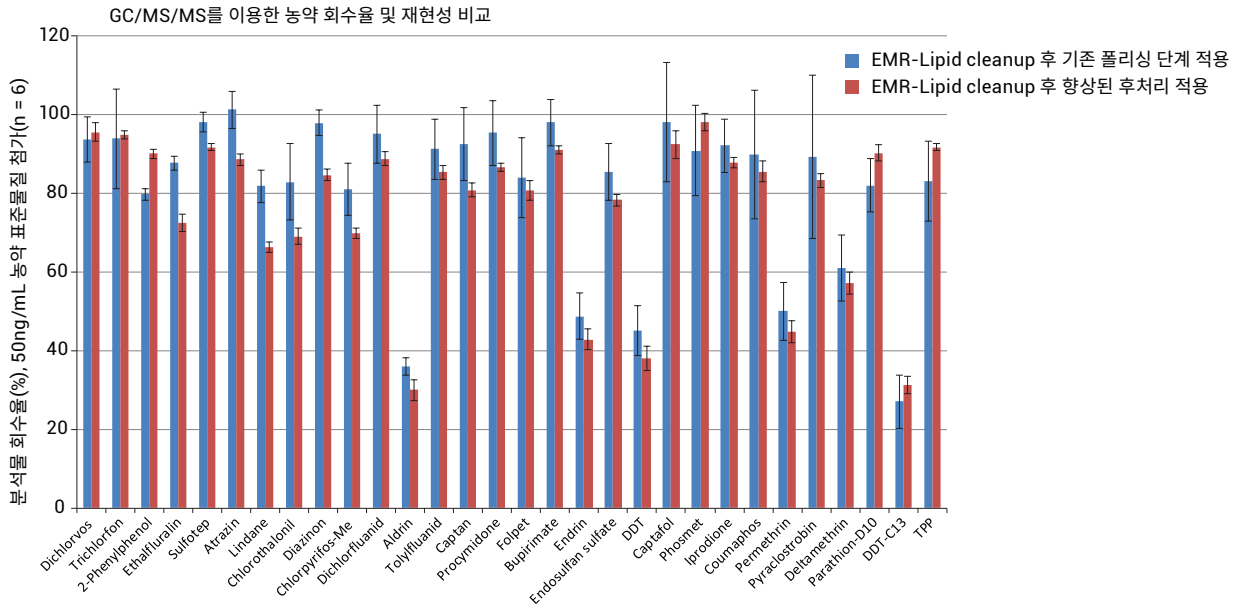


그림 6. EMR-Lipid cleanup 후 향상된 후처리 및 기존 폴리싱 단계로 전처리한, 50ng/mL 표준물질 첨가 아보카도 시료의 농약 회수율

결론

EMR-Lipid cleanup 후 향상된 시료 후처리는 무수 $MgSO_4$ 를 이용한 폴리싱 단계 및 건조 단계로 GC/MS/MS에서 시료를 주입하기 전에 시료에 포함된 잔류 수분과 수용성 잔류물을 제거합니다. 이는 분석물 반응성 향상, 피크 모양 개선, 기기 재현성 향상, 주입구 라이너 및 컬럼 수명 연장 등 이점을 제공하며 GC/MS/MS 분석을 향상시킵니다. 이러한 접근법은 복잡한 지방질 시료, 특히 불안정한 분석물이 대상이 될 때 시료 전처리 과정을 개선하려는 분석자들에게 이상적입니다. EMR-Lipid cleanup 후 향상된 시료 후처리를 진행하면 복잡한 시료에 대해 높은 매트릭스 제거 효율성이 유지되며 다성분 잔류 농약 분석에 대한 분석물 회수율이 적정 수준으로 회복됩니다. 폴리싱 염(무수 $MgSO_4$)은 부울 수 있는 pouch에 담겨 제공되므로 시료 조제 및 저장에 용이합니다.

참고문헌

1. Anastassiades, M.; Lehotay, S. J.; Steinbahr, D.; Schenck, F. J. Fast and easy multiresidue method employing acetonitrile extraction/partitioning and “dispersive solid-phase extraction” for the determination of pesticide residues in produce. *J. AOAC Int.* **2003**, *86*, 412.
2. Lehotay, S. J.; Mastovská, K.; Lightfield, A. R. 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 & 60A.
3. Chamkasem, N.; Ollis, L. W.; Harmon, T.; Mercer, G. Analysis of 136 Pesticides in Avocado Using a Modified QuEChERS Method with LC-MS/MS and GC-MS/MS. *J. Agric. Food Chem.* **2013**, *61*(10), 2315–2329.
4. Hildmann, F.; Gottert, C.; Frenzel, T.; Kempe, G.; Speer, K. Pesticide residues in chicken eggs - A sample preparation methodology for analysis by gas and liquid chromatography/tandem mass spectrometry. *J. Chromatogr. A* **2015**, *1403*, 1–20.
5. Zhao, L.; Lucas, D. *Multiresidue Analysis of Pesticides in Avocado with Agilent Bond Elut EMR—Lipid by GC/MS/MS*; Application Note, Agilent Technologies, Inc. Publication number 5991-6097EN, **2015**.

자세한 정보

이러한 데이터는 일반적인 결과를 나타냅니다. 애질런트 제품 및 서비스에 대한 자세한 내용은 애질런트 웹사이트 (www.agilent.com/chem)를 참조하십시오.

www.agilent.com/chem

애질런트는 이 문서에 포함된 오류나 이 문서의 제공, 이행 또는 사용과 관련하여 발생한 부수적인 또는 결과적인 손해에 대해 책임을 지지 않습니다.

본 발행물의 정보, 설명 및 사양은 공지 없이 변경될 수 있습니다.

© Agilent Technologies, Inc., 2016
2016년 4월 20일
한국에서 인쇄
5991-6707KO

서울시 용산구 한남대로 98, 일신빌딩 4층 우)04418
한국애질런트테크놀로지스(주) 생명과학/화학분석 사업부
고객지원센터 080-004-5090 www.agilent.co.kr



Agilent Technologies