Agilent 6545 Q-TOF LC/MS 시스템을 이용한 복잡한 식품 매트릭스 내의 240종 농약 스크리닝

응용 자료

저자

Dan-Hui Dorothy Yang, Christian Klein, Crystal Cody, 및 Huy Bui
Agilent Technologies, Inc.
Santa Clara, CA 95051

개요

이 응용 자료는 복잡한 식품 매트릭스 내의 240종 농약 및 농약 대사체에 대한 UHPLC/Q-TOF/MS 분석법을 소개합니다. 이 분석법은 Agilent 1290 Infinity UHPLC 시스템을 사용하여 크로마토그래피 분리능을 증대시키고 Agilent Jet Stream 이온화원을 사용하여 향상된 이온화 성능을 제공하는 장점이 있습니다. 무엇보다 Agilent 6545 Q-TOF LC/MS 시스템 본연의 감도를 개선하고, 이온 전송 튜닝을 통해 작고 부서지기 쉬운(fragile) 유기 분자의 이온 전송을 최적화하여 분석 물질을 성공적으로 스크리닝합니다. 표적 MS/MS 수집을 이용하여 분석 물질의 정량과 확인(confirmation)을 수행하였습니다. 복잡성을 띠는 홍차 매트릭스와 고지질 함유 식품을 대표하는 시료 매트릭스로서 아보카도를 선택하였습니다.

분석 결과는 6545 Q-TOF LC/MS 시스템에서 개선된 작은 유기 분자에 대한 검출로 유럽연합 위원회 규정(European Commission regulations)의 최대 잔류 허용량(Maximum Residue Limits, MRL) 이하의 표적 농약 대부분을 스크리닝하고 정량할 수 있음을 증명합니다.

Agilent Technologies

소개

식품의 잔류 농약 스크리닝은 식품 안전에 있어 가장 중요하고 까다로운 응용 중 하나입니다. 식품 안에는 1,000가지 이상의 농약 및 농약 대사체가 존재합니다. 유럽연합 위원회 규정(European Commission regulation, EC) 396/2005 및 부록에서는 17만 개 이상의 매트릭스-농약 조합에 대한 최대 잔류 허용량 (Maximum Residue Limits, MRL)을 정하고 있습니다[1]. 다른 지역에도 이와 유사한 규정이 있습니다[2]. 식품 안전 응용 분야에서 accurate mass LC/MS를 이용하면 다수의 분석 물질을 검출할 수 있습니다. 이는 화학 표준 물질을 구하기 어려워 QQQ 분석법의 개발이 힘든 일부 대사체를 대상으로 하는 경우 특히 중요합니다. Accurate mass LC/MS 분석법 설정은 비교적 쉽고, 머무름 시간이나 파편화에 대한 정보 없이도 완료할 수 있습니다. 이것은 특히 상업적 시험기관이 시험 범위를 늘리고 처리량을 높이는 데 중요한 역할을 합니다.

Accurate mass LC/MS의 일반적인 워크플로는 MS 영역 데이터를 사용하여 규제 잔류 농약을 스크리닝하고 정량하는 작업을 포함합니다. 질량 정확도, 동위원소 존재비, 동위원소 간격 및 부가물 패턴을 사용하여 양성 검사를 시행하고, 머무름 시간 또한 자주 화합물 매칭에 중요한 요소로 고려합니다. 포괄적인 개별 화합물 데이터베이스 및 라이브러리(Personal Compound Database and Library, PCDL) 검색을 사용하여 가능성 있는 잔류 농약 목록을 밝혀낼 수 있습니다. 뿐만 아니라, 적당한 충돌 에너지로 조각화 한 뒤, 자동 또는 표적 MS/MS를 수행하여 잔류 농약을 추가로 확인할 수 있고 PCDL로 검색할 수 있습니다. 이는 QuEChERS 추출물과 같이 복잡한 매트릭스에서 잠재적인 위양성(false positive)을 배제하는 데 매우 중요합니다. MS/MS 정보의 식별 신뢰도는 매우 높습니다.

대부분의 농약은 다양한 식료품에 사용된 수백 가지의 화합물을 대상으로 하는 다성분 분석법으로 분석합니다. 따라서 신속하고 신뢰할 수 있는 분석법을 사용해야만 광범위한 식품 매트릭스에 존재하는 저농도의 농약을 식별할 수 있습니다. 잔류 농약의 식별 기준, 분석법 검증을 위한 요구사항, 그리고 정량을 위한 품질 관리 절차는 SANCO/12571/2013[3]과 같은 지침 문서에 규정되어 있습니다.

이 응용 자료에서는 식품 시료 내의 수백 가지 농약을 스크리닝하고 정량하기 위해 개발한 UHPLC/QTOF/MS 분석법을 소개합니다. 분석법은 Pesticide Comprehensive Test Mix(p/n 5190-0551)를 사용하여 개발하였습니다. Agilent 1290 Infinity UHPLC 시스템을 Agilent 6545 Q-TOF LC/MS 시스템과 결합하였으며, 수집은 양이온 모드에서 수행하였습니다. 6545 Q-TOF LC/MS 시스템에서의 일부 개선 사항으로 분석 성능이 더욱 향상되었습니다. 하드웨어 개선에는 다음과 같은 새로운 기능이 포함되어 있습니다.

- 고감도 또는 고분해능 모드로 작동하는 옵션이 포함된 Slicer 디자인
- 고분자량 성분의 질량 분해능을 향상시키는 고성능 고압(HV) 전원장치
- 사용 수명이 더욱 길어진 향상된 gain shifted 검출기

무엇보다 PSO(Particle Swarm Optimization) 기술을 상업적으로 처음 사용하여 질량 분석기를 최적화하였고, 그 결과 기기의 튜닝 과정이 4배 더 빨라지고 더욱 견고해졌습니다. 저분자의 이온 전송을 개선하여 100*m/z* 이하에 대한 질량 정확도가 향상되었습니다. 이전 세대의 Agilent 6540 Q-TOF LC/MS 시스템 대비 신호 감응이 4배 크게 증가하였습니다.

실험

시약 및 화학물질

모든 시약과 용매는 HPLC 또는 LC/MS 등급을 사용하였습니다. Acetonitrile과 methanol은 Honeywell(Morristown, NJ, USA) 제품입니다. 초순수는 LC-Pak Polisher 및 0.22µm POU (point-of-use) 멤브레인 필터 카트리지 (EMD Millipore, Billerica, MA, USA)가 장착된 Milli-Q Integral 시스템을 이용해 생성하였습니다. Formic acid는 Fluka(Sigma-Aldrich Corp., St. Louis, MO, USA)에서 구매했으며 ammonium formate 용액(5M)은 애질런트(p/n G1946--85021)에서 입수하였습니다. 농약 성분은 Agilent Pesticide Comprehensive Test Mix(p/n 5190-0551)에 포함되어 있습니다. QuEChERS 추출물 첨가와 검량 시료 제조를 위해 농약 표준 용액 (10ppm)을 사용하였습니다.

시료 전처리

유기농 홍차와 유기농 아보카도는 현지 식료품점에서 구매하였습니다. 시료는 공식 Citrate-buffered QuEChERS 프로토콜에 따라 Agilent BondElut QuEChERS 키트(p/n 5982-5650)[4]를 이용해 추출하였습니다. 균질화된 아보카도 10g과 홍차 2g을 50mL 폴리프로필렌 튜브에 넣고 acetonitrile 10mL를 추가해 1분간 강하게 흔들어 추출했습니다. 홍차 시료는 추출 2시간 전에 8mL의 초순수에 담가 두었습니다. 지질 제거기능이 포함된 분산 SPE (p/n 5982-5158)로 아보카도 추출 원액을 정제하였고, 홍차 추출 원액은 graphitized carbon black(GCB)(p/n 5982-5356H)으로 정제하였습니다. 최종 추출액을 6가지 농도(1, 5, 10, 20, 50 및 100ng/g)의 농약에 첨가 (spiking) 하였습니다. 매트릭스 보정된 표준물질을 주입 전에 제조하여 저농도에서 5회 반복 측정하였습니다.

장비 및 소프트웨어

분리 과정은 다음 구성으로 이루어진 Agilent 1290 Infinity UHPLC 시스템을 이용해 수행하였습니다.

- Agilent 1290 Infinity Binary 펌프(G4220A)
- Agilent 1290 Infinity 고성능 자동 시료 주입기(G4226A) 및 시료 냉각기(G1330B)
- Agilent 1290 Infinity 항온 컬럼 장치(G1316C)

UHPLC 시스템은 Agilent Jet Stream 전기분무 이중 이온화원이 장착된 Agilent 6545 Q-TOF LC/MS 시스템과 결합하였습니다. Agilent MassHunter Workstation 소프트웨어를 사용하여 데이터 수집(B.06.01, build 6.01.6145), 정성 분석(B.07.00, build 7.0.7024.0) 및 정량 분석(B.07.00, build 7.0.457.0)을 수행하였습니다.

분석법

1290 Infinity UHPLC 조건을 표 1에 요약하였습니다. 분석은 양이온 모드에서 수행하였으며, 최종 추출액 3µL를 주입하였습니다. 240 종의 농약 그룹을 대표하는 14종의 하위 세트를 통해 이온화원 파라미터를 최적화하였습니다. 6545 Q-TOF LC/MS 시스템 파라미터의 요약은 표 2에 정리하였습니다.

MassHunter Qualitative 및 Quantitative Analysis 소프트웨어를 이용하여 데이터를 평가하였으며, 2차 방정식, 가중치(1/x)를 사용하여 원점을 지나는 검량선을 작성하였습니다.

표 1. Agilent 1290 UHPLC 파라미터

파라미터	값
컬럼	Agilent ZORBAX Eclipse Plus C18 2.1 × 150mm, 1.8µm(p/n 959759-902)
컬럼 온도	45°C
주입량	3µL
주입기 온도	5°C
니들 세척	10초(80% MEOH/20% water)
이동상	이동상 A: Water, 5mM NH_4Formate + 0.1% Formic acid 이동상 B: MeOH, 5mM NH_4Formate + 0.1% Formic acid
유량	0.4mL/분
그레디언트 프로그램	시간 % B 0 5 1 5 4 50 17 100 20 100 20.1 5 정지 시간 22분 사후 시간 1분

표 2. Agilent 6545 Q-TOF LC/MS 시스템 파라미터

파라미터	값
모드	양이온, 4GHz 고분해능
튜닝	50~250*m/z*
건조 가스 온도	150°C
건조 가스 유량	10L/분
Sheath 가스 온도	375°C
Sheath 가스 유량	11L/분
분무기 압력	35psi
캐필러리 전압	3,500V
노즐 전압	200V
Fragmentor	125V
Skimmer	45V
Oct1 RF Vpp	750V
수집 질량 범위	100~1,000*m/z*(MS 전용)
수집 속도	3spectra/초
참조 이온 질량	121.050873, 922.009798

결과 및 토의

새로운 튜닝 알고리즘: Particle Swarm Optimization tune(SWARM tune)

새 무리(bird flock)의 사회 학습 행동을 시뮬레이션하는 인공 지능 최적화 알고리즘을 사용하여 특별한 기준으로 질량 분석기를 최적화하였습니다. 하나로 통일된 최적화를 생성하는 기존의 Autotune과 달리, SWARM tune은 응용 목적을 기반으로 사용자 정의 가능한 기기 최적화라는 새로운 장을 열었습니다. 이 알고리즘은 부서지기 쉬운(fragile) 저분자의 이온 전송을 사용자 선택으로 최적화할 수 있습니다 (예: 50~250*m/z*, 및 50~750*m/z*). 이 최적화는 하드웨어 성능 개선과 함께 저분자에 대한 신호 감응을 크게 향상시켰습니다. 게다가 acetonitrile-sodium 부가물을 추가적인 검량 물질로 사용하여 Fragile Ions 튜닝 조건 하에서 50~100*m/z* 범위 내의 질량 정확도를 향상시킬 수 있습니다. 6545 Q-TOF LC/MS 시스템은 감도 및 질량 정확도가 향상된 것 외에도 튜닝 및 검량 속도가 상당히 빨라졌습니다. 기존 6540 Q-TOF LC/MS 시스템의 Autotune과 비교하였을 때 시스템 튜닝 시간이 4배 단축되었습니다. 새로운 알고리즘과 방법론을 통해 시스템을 양극성에서 TOF 및 Quad에 대해 동시에 튜닝합니다.

그림 1은 튜닝 항목의 새로운 사용자 인터페이스를 보여줍니다.

Agilent 6545 Q-TOF LC/MS 시스템 성능

6545 Q-TOF LC/MS 시스템은 하드웨어와 이온 전송 튜닝에서의 변화를 통해 기존 6540 Q-TOF LC/MS 시스템 대비 약 4배의 신호 감응의 향상을 나타냅니다(고분해능 Slicer position 선택 시). 그림 2는 6540 Q-TOF LC/MS 시스템 및 6545 Q-TOF LC/MS 시스템에서의 thiabendazole 10ppb에 대한 크로마토그램 오버레이를 나타냅니다. Thiabendazole의 분자량은 201.3이며 50~250*m/z* 범위에 최적화된 이온 전송으로 신호 감응이 더욱 향상되었습니다. Thiabendazole 외에 이번 소규모 연구에서 사용된 13종의 농약 또한 유사한 (감응)향상 추세를 보였습니다.

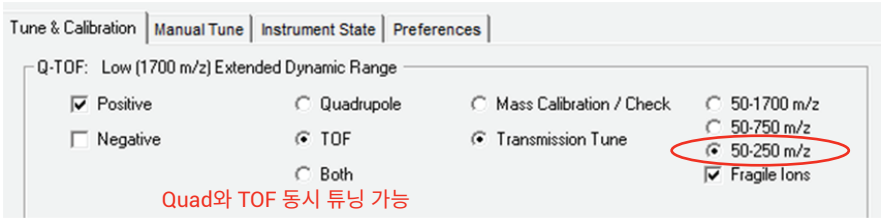

그림 1. 튜닝 항목의 사용자 인터페이스: SWARM tune을 실행하고 응용 목적을 기반으로 이온 전송의 최적 조건을 정의

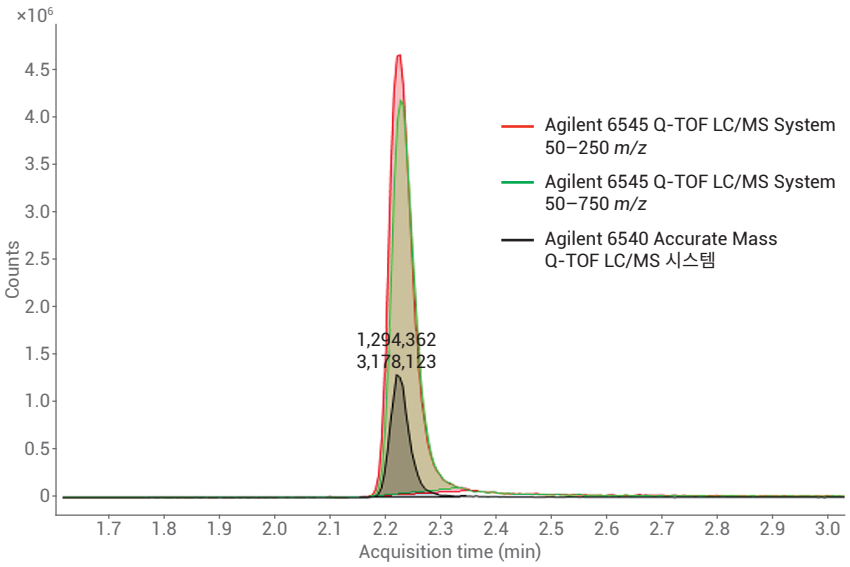

그림 2. Agilent 6540 Q-TOF LC/MS 시스템 및 Agilent 6545 Q-TOF LC/MS 시스템에서의 acetonitrile 내 10ppb thiabendazol 신호 감응에 대한 예시 크로마토그램. 50~250*m/z*에서 최적화된 이온 전송이 50~750*m/z*에서의 최적화된 이온 전송 대비 202.3*m/z*의 분석 물질에 대한 향상을 나타냄

10ng/g의 농도로 첨가된 홍차와 아보카도 매트릭스 내 240종의 농약에 대해서도 유사한 향상을 확인하였습니다 (이 농도는 홍차와 아보카도에 대해 각각 2ppb와 10ppb에 해당됨). 이 수준에서 검출할 수 있는 화합물에 대하여 각 기기에서 5회 반복 측정한 평균값으로 비율을 계산하였으며, 해당 막대그래프를 그림 3에 나타내었습니다. 6540 Q-TOF LC/MS 시스템 대비 감도가 향상된 6545 Q-TOF LC/MS 시스템으로 더 많은 화합물을 식별할 수 있었습니다. 홍차 매트릭스에 첨가된 alanycarb 10ng/g의 예가 그림 4에 나와 있습니다. 이것은 6540 Q-TOF LC/MS 시스템에서 검출되지 않았습니다. 위의 결과는 6545의 고분해능 Slicer position을 사용하여 얻어진 것으로서, 고감도 Slicer position 선택 시 신호 감응을 2배 더 향상시킬 수 있을 것으로 예상됩니다.

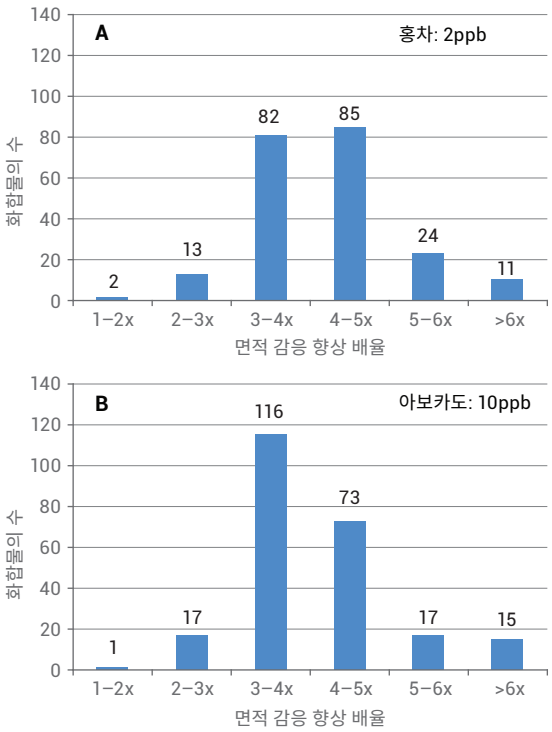

그림 3. 홍차 및 아보카도 매트릭스 내 240여종 농약의 신호 감응 향상. Agilent 6545 Q-TOF LC/MS 시스템/Agilent 6540 Q-TOF LC/MS 시스템의 면적 감응비는 각 분석 물질에 대한 5회 반복 측정의 평균으로부터 구함. 고감도 Slicer position 사용시 신호 감응의 2배 향상이 예상됨

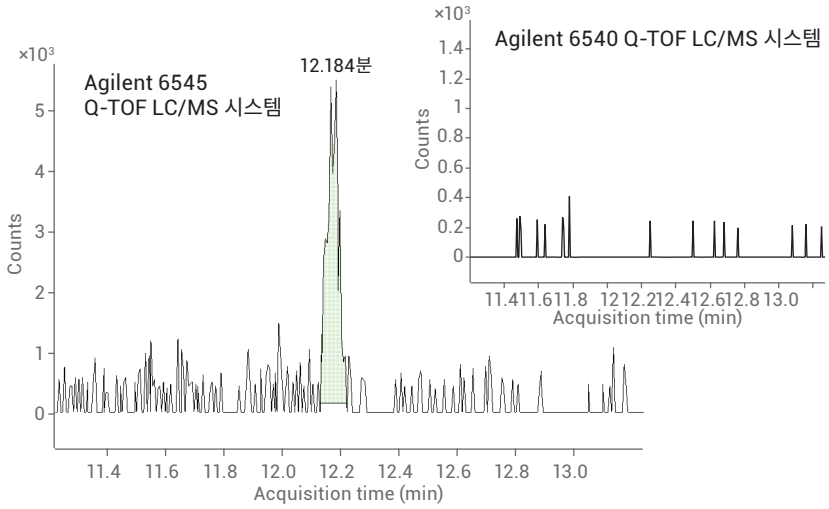

그림 4. 검출 경계에 있는 분석 물질 검출에 도움이 되는 Agilent 6545 Q-TOF LC/MS 시스템의 감도 향상. Alanycarb(10ng/g 수준, 홍차 매트릭스 내)은 Agilent 6540 Q-TOF LC/MS 시스템에서 검출할 수 없었던 반면, Agilent 6545 Q-TOF LC/MS 시스템 사용시 검출할 수 있었음

Find by Formula(FbF)를 사용한 화합물 식별

Agilent Pesticide PCDL(G3878-60003 MassHunter Personal Pesticide Library)을 사용하여 첨가된 농약을 모두 포함하는 PCDL을 생성하였습니다. 매트릭스 내 분석물질은 PCDL을 사용하여 FbF 검색하였고 FbF 알고리즘의 일부 파라미터 설정은 표 3에 기재되어 있습니다. Accurate mass 데이터베이스 내 표적 화합물의 예상 이온 종에 대한 추출 이온 크로마토그램(EIC)을 소프트웨어가 자동으로 생성합니다. 피크 스펙트럼을 추출하여 측정한 결과를 산출 결과와 비교하여 질량 정확도, 동위원소 존재비, 동위원소 간격에 기반한 매칭 스코어를 생성하였습니다[5].

하나의 예로, 그림 5는 홍차 매트릭스 내에 10ng/g 수준으로 첨가된 methidathion의 크로마토그램과 피크 스펙트럼을 보여주며, 이는 2ppb에 해당합니다. 매우 복잡한 매트릭스 중 하나에서 이렇게 낮은 농도를 뛰어난 신호대 잡음비(S/N)로 얻을 수 있었습니다. 매트릭스에서 400~500배에 이르는 바탕 이온과 동시 용리되는 상황에서도 양성자 부가물과 ammonium 부가물의 뛰어난 매칭 스코어를 얻을 수 있습니다. 그 결과, H^+ 부가물의 전체 점수는 100점 만점에 99.66점(질량 정확도 99.81점, 동위원소 존재비 99.74점, 동위원소 간격 99.26점)이며, ammonium 부가물의 전체 점수는 100점 만점에 97.36점(질량 정확도 99.29점, 동위원소 존재비 94점, 동위원소 간격 97.52점)이었습니다. 주요 이온 종의 질량 오차는 일반적으로 작으며 분석 물질의 매칭 스코어는 대부분 100점 만점에서 90점 이상입니다.

표 3. FbF(Find by Formula) 데이터 마이닝의 파라미터 설정

파라미터	값
추출 데이터 파일	크로마토그래피 및 스펙트럼 추출을 위한 프로파일
전하 상태	1
동위원소 모델	일반 유기 분자
PCDL	G3878CA의 하위 집합
부가물	$[M+H]^+$, $[M+NH_4]^+$, $[M+Na]^+$
질량 허용 오차	6ppm
머무름 시간 구간	0.5분
질량 정확성 가중치	100
동위원소 존재비 가중치	60
동위원소 간격 가중치	50

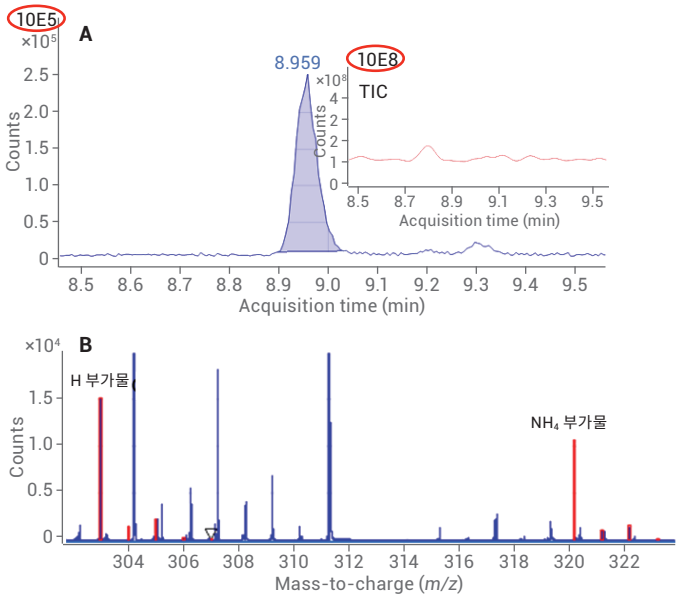

그림 5. Methidathion의 FbF 알고리즘에 의한 화합물 크로마토그래피와 피크 스펙트럼(10ng/g 홍차 QuEChERS 추출액에 첨가). 400~500배의 바탕 이온 동시 용리 환경에서도 높은 신뢰도의 화합물 식별 가능

MS 영역 데이터를 사용하여 첨가된 농약의 정량 정보를 얻을 수 있습니다. 정량 분석법에 가장 적합한 이온은 순수 용매에 제조한 20ppb 농약을 사용하여 MassHunter Qualitative Analysis 소프트웨어에서 추출한 화합물 결과로부터 도출하였습니다. 이 결과를 Compound Exchange File(.cef) 형식으로 내보내기 하여 정량 분석에 사용하였습니다. 정량 이온(quantifier)과 검증 이온(qualifier)은 상대 존재비를 바탕으로 관측된 부가물 종 및 동위원소 신호로부터 자동으로 선택됩니다. 아보카도 매트릭스에서는 10ng/g 첨가 농도에서 propagite를 제외한 모든 농약을 검출할 수 있었습니다. Propagite의 경우 순수 용매에 의한 고농도 주입에서도 검출되지 못한 것으로 보아, 아마도 변성 때문인 것으로 보입니다. 홍차 매트릭스의 경우에는 5배 낮은 농도와 극심한 매트릭스 효과로 인해 10ng/g에서 20종의 화합물을 검출하지 못했습니다. 하지만 6545 Q-TOF LC/MS 시스템의 향상된 감도를 통해 홍차 매트릭스 내 1ng/g의 첨가 수준에서(0.2ppb에 해당) 여전히 분석 물질의 70%까지 검출하였습니다. 다른 첨가 농도에서 검출된 화합물의 수는 그림 6에서 확인할 수 있습니다.

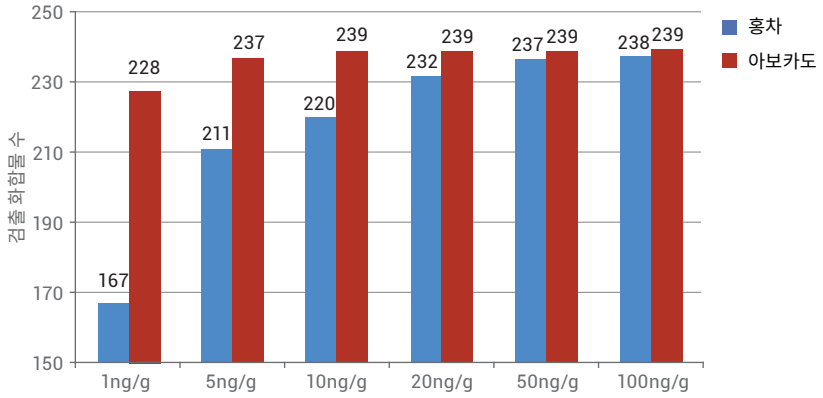

그림 6. 홍차 및 아보카도 매트릭스의 각 첨가 농도에서 검출된 화합물 수. Agilent 6545 Q-TOF LC/MS 시스템의 감도 향상으로 더 많은 화합물이 검출됨

표적 MS/MS을 사용한 정량 및 확인

표적 MS/MS는 분석 물질 정량뿐만 아니라 조각화 패턴을 데이터베이스 및 라이브러리와 비교하여 구조를 확인하기 위한 데이터 수집에서도 중요한 기능입니다. 수집 방법을 설정하려면 특정 이온 종의 머무름 시간을 알아야 합니다. 머무름 시간은 Agilent MassHunter Qualitative Analysis 소프트웨어에서 추출할 수 있는 MS 영역 데이터에서 검색하였습니다. 머무름 시간 구간 (delta RT, RT window)은 1분으로 설정하였습니다. 참조 이온은 MS/MS 스펙트럼에서 제외하였습니다. MS의 수집 속도는 15spectra/초였고 MS/MS 수집 속도는 12spectra/초였습니다. 충돌 에너지는 표적 이온의 분자량에 따라 4 + 6 × 질량/100의 선형 회귀로 설정하였습니다. 결과적으로 ± 20eV의 충돌 에너지에 대한 검색 필터를 적용하여 유사한 충돌 에너지의 라이브러리 항목과 측정된 스펙트럼을 비교하는 데 집중하였습니다. 홍차 매트릭스는 역매칭을 사용하여 MRL 또는 그 이하에서 대부분의 화합물을 확인하고 정량 하였습니다. MS 영역에서 검출된 대부분의 화합물은 표적 MS/MS로 검출할 수 있었습니다.

그림 7은 10ng/g의 첨가 수준일 때 홍차 매트릭스 내 metobromuron(위)과 아보카도 매트릭스 내 dimethoate (아래)의 검량선과 라이브러리 매치를 보여줍니다. 매트릭스 존재 하에서 측정된 MS/MS 스펙트럼은 상대적으로 높은 농도의 순수 용매에서 얻어진 라이브러리 스펙트럼보다 종종 잡음이 많을 수도 있습니다. MassHunter Quantitative Analysis에서 사용자는 PCDL로 레퍼런스 라이브러리를 설정하거나 Compound Exchange File을 통해 동일한 LC/MS 조건에서 순수 용매의 표준 물질을 사용할 수 있습니다.

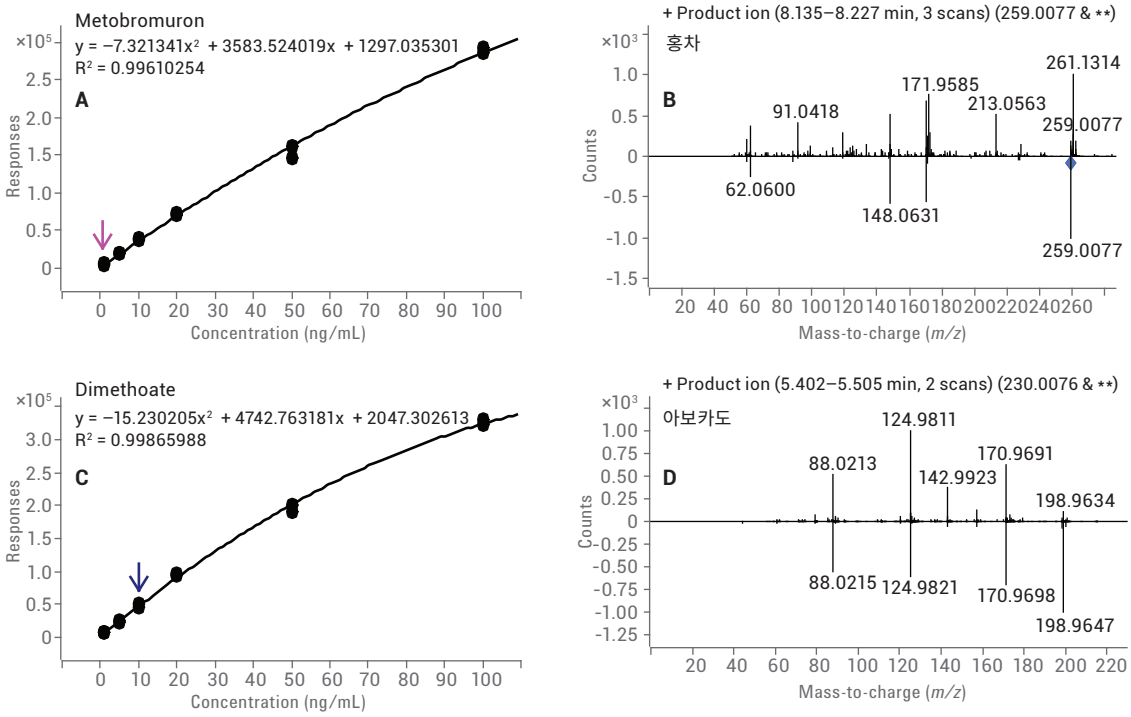

그림 7. 농약의 정량 뿐만 아니라 조각의 PCDL 스펙트럼 비교에 의한 구조 확인에 사용할 수 있는 표적 MS/MS 분석. MS 영역에서 검출된 대부분의 화합물을 표적 MS/MS로 정량할 수 있었음. 홍차에 첨가된 10ng/g의 metobromuron(위)와 아보카도에 첨가된 10ng/g의 dimethoate(아래) 예

자동 MS/MS를 이용한 구조 확인

자동 MS/MS 기능은 비표적 분석에 자주 사용됩니다. 농약 스크리닝에서, 홍차와 아보카도 같은 복잡한 매트릭스의 위양성(false positive)을 제거하기 위해서는 추가적인 구조 확인이 필요합니다. 이것은 측정된 MS/MS 스펙트럼을 라이브러리 스펙트럼과 비교하여 확인할 수 있습니다. 자동 MS/MS 분석법을 설정할 때에는 주의가 필요합니다. 때때로 매트릭스 간섭을 극복하고 의미 있는 MS/MS 스펙트럼을 얻기 위해 우선하는 이온 목록이 필요합니다. 이온 종 및 관련 머무름 시간은 MS 영역 데이터의 MassHunter Qualitative Analysis에서 가져올 수 있습니다. 표적 MS/MS 대비 자동 MS/MS의 장점은 시료에 존재하는 더 많은 분석 물질을 라이브러리에 업데이트해야 할 때 소급하여 데이터 마이닝을 수행할 수 있다는 것입니다. 더 많은 범위의 화합물을 포함하기 위해 수집은 일반적으로 2~3주기로만 지속되기 때문에, 자동 MS/MS에서는 분석물질 정량을 권장하지 않습니다. 첨가 농도 10ng/g에서 홍차 내 chlorfevinphos (II)와 아보카도 내 diethofencarb의 구조 확인에 대한 예가 그림 8에 나와 있습니다.

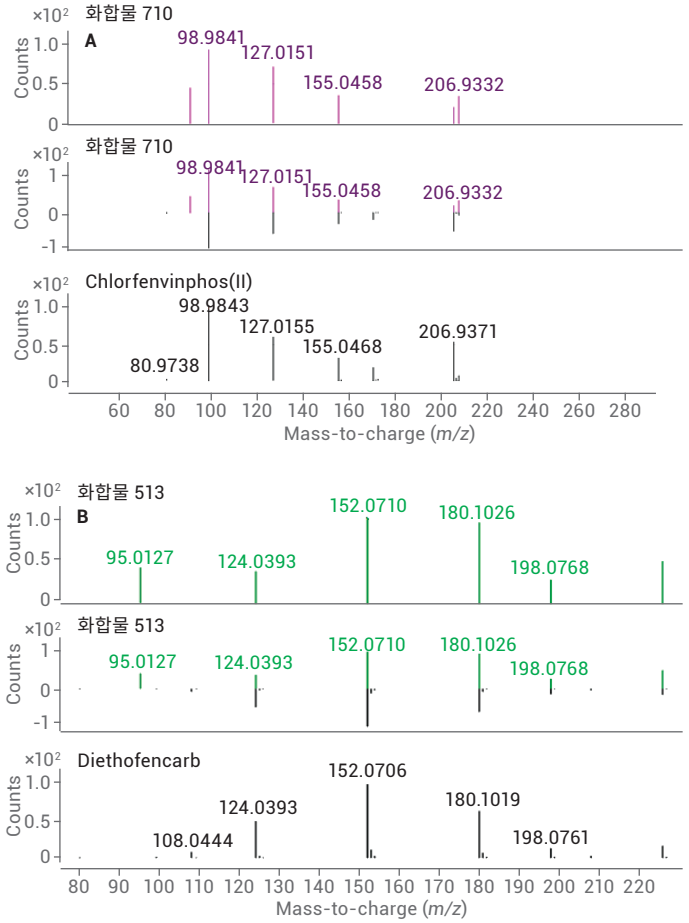

그림 8. 측정된 스펙트럼과 라이브러리 스펙트럼 비교에 의해 구조 확인에 유용하게 사용할 수 있는 자동 MS/MS. 홍차(A) 내 10ng/g의 chlorfevinphos(II)와 아보카도(B) 내 10ng/g의 diethofencarb의 예

결론

Agilent 6545 Q-TOF LC/MS 시스템은 부서지기 쉬운(fragile) 유기 분자에 대한 감도와 이온 전송 튜닝 기능의 향상을 위해 애질런트 응용 시장 제품군에 새롭게 추가된 유용한 시스템입니다. 복잡한 매트릭스에서 MRL 이하로 대부분의 농약 및 농약 대사체를 확실하게 검출할 수 있음을 증명하였습니다. 또한 이 분석법은 더 많은 분석 물질을 스크리닝하고 정량하기 위해 쉽게 확장할 수 있습니다. 이는 실험실에서 시험 범위를 확대하고 처리량을 높일 수 있는 가능성을 제공합니다. 포괄적인 시약 키트부터 UHPLC/MS, PCDL, MassHunter Qualitative/Quantitative Analysis 소프트웨어에 이르는 Agilent total solution은 사용자가 분석법을 개발하고 밸리데이션할 수 있도록 도와줍니다.

참고문헌

1. Regulation (EC) No 396/2005 of the European Parliament and of the Council of 23 February 2005 on maximum residue levels of pesticides in or on food and feed of plant and animal origin (including amendments as of 18 March 2008) and complying with regulation (EC) 1107/2009.
2. US Regulation 40 CRF part 180 Tolerance Information for Pesticide Chemicals in Food and Feed Commodities.
3. Guidance document on analytical quality control and validation procedures for pesticide residues analysis in food and feed. Document N° SANCO/12571/2013. Implemented by 01/01/2014. http://www.eurl-pesticides.eu/library/docs/allcrl/AqcGuidance_Sanco_2013_12571.pdf
4. Zhao, L; Stevens, J. Analysis of Pesticides Residues in Spinach Using Agilent SampliQ QuEChERS lit by LC/MS/MS Detection, *Agilent Technologies Application Note*, publication number 5990-4248EN, **2012**.
5. Kempe, G; Spitzbarth, F; Glauner, T. Development and Application of an Exact Mass LC/MS/MS Library for the Accurate Mass Screening and Quantitation of Pesticides in Fruits and Vegetables, *Agilent Technologies Application Note*, publication number 5991-2227EN, **2013**.

www.agilent.com/chem

이 정보는 사전 고지 없이 변경될 수 있습니다.

© Agilent Technologies, Inc. 2015

2015년 1월 23일, 한국에서 발행
5991-5485KO

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

Agilent Technologies