

Agilent Intuvo 9000 GC 및 Agilent 7000 시리즈 질량 분석기를 사용한 다성분 잔류 농약 분석

응용 자료

저자

Rebecca Veeneman, PhD &
Joan Stevens, PhD
Agilent Technologies, Inc.

개요

본 응용 자료는 Agilent Intuvo 9000 GC 및 Agilent 7000 시리즈 질량 분석기를 이용한 7가지 다른 시료 내 농약성분의 평가를 소개합니다. 21종 농약 검량선은 1ng/mL-1,000ng/mL 농도 범위에 걸쳐 탁월한 직선성을 보입니다. Agilent Intuvo Guard Chip을 적용하여 우수한 반응성과 피크 모양을 일관성 있게 얻었습니다. 또한 평가결과 이는 매트릭스로부터 다운 스트림 구성 요소를 보호하고, 컬럼 커팅 작업이 필요없습니다. 60회 식품 추출물 주입에 대해 50ng/mL 시료의 평균 회수율은 80% 이상이었고 RSD의 경우 10% 미만이었습니다. 라이너와 Intuvo Guard Chip 교체를 포함하는 규칙적인 유지보수만으로 피크 모양과 회수율은 500회 이상 주입에서도 변하지 않는 것으로 밝혀졌습니다.



Agilent Technologies

소개

농약 사용이 증가함에 따라 환경주의자, 규제 당국 및 소비자 사이에 우려 수위가 높아지고 있습니다. 북아메리카(미국과 캐나다), 유럽(유럽 연합), 아시아(일본) 및 호주에서 식품 내 또는 식품 표면에 존재하는 농약의 최대 잔류 허용 기준(MRL)에 관한 규제 문건을 발표했습니다. 미국 MRL은 시료와 대상 농약에 따라 0.02ppm-100ppm 범위에 있으며¹, 유럽위원회는 기본 값으로 0.01ppm²을 설정하고 있습니다.

식품 내의 잔류 농약을 분석하기 위해 일정 수준의 시료 전처리가 이루어져야 합니다. 최소한 시료는 균질한 상태에 있어야 하며, 크로마토그래피에 적합한 용매로 추출해야 합니다. 일반적으로 농약 추출은 QuEChERS 추출법을 사용합니다. 이는 QuEChERS 추출

방법이 단일 아세토니트릴 추출과 동시에 황산마그네슘을 이용해 염분을 제거하기 때문입니다. 일부 사례에서는 분산형 고체상 추출(dSPE)을 사용하여 추가 정제를 수행합니다³. 그럼에도 불구하고 시료는 상대적으로 여전히 더러우며 높은 백그라운드 신호로 인해 정밀한 식별 및 정량을 확보할 수 없습니다.

이러한 복잡성으로 인해 가스 크로마토그래피/질량분석기(GC/MS)가 농약 분석에 적합합니다. 하지만 정량 한계와 MRL 범위 때문에 합리적인 선형 범위 및 낮은 검출 한계를 가지는 다중 잔류 농약 분석법이 필요합니다. 이러한 이유로 탠덤 질량 분석기(MS/MS)는 저농도 농약 스크리닝, 확인 및 정량에 사용할 수 있습니다. 이는 정량 한계를 제공할 뿐만 아니라 매트릭스 간섭을 최소화합니다⁴.

MS/MS에 적용된 다중 반응 모니터링(MRM) 사용해 크로마토그램의 매트릭스 간섭은 줄일 수 있지만, 시료에서 매트릭스를 제거하지는 않습니다. 매트릭스를 주입하면 신호는 감소하고 테일링이 발생할 수 있습니다. 이는 백플러시를 사용해 어느정도 경감시킬 수 있지만, 시스템을 전체적으로 보호하기 위해서는 라이너 교체 및 컬럼 커팅을 포함한 신중하고 주기적인 유지보수가 필요합니다. Agilent Intuvo 9000 GC는 컬럼 커팅이 필요 없는 Intuvo 비활성 흐름 경로의 부분으로서 Intuvo Guard Chip을 사용합니다. 유지보수 과정에서 컬럼 커팅을 필요로 하지 않기 때문에 컬럼을 더 오래 동안 유지하는 동시에 머무름 시간은 일정하게 유지됩니다.

본 응용 자료에서는 Agilent 7000 시리즈 Triple Quadrupole GC/MS를 Agilent Intuvo HP5-MS UI 컬럼이 사용된 Intuvo 9000 GC와 연결합니다. 장시간에 걸친 검량선의 직선성과 분석물질 회수율은 7가지 다른 식품 시료에서 샌드위치 주입을 사용해 평가되었습니다.

실험

100 μ g/mL의 두 가지 맞춤형 농약 표준물질 혼합물은 Ultra Scientific (North Kingston, RI)에서 구매하였습니다. 두 가지 혼합물은 각각의 용매를 이용해 10 μ g/mL의 원액으로 제조합니다. 1 μ g/mL 작업 표준물질을 만들기 위해 두 가지 원액을 아세톤에 혼합했습니다. 아세톤에 희석하여 작업 표준물질로부터 1, 5, 10, 50, 100, 200 및 500ng/mL의 검량 표준물질을 준비하였습니다. 각각 중수소로 치환된 다환방향족탄화수소 (PAH)는 AccuStandard(New Haven, CT)에서 구매하였으며 아세톤을 이용해 8 μ g/mL의 작업 원액을 만들었습니다. 농약 검량 표준물질에 40ng/mL로 첨가하였고, 내부 표준물질로 사용되었습니다. 표준물질을 3°C에서 저장하였습니다. 표 1은 농약과 내부 표준물질 목록을 보여줍니다.

표 1. 표적 농약과 내부 표준물질 목록

| 번호 | 화합물 |
|----|------------------------|
| 1 | 1,4-Dichlorobenzene-d4 |
| 2 | Naphthalene-d8 |
| 3 | Methacrifos |
| 4 | Acenaphthene-d10 |
| 5 | Ethylfluralin |
| 6 | Sulfotep |
| 7 | Demeton-S |
| 8 | Simazine |
| 9 | Lindane |
| 10 | Phenthrane-d10 |
| 11 | Chlorpyrifos methyl |
| 12 | Fenitrothion |
| 13 | Aldrin |
| 14 | Pendimethalin |
| 15 | Tolyfluanid |
| 16 | Dieldrin |
| 17 | Buprimate |
| 18 | Triazophos |
| 19 | Chrysene-d12 |
| 20 | Iprodione |
| 21 | EPN |
| 22 | Phosalone |
| 23 | Mirex |
| 24 | Coumaphos |
| 25 | Perylene-d12 |
| 26 | Pryaclostrobin |
| 27 | Deltamethrin |

10mL 용량 플라스크에 500mg을 계량하여 L-glulonolactone 원액을 제조했습니다. 아세토니트릴로 표시선까지 희석하기 전에 물(4mL)을 추가했습니다. 별도로 D-sorbitol 500mg을 10mL 용량 플라스크에 추가하고 물 5mL를 추가한 후 아세토니트릴로 표시선까지 희석하였습니다. 10mL 용량 플라스크에서 두 가지 원액을 혼합하여 분석물질 보호 용액(20mg/mL L-glulonolactone 및 10mg/mL D-sorbitol)을 제조하고 아세토니트릴을 사용하여 표시선까지 희석했습니다.

분석에 필요한 7가지 다른 시료를 준비하였습니다. 이들은 QuEChERS 법을 사용해 추출되었고, 다양한 dSPE를 사용한 매트릭스 정제를 포함합니다.

2개의 세라믹 균질기를 사용해 올리브 오일 3g과 물 7mL를 2분 동안 vortex했습니다. 아세토니트릴 (ACN) 10mL를 추가하고 2분 동안 시료를 vortex했습니다. QuEChERS EN 염(p/n 5982-5650)을 추가하고 GenoGrinder 수직 진탕기에 2분간 튜브를 방치한 후, 5분 동안 5,000rpm으로 원심 분리했습니다. EMR-Lipid 흡착제 1g을 담고 있는 EMR-Lipid 튜브(p/n 5982-1010)에 물 5mL를 추가하고 30초 동안 vortex했습니다. ACN 추출물 5mL를 활성 EMR-Lipid에 추가하고 2분 동안 vortex한 다음 5분 동안 5,000rpm으로 원심 분리했습니다. 전체 추출물을 50mL 원심 튜브로 옮긴 후, Polish 파우치(p/n 5982-0102)의 전체 내용물을 추가하였습니다. 튜브 뚜껑을 씌우고 강하게 vortex한 후 5분 동안 5,000rpm으로 원심 분리합니다. 추출물 4mL를 Polish 파우치를 이용해 얻은 추출물 300mg/mL와 함께 15mL 원심 튜브로 옮깁니다. 튜브를 vortex 하고 5분 동안 5,000rpm으로 원심 분리합니다.

균질화된 오이 10g 또는 꿀 5g과 물 5mL를 혼합하여 2분 동안 세라믹 균질기를 사용하여 vortex합니다. ACN 10mL를 추가하고 2분 동안 혼합물을 vortex합니다. QuEChERS EN 염을 추가하고 뚜껑을 씌운 튜브를 GenoGrinder 수직 진탕기에 2분 동안 방치한 후 5분 동안 5,000rpm으로 원심 분리합니다. 추출물 6mL를 일반 과일과 채소용 QuEChERS dSPE(p/n 5982-5056)로 옮기고, 2분 동안 vortex 한 후, 5분 동안 5,000rpm에서 원심 분리합니다.

균질한 양파 또는 균질한 오렌지 10g, 또는 물 7mL를 추가한 균질한 쌀 3g 을 두 개의 세라믹 균질기로 vortex 합니다. ACN 10mL를 추가하고 2 분 동안 시료를 다시 vortex합니다. QuEChERS EN 염을 추가하고 뚜껑을 씌운 튜브를 2분 동안 GenoGrinder 수직 진탕기에 놓아둔 후 5분 동안 5,000rpm에서 원심 분리합니다. 추출물 6mL를 지방 매트릭스용 QuEChERS dSPE(p/n 5982-5256)로 옮기고, 2분 동안 vortex한 후, 5분 동안 5,000rpm 으로 원심 분리합니다.

물 7mL를 추가한 균질한 차 3g을 세라믹 균질기로 vortex합니다. ACN 10mL를 추가하고 2분 동안 시료를 다시 vortex합니다. QuEChERS EN 염을 추가하고 2분 동안 튜브를 GenoGrinder 수직 진탕기에 놓은 후 5분 동안 5,000rpm으로 원심 분리합니다. 추출물 6mL를 색소 매트릭스용 QuEChERS dSPE(p/n 5982-5256)로 옮기고, 2분 동안 vortex한 후, 5분 동안 5,000rpm 으로 원심 분리합니다.

마지막 원심 분리 이후 추출물을 4mL 바이알로 옮기고 분석할 때까지 -20°C 에 보관합니다.

기기

Agilent 7693B Autosampler 및 Agilent 7000 시리즈 Triple Quadrupole MS를 갖춘 Agilent Intuvo 9000 GC를 이용하여 모든 시험을 수행합니다. Agilent Intuvo 15m HP5-MS UI 컬럼을 사용해 간단한 MS 시스템까지 Intuvo 9000 비활성 흐름 경로를 구성합니다. MRM은 P&EP MRM 데이터베이스(p/n G9250AA rev A.1.01)의 전이 내용을 사용하였습니다. 매트릭스 일치 검량을 얻기 위해 표준물질, 시료 및 분석물질 보호 용액은 3층 샌드위치 방식으로 주입되었습니다. 샌드위치 주입을 사용하면 단 한 세트의 검량 표준물질을 활용하여 여러 매트릭스를 시험할 수 있습니다⁵. 표 2에 세부 기기 조건이 설명되어 있습니다.

결과 및 토의

본 연구는 Intuvo 9000 GC 및 7000 시리즈 Triple Quadrupole MS 시스템을 사용한 검량 직선성과 크로마토그래피의 일관성을 입증했습니다. 각 시료에 대해 각 표준물질을 3층 샌드위치 주입으로 3회 반복하여 검량선을 생성하였습니다. 검량 이후, 60회의 시료 추출물 주입 완료전 검량 확인을 위해 50ng/mL 표준물질을 3회 반복하여 평가하였습니다. 시간 경과에 따른 피크 모양과 회수율을 모니터링하기 위해 60개의 시료 추출물과 50ng/mL 표준물질을 샌드위치 주입하였습니다. 검량, 검량 확인 및 시료 주입에 이어 septum, 라이너 및 가드 칩 교체를 포함한 시스템 유지보수를 수행하였습니다. 다른 시료의 프로세스를 반복하기 전에는 어떤 추가 유지보수도 수행하지 않았습니다.

표 2. Agilent 9000 Intuvo GC 및 Agilent 7000C MS/MS 기기 조건

| 파라미터 | 값 |
|---|---|
| Agilent 9000 Intuvo GC | |
| Inert flow path configuration | Simple MS |
| Syringe | 10µL(p/n G4513-80204) |
| Solvent washes | Pre-injection 3x solvent A, acetone(3µL) 3x solvent B, acetone(3µL) Post-injection 3x solvent A, acetone(3µL) 3x solvent B, acetone(3µL) |
| Sample wash | 1 × 1µL |
| Sample pumps | 6 |
| Sandwich injection | 3-layer sandwich L1(matrix) 1µL L2(analyte protectant solution) 0.5µL L3(standard or sample) 1µL |
| Carrier gas | Helium |
| Inlet | Split/splitless in pulsed splitless mode, 280°C |
| Injection pulse pressure | 30psi until 0.5minutes |
| Purge flow to split vent | 15mL/min at 0.5minutes |
| Septum purge flow | 3mL/min |
| Gas saver | 20mL/min after 3minutes |
| Intuvo Guard Chip | 60°C then 50°C/min to 310°C |
| Column | Agilent Intuvo HP5-MS UI(19091S-431UI-INT) |
| Column flow | 1.4mL/min |
| Column temperature program | 60°C(1.5minutes), then 50°C/min to 160°C, then 8°C/min to 240 °C, then 50°C/min to 280°C(2.5minutes), then 100°C/min to 290°C(1.1minutes) |
| Agilent 7000 Series triple quadrupole MS/MS | |
| Transfer line | 280°C |
| Source temperature | 280°C |
| Quad temperature | 150°C |
| Solvent delay | 3.1minutes |
| Tune file | atunes.eiex.tune |

표 3은 7가지 시료 내 일부 농약 분석물질에 대한 검량선 계수 (R^2)를 나타냅니다. 해당 농약 분석물질은 머무름 시간, 기능 및 난이도면에서 대표성을 가지는 것들로 선택하였습니다. 시료에 따라 21종 농약의 평균 R^2 값은 0.972-0.997 범위에 있습니다. 꿀과 쌀은 0.997의 평균 값으로 최상의 R^2 값을 생성하는 한편, 홍차는(특히, 약간의 매트릭스 간섭에 따라 초기 용리된 화합물에 대해) 약간 더 낮은 R^2 값을 보입니다. 나머지 시료는 대략 0.994의 검량선 계수를 가집니다.

주어진 시료로 시스템을 검량한 후, 60개의 추출물, 50ng/mL 표준물질과 분석물질 보호 용액을 샌드위치 주입하였습니다. 그림 1에서 7가지 시료에 대한 60회 추출물 주입 과정에 걸쳐 50ng/mL 표준물질의 평균 회수율이 요약되어 있습니다.

표 3. 평가한 7가지 시료에 대해 매우 양호한 직선성을 얻었습니다. 머무름 시간과 검출 난이도를 기반으로 선택된 10종 표적 농약이 표에 나타남

| | 꿀 | 쌀 | 오렌지 | 홍차 | 올리브 오일 | 양파 | 오이 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| Methacrifos | 0.998 | 0.998 | 0.992 | 0.921 | 0.994 | 0.994 | 0.999 |
| Sulfotep | 0.998 | 0.996 | 0.991 | 0.917 | 0.994 | 0.993 | 0.996 |
| Simazine | 0.994 | 0.996 | 0.989 | 0.907 | 0.995 | 0.992 | 0.997 |
| Aldrin | 0.996 | 0.994 | 0.997 | 0.986 | 0.991 | 0.996 | 0.995 |
| Fenitrothion | 0.996 | 0.999 | 0.999 | 0.999 | 0.998 | 0.999 | 0.998 |
| Dieldrin | 0.997 | 0.997 | 0.997 | 0.998 | 0.998 | 0.997 | 0.998 |
| EPN | 0.998 | 0.998 | 0.999 | 0.999 | 0.999 | 0.999 | 0.999 |
| Mirex | 0.999 | 0.998 | 0.999 | 0.998 | 0.997 | 0.997 | 0.997 |
| Pyraclostrobin | 0.998 | 0.998 | 0.998 | 0.999 | 0.983 | 0.993 | 0.991 |
| Deltamethrin | 0.995 | 0.996 | 0.996 | 0.995 | 0.998 | 0.982 | 0.968 |

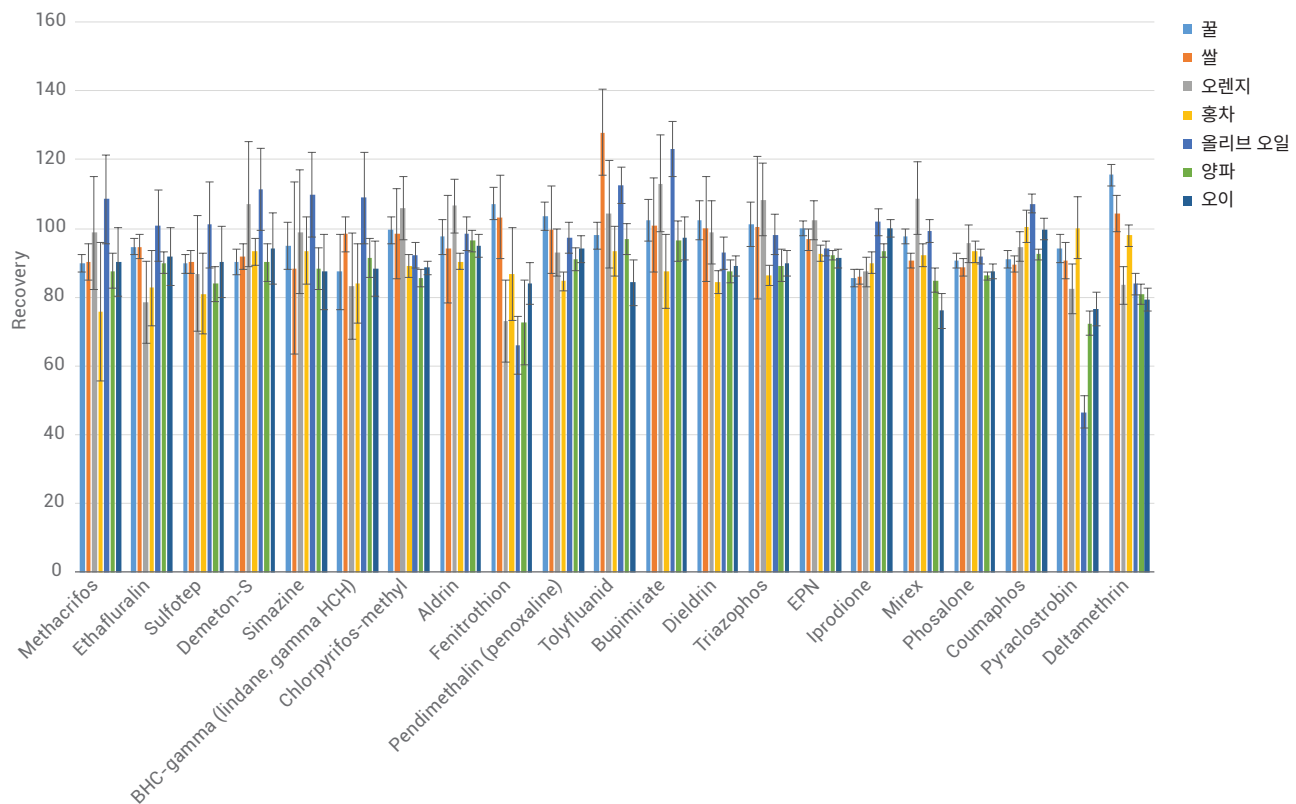


그림 1. 7가지 다른 시료 유형에 대한 60회 주입의 평균 회수율은 대부분의 표적 분석물질에 대해 거의 100%입니다. 에러 바는 측정 표준 편차를 나타냄

더 높은 변동성 또는 더 낮은 회수율을 보이는 일부 분석물질이 있는 한편, 대부분의 데이터는 대략 100% 회수율을 보여줍니다. 60회 시료 주입 과정에 걸쳐 표준편차를 고려하면, 7가지 시료내 대부분의 농약은 80%-120%의 회수율을

보여줍니다. 평가한 7가지 추출물에 대해 표적 농약의 평균 회수율은 82%입니다. 60회 주입에서도 RSD는 매우 낮고, 일정하게 유지됩니다. 60회 주입 및 7가지 시료의 평균 RSD는 6.3%입니다. 그림 2의 각 시료별 그래프는 특정 시료

매트릭스를 강조하기 위해 구분됩니다. 꿀(일반적으로 불순물이 포함된 식료품), 홍차(일반적으로 클레임이 걸리며 관리가 어려운 식료품), 올리브 오일(일반적인 식료품), 오이(널리 사용되는 식료품).

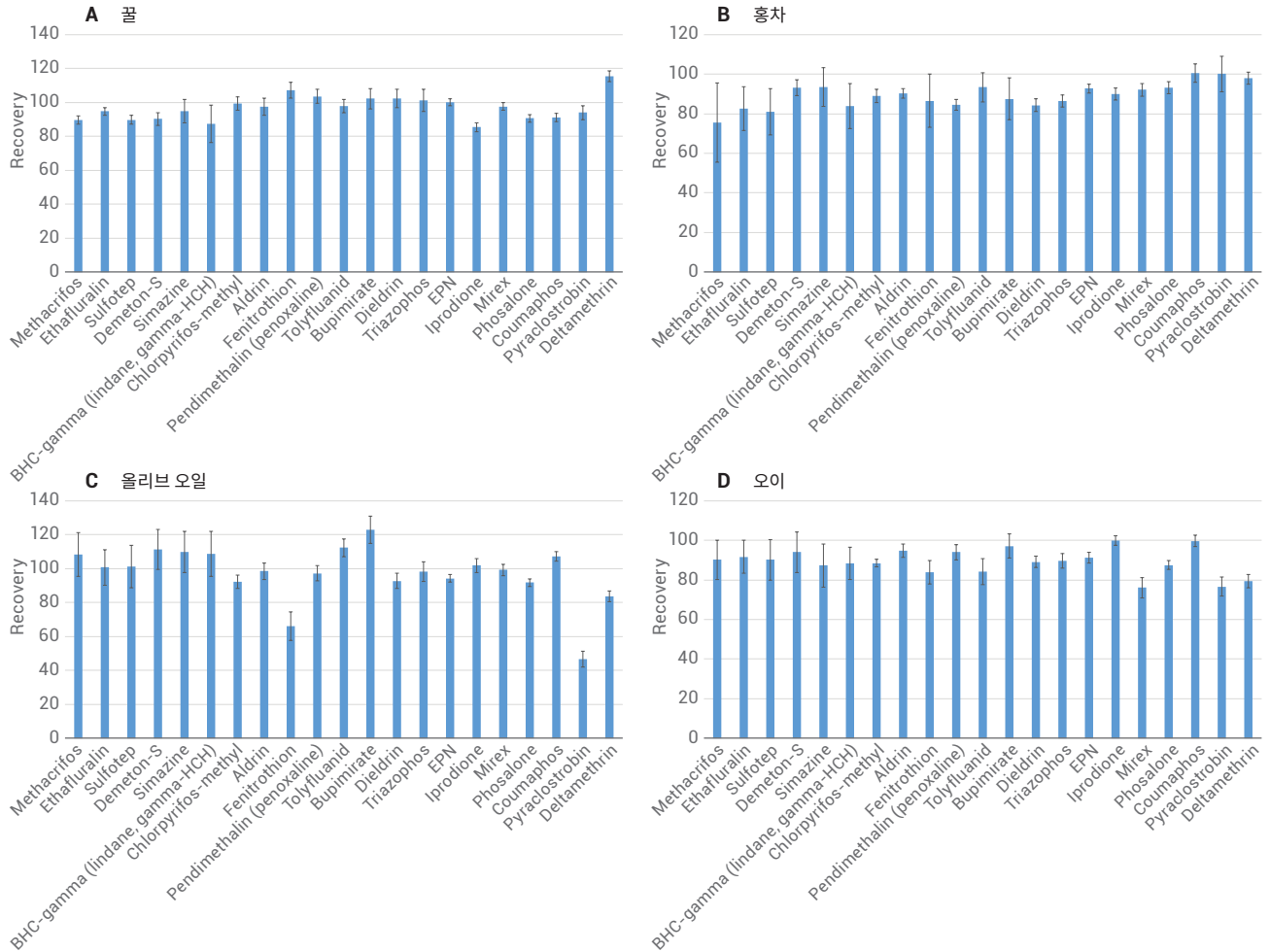


그림 2. 일관된 성능을 입증하기 위해 꿀, 홍차, 올리브 오일 및 오이를 각각 별도로 구성하였습니다. 몇 가지 까다로운 분석물질의 60회 추출물 주입에 걸친 회수율은 대략 100%임

꿀, 홍차 및 오이는 21종 농약에 대해 상대적으로 빠듯한 70% 이상의 회수율을 보였습니다. 홍차는 까다로운 식품이고 검량동안 약간 더 낮은 R^2 값을 보이지만, 시료별 평가에서는 전 농약에서 탁월한 회수율을 보였습니다. 올리브 오일은 몇몇 화합물(fenitrothion 및 pyraclostrobin)에 대해 70% 이하로 떨어진 회수율을 보이며 수행한 평가에서 가장 까다로운 매트릭스로 입증되었지만 다른 화합물들은 매우 양호한 회수율을 보였습니다.

그림 1과 그림 2에 제시한 면적 회수율의 일관성은 크로마토그래피의 일관성을 대변합니다. 그림 3에서 그림 9는 60회의 시료 주입 후 및 유지보수를 수행하고(septum, 주입구 라이너 및 Intuvo Guard Chip 교체), 50ng/mL 검량 확인(초기 검량 이후 수행) 결과를 오버레이한 크로마토그램을 보여줍니다. 피크별 성분명은 표 1에 나타나 있습니다. 그림 4의 경우 오류 발생으로 유지보수 이후 크로마토그램이 수집되지 않았습니다. 평가 내내 어떤 표적 분석물질에서도 피크 모양 차이는 없었고, 반응상 약간의 차이는 상대적 반응 비율을 사용하여 설명됩니다.

피크 모양은 일반적으로 뾰족하며 대칭적입니다. 또한 머무름 시간은 평가 내내 일정했습니다. 유지보수 수행 이후 피크가 잘 겹쳐져서, MRM transition 시간은 조정하지 않았습니다. 크로마토그램은 다른 매트릭스간 머무름 시간과 피크 모양 모두에서 높은 수준의 일관성을 보입니다. Intuvo Guard Chip은 매트릭스로부터 다운 스트림 구성 요소를 보호함으로써 컬럼 커팅이 필요없기 때문에, 머무름 시간 고정요구되지 않습니다. 더욱이 Intuvo Guard Chip은 백플러시 기법을 사용하지 않고도 일관된 회수율과 피크 모양을 달성할 수 있습니다.

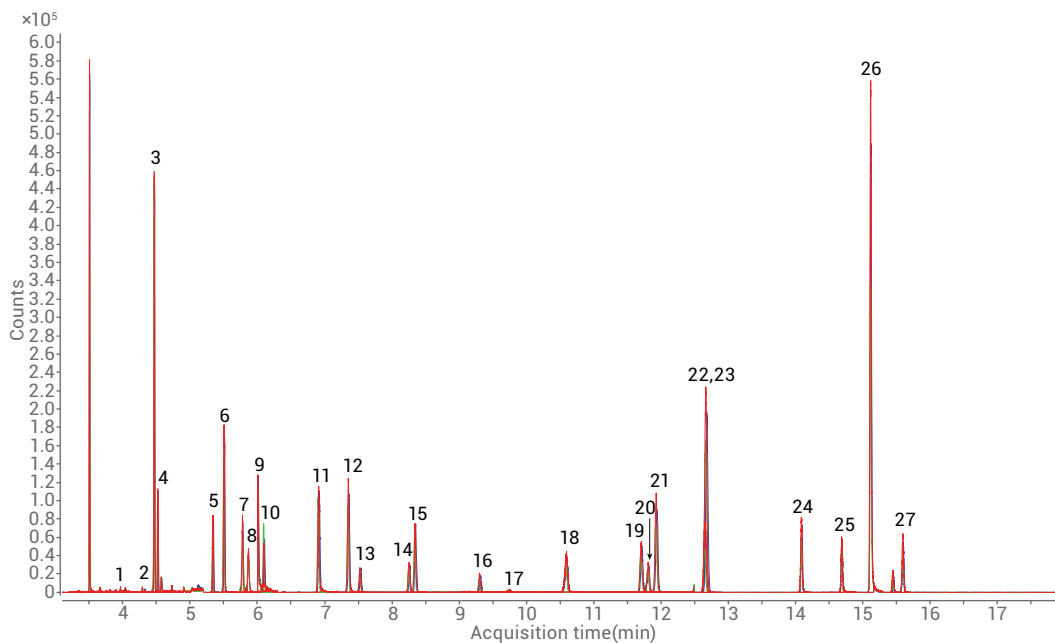


그림 3. 60회의 꿀 추출물 주입(적색)과 라이너 및 Agilent Intuvo Guard Chip 교체(녹색) 이후 50ng/mL 검량 확인(파란색)에 대해 오버레이한 크로마토그램은 매우 양호한 일관성을 보입니다

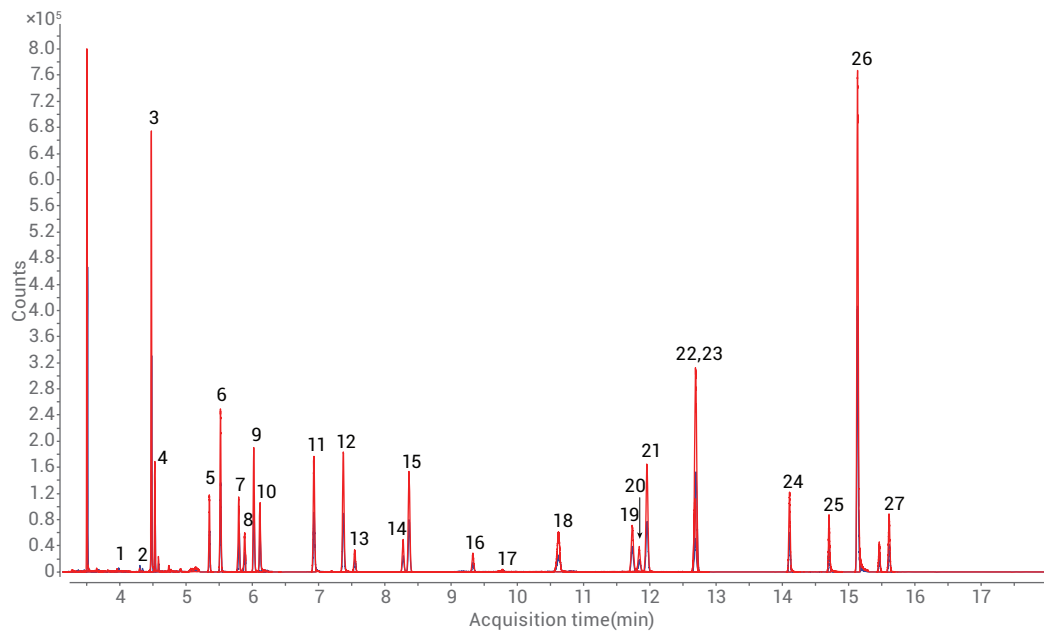


그림 4. 60회의 쌀 추출물 주입(적색)과 이후 50ng/mL 검량 확인(파란색)에 대해 오버레이한 크로마토그램은 피크 모양에서 매우 양호한 일관성을 보입니다. 바이알에서의 증발로 인해 시료 주입 이후 약간의 반응 증가가 있습니다

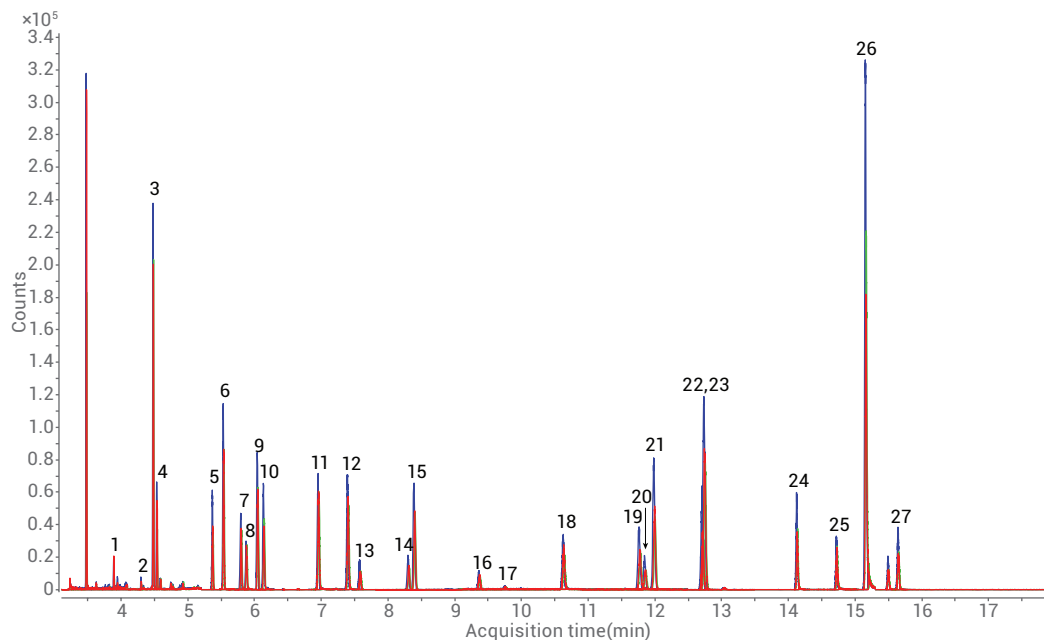


그림 5. 60회의 오렌지 추출물 주입(적색)과 라이너 및 Intuvo Guard Chip 교체(녹색) 이후 50ng/mL 검량 확인(파란색)에 대해 오버레이한 크로마토그램은 매우 양호한 일관성을 보입니다. 반응상 약간의 차이는 반응 비율을 통해 쉽게 설명됩니다

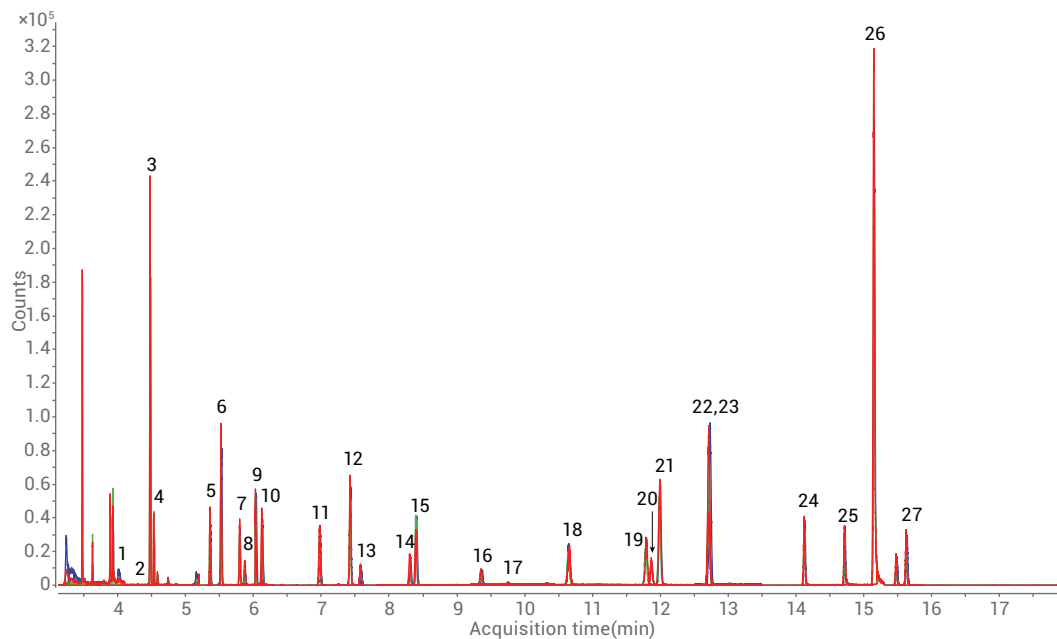


그림 6. 60회의 홍차 추출물 주입(적색)과 라이너 및 Intuvo Guard Chip 교체(녹색) 이후 50ng/mL 검량 확인(파란색)에 대해 오버레이한 크로마토그램은 피크 모양과 반응 면에서 매우 양호한 일관성을 보입니다

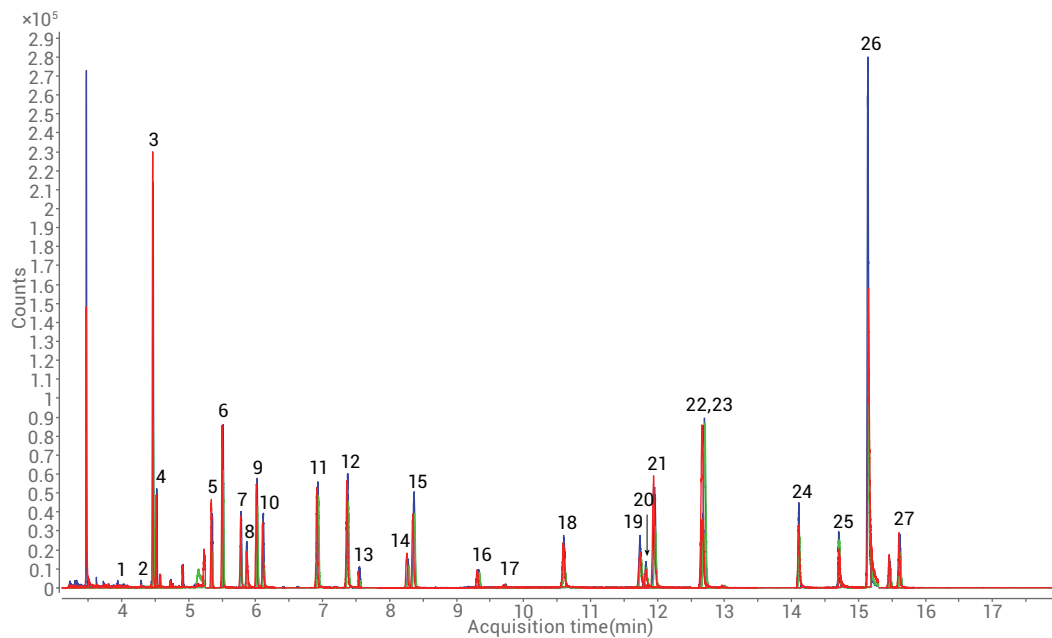


그림 7. 60회의 올리브 오일 추출물 주입(적색)과 라이너 및 Intuvo Guard Chip 교체(녹색) 이후 50ng/mL 검량 확인(파란색)에 대해 오버레이한 크로마토그램은 머무름 시간 또는 반응 면에서 단지 약간의 차이를 보입니다

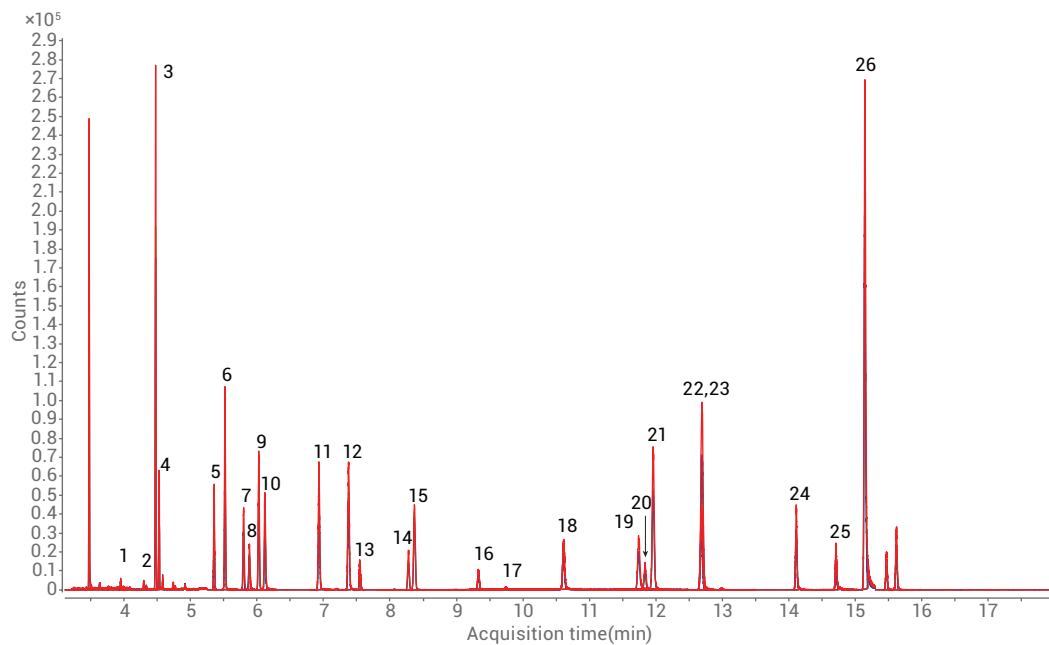


그림 7. 60회의 양파 추출물 주입(적색)과 라이너 및 Intuvo Guard Chip 교체(녹색) 이후 50ng/mL 검량 확인(파란색)에 대해 오버레이한 크로마토그램은 피크 모양과 반응 면에서 매우 양호한 일관성을 보입니다

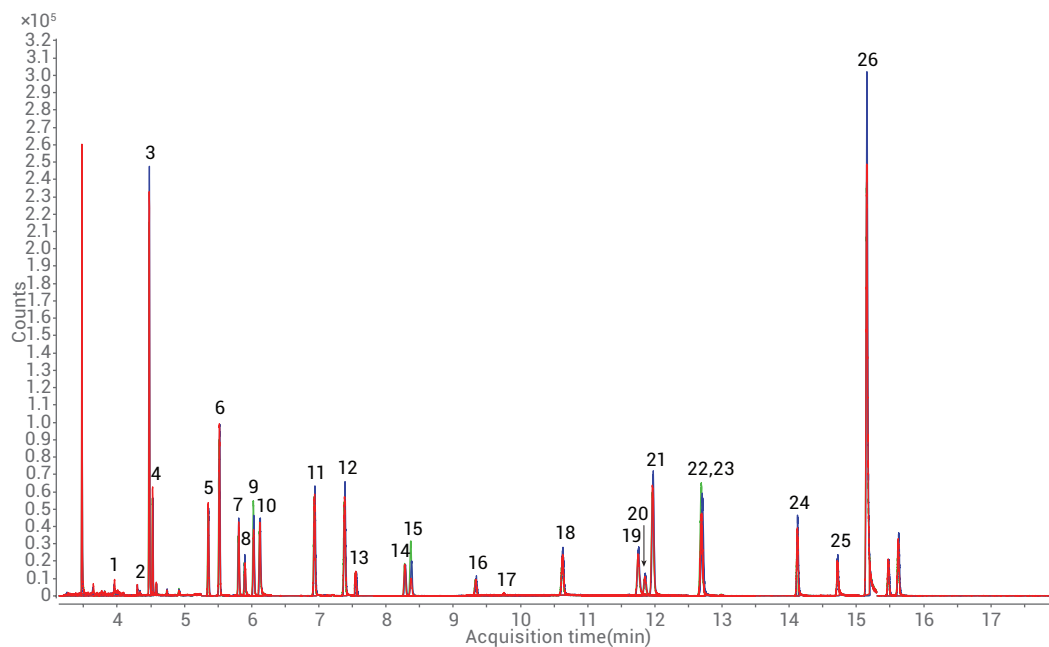


그림 9. 60회의 오이 추출물 주입(적색)과 라이너 및 Intuvo Guard Chip 교체(녹색) 이후 50ng/mL 검량 확인(파란색)에 대해 오버레이한 크로마토그램은 피크 모양과 반응 면에서 매우 양호한 일관성을 보입니다

결론

Intuvo HP5-MS UI 컬럼 및 Agilent 7000 시리즈 Triple Quadrupole GC/MS를 갖춘 Agilent Intuvo 9000 GC를 이용해 검량 및 매트릭스 평가를 수행하였습니다. 다양한 난이도로 식료품을 대표하는 7가지 시료를 사용하여 21종 농약을 평가하였습니다. 기기는 탁월한 검량 직선성과 회수율을 보여줍니다. Agilent Intuvo Guard Chip을 적용할 때 다음과 같은 결론을 얻었습니다.

- 피크 모양과 회수율을 유지하기 위해 컬럼을 커팅할 필요가 없습니다.
- 머무름 시간 고정 필요하지 않습니다.
- 전체 평가 내내 이온화원을 세척할 필요는 없습니다.
- 백플러싱 없이도 탁월한 피크 모양과 회수율이 유지되었습니다.
- Intuvo Guard Chip의 교체는 머무름 시간에 영향을 미치지 않습니다.

평가 결과, 검량선 계수는 시료와 상관없이 일반적으로 0.995 이상이었습니다. 60회 식품 추출물 주입에 걸쳐 50ng/mL 시료의 평균 회수율은 7가지 시료 모두에 대해 대략 100%이었습니다. 배치 분석 과정에 걸쳐 일관된 반응이 입증되었습니다. 또한 피크 모양과 머무름 시간은 매트릭스 노출 전, 매트릭스 노출 후 및 유지보수 후 모두에 대해 매우 일정했습니다. 대략 100회의 주입 이후 Intuvo Guard Chip을 우선 교체함으로써, 최소한의 작업자 개입으로 500회 이상의 주입에서도 시스템은 일정하게 유지됩니다.

참고문헌

1. Maximum Residue Limits Database. (2016, July 7). Retrieved from United States Department of Agriculture Foreign Agriculture Service: <http://www.fas.usda.gov/maximum-residue-limits-mrl-database>
2. EU legislation on MRLs. (2016, July 7). Retrieved from http://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/max_residue_levels/docs/maximum_residue_levels_factsheet_en.pdf
3. M. Churley, J. Stevens, Reduce Cost of Pesticide Residue Analysis, *Agilent Technologies Application Note*, publication number 5991-6069EN, **2015**.
4. M. Churley, Lowering Detection Limits for Routine Analysis of Pesticides Residues in Foods Using the Agilent 7000C Triple Quadrupole GC/MS, *Agilent Technologies Application Note*, publication number 5991-4131EN, **2015**.
5. L. Zhao, MS Analysis of Fruit and Vegetable Pesticides by GC/MS/MS Using Agilent Inert Flow Path, *Agilent Technologies Application Note*, publication number 5991-3234EN, **2013**.

www.agilent.com/chem/intuvo

이 정보는 사전 고지 없이 변경될 수 있습니다.

© Agilent Technologies, Inc., 2016
2016년 9월 1일, 한국에서 발행
5991-7216KO

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



Agilent Technologies