Agilent J&W DB-35ms Ultra Inert 및 DB-XLB 컬럼과 GC/μECD를 이용한 수중 염소계 농약 및 제초제의 수 μg/L 수준 분석

응용 자료

환경

저자

Doris Smith, Ken Lynam
Agilent Technologies, Inc.
2850 Centerville Road
Wilmington, DE 19808

개요

수중 염소계 농약 및 제초제 시료는 Agilent SPEC C18AR 액체-고체 추출(LSE) 디스크를 이용하여 성공적으로 추출하였습니다. Agilent J&W DB-35ms Ultra Inert (UI) 주 분석 컬럼 및 DB-XLB 확인 분석 컬럼을 사용하는 이중 컬럼 GC/μECD 접근법으로 분석을 수행하였습니다. 본 접근법은 규정된 최대 오염 수준 이하 농도의 염소계 화합물에 대해 일관되고 높은 감도의 분석을 제공하였습니다. 분석법은 예상되는 분석물질 추출 농도 수준인 1~100 ng/mL 범위에서 검량하였습니다. 본 응용 분석의 유효성을 입증하기 위해 0.01μg/L 수준으로 첨가된 물 시료와 수돗물 시료를 추출하여 분석하였습니다.

서론

농약 및 제초제는 농업 및 거주 환경에서 광범위하게 사용됩니다. 잔류 농약은 주위 환경의 많은 지하 및 지표수에서 발견됩니다. 이러한 잔류 농약은 농약 살포를 통해 상수원으로 유입되며 토양을 통해 지하수로 침출됩니다. 농약은 건강과 환경에 심각한 영향을 미칠 수 있기 때문에 오염된 식수를 통한 노출에 우려의 목소리가 높습니다. 장기간 노출로 인한 잠재적 건강상 위험으로는 간 질환 및 암 유발 위험 증가가 있으며 최근 연구 결과에서는 내분비 교란에 대한 우려가 깊어지고 있습니다[1,2]. 유럽 연합(EU) 및 미 환경 보호국(EPA)은 먹는 물에 허용되는 최대 농약 수준에 대한 규정을 마련했습니다[2,3,4].

Agilent Technologies

컬럼 및 라이너의 불활성은 지속적으로 신뢰성 높은 분석 결과를 도출하는 데 있어 매우 중요한 요소이며, 특히 주입구 또는 컬럼 내 활성 부위와 상호작용하기 쉬운 endrin 및 DDT와 같은 까다로운 농약 분석의 경우에는 더욱 그러합니다[5,6]. 유동 경로 활성 최소화는 현 규정에서 요구되는 극미량 수준의 정확한 검출에 있어 필수적입니다. 본 응용 자료에서는 비활성 시료 유동 경로 확보에 도움이 되도록 Agilent Ultra Inert 컬럼 및 라이너를 모두 사용하였습니다.

염소계 농약의 정량 분석은 이중 컬럼 접근법을 사용한 GC/μECD에 의해 이루어졌습니다. 주 분석에는 Agilent J&W DB-35ms Ultra Inert GC 컬럼을 사용하였으며, 확인 분석에는 주 분석 컬럼보다 극성 고정상이 적은 Agilent J&W DB-XLB 컬럼을 사용하여 분석물질을 식별하였습니다.

DB-35ms UI 컬럼은 염소계 농약에 대해 탁월한 선택성을 제공해, EPA 508.1 분석법 대상인 37가지 농약 및 제초제 모두를 효과적으로 분리하였습니다[7]. EPA 508.1 분석법은 내부 표준물질로 pentachloronitrobenzene을, 대체 표준물질(surrogate)로 4,4'-dibromobiphenyl을 권장합니다. 이들 두 화합물은 표적 분석물질과 동시용리 되기 때문에, 본 응용에서는 농약과 잘 분리되며 CLP 농약 분석에 일반적으로 사용되는 두 가지 대체 표준물질인 tetrachloro-m-xylene (TCMX) 및 decachlorobiphenyl로 수정하였습니다.

검량선 작성에 사용되는 표준물질의 제조는 시간이 많이 걸리고 많은 자원이 필요합니다. 수동 시료 제조 또한 오류를 유발할 수 있으며, 결과적으로 재현성과 정밀도를 저하시킵니다. Agilent 7696A Sample Prep WorkBench는 대부분의 시료 제조 작업을 자동화할 수 있으며, 용매 사용 및 분석 시간을 상당히 줄여줍니다. Agilent 7696A WorkBench는 높은 정밀도 및 재현성을 제공하여, 여러 시료 제조 응용에서 가변성 오류를 감소시킵니다[8,9,10].

염소계 농약 및 제초제는 액체-고체 추출을 사용해 물에서 추출하였습니다. 표적 분석물질은 극미량으로 존재할 수 있기 때문에, 검출 가능한 수준의 농약을 추출하기 위해서는 대량의 시료가 필요합니다. 현 분석법 절차는 1L 시료량을 사용하며, 일반적인 카트리지 추출을 사용해 추출하기 위해서는 많은 시간이 소요될 수 있습니다. Agilent SPEC C18AR 47mm LSE 디스크는 표적 분석물질을 효과적으로 머무르게 하여 더욱 신속한 시료 추출이 가능합니다.

실험

본 연구에서는 이중 μECD 검출 기능이 장착된 Agilent 7890A 시리즈 GC 및 Agilent 7683B 자동 시료 주입기를 사용하였습니다. 비활성 티는 폐수를 1:1(주 분석 컬럼 대 확인용 컬럼)로 분할합니다. 표1은 이 분석에서 사용한 크로마토그래피 조건입니다. 표 2는 유동 경로 소모품 목록, 표 3은 시료 제조 소모품 목록입니다.

표 1. 크로마토그래피 조건

컬럼 1	Agilent DB-35ms UI 30m × 0.32mm, 0.25 μm (p/n 123-3832UI)
컬럼 2	Agilent DB-XLB 30m × 0.32mm, 0.5μm (p/n 123-1236)
GC/μECD	Agilent 7890 시리즈 GC
시료 주입기	Agilent 7683 자동 시료 주입기, 5.0 μL tapered 시린지 (p/n 5181-1273)
CFT 장치	비활성 티 (p/n G3184-60065)
분할비	1:1
머무름 간격	5m × 0.32mm id 비활성 용융 실리카 튜브
주입구	2μL 비분할; 250°C,
퍼지 유속	0.5분에서 60mL/분
운반 가스	헬륨, 80°C에서 평균 속도 35cm/초
오븐	80°C (0.5분), 26°C/분으로 175°C까지 승온, 6.5°C/분으로 235°C까지 승온, 15°C/분으로 300°C까지 승온(6분간 유지)
μECD	340°C, 일정 컬럼 + 보충 (N_2) = 30mL/분

표 2. 유동 경로 소모품

바이알 및 캡	MS certified amber crimp top glass vials and caps kit (p/n 5190-2283)
바이알 인서트	250 μL glass/polymer feet (p/n 5181-8872)
시린지	5μL tapered (p/n 5181-1273)
셉텀	Advanced Green (p/n 5183-4759)
주입구 라이너	Ultra Inert single tapered liner (p/n 5190-2292)
페롤	0.5 mm id short; 85/15 Vespel/graphite (p/n 5062-3514)
CFT 피팅	Internal nut (p/n G2855-20530)
CFT 페롤	SilTite ferrules, 0.32 mm id (p/n 5188-5362)
20x magnifier	20× magnifier loop (p/n 430-1020)

표 3. 시료 제조 소모품

SPEC 디스크	Agilent SPEC C18AR 47mm (p/n A74819)
SPEC 매니폴드 시스템	SPEC 6-position manifold (p/n A712) SPEC disk holders (p/n A713) SPEC 1 L flasks (p/n A714)

시약 및 화학 물질

모든 시약과 용매는 ACS 또는 Ultra Resi 등급이었습니다. Ethyl acetate (EtOAc), methanol (MeOH), methylene chloride ($MeCl_2$)는 JT Baker 제품으로 VWR International (West Chester, PA)을 통해 구입하였습니다. Hydrochloric acid (HCl) 및 sodium sulfite (Na_2SO_3)는 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO)에서 구입하였습니다. EPA 508.1 분석물질 및 대체 표준물질은 Ultra Scientific (North Kingstown, RI, USA)에서 구입하였습니다.

용액 및 표준물질

수용성 sodium sulfite 용액은 50mg/mL 농도로 준비하였습니다. 이 용액은 잔류 염소를 감소시키기 위해 수집 과정에서 시료에 추가되었습니다. 1:1 EtOAc:$MeCl_2$ 용액은 각 용매를 동일하게 혼합하여 제조하였습니다.

6N HCl 용액은 약 22mL 물을 담은 50mL 용적 플라스크(수조 냉각기에 담금)에 염산 25mL를 적가하여 제조하였습니다. 이 용액을 실온에 이르도록 한 뒤, 물로 희석하여 잘 혼합하였습니다.

분석물질의 1차 희석 표준물질은 시판 농약 원액을 ethyl acetate로 희석해 1µg/mL 농도의 분석물질이 되도록 제조하였습니다. 이 용액은 분석법 수행 시 시약 물 시료에 첨가하는 데 사용되었습니다. 대체 표준물질은 ethyl acetate에 1µg/mL 농도로 제조한 후 추출 전 물 시료에 추가하였습니다.

Agilent 7696A Sample Prep WorkBench에서 순수 분석물질과 대체 표준물질을 이용하여 ethyl acetate 용액에서 농도 범위가 1~100ng/mL인 검량 표준물질을 제조하였습니다.

시료 제조

Agilent SPEC C18AR 47mm 고체-액체 추출 디스크를 사용해 1L의 물 시료를 추출하였으며, 추출물은 건조 및 농축한 후 GC 분석하였습니다. 그림 1은 LSE 시료 추출 절차를 보여줍니다.

1L의 물 분취액을 수집한 후 50mg/mL 수용성 Na_2SO_3 1mL를 추가하여 모든 잔류 염소를 전환하였습니다. 시료의 pH는 6 N 염산을 이용하여 pH ~ 2로 조정하였습니다. 분석물질 농도가 0.01µg/L인 품질 관리 시료를 제조하기 위해 QC 시료에 적절한 양의 스파이킹 용액을 첨가하였습니다.

진공 매니폴드 시스템 조립 후 SPEC 디스크의 주름면을 위로 해 필터 위에 놓았습니다. 1:1 EtOAc:$MeCl_2$ 의 5mL분취액을 추가하여 디스크를 1분간 적신 후 진공 상태에서 천천히 통과시켰습니다. 다음으로 MeOH 5 mL를 디스크에 추가하고 또 다시 천천히 통과시켜 디스크 표면에 층을 남겨 디스크가 건조해지지 않도록 하였습니다. 그 다음 디스크를 시약 물 5mL로 헹구고 진공 상태에서 통과시킨 다음 다시 디스크 표면에 층을 남겼습니다.

MeOH 5mL를 1L 물 시료에 추가하여 잘 혼합하였습니다. 적정량의 대체 표준물질 스파이킹 용액을 첨가한 후 시료를 흔들어 주었습니다. 물 시료는 약 75~100mL/분의 속도로 추출 디스크를 통과하였습니다. 그 다음 디스크에 공기를 약 10분간 통과시켜 건조하였습니다.

여과 유리 실험기구를 제거하고 수집 튜브를 포함한 플라스크로 대체하고, 튜브가 유리 드립 팁 둘레에 맞도록 합니다. 이로써 여과 장치가 재조립되었습니다. 1회용 피펫을 사용해 디스크로 옮겨진 시료병을 EtOAc 5mL로 헹궜습니다. 용매는 진공 상태에서 아주 천천히 통과시켰습니다. 병을 헹구는 이 단계를 $MeCl_2$ 5mL로 반복하였습니다. 1회용 유리 피펫을 사용하여 1:1 EtOAc:$MeCl_2$ 3mL 로 두 번 여과 저장 용기를 헹구었습니다.

무수 sodium sulfate 5~7g이 있는 유리 건조 튜브에 용리액을 통과시켰습니다. 건조 튜브는 1:1 EtOAc:$MeCl_2$3mL로 두 번 헹궜습니다. 추출물 및 세척물을 농축기 튜브에 수집하여 Labconco CentriVap 원심분리 농축기(78100 시리즈)를 사용해 약 0.8mL로 농축하였습니다. 튜브 내벽은 농축 과정에서 EtOAc로 2~3회 헹궈냈습니다. 최종 추출량은 EtOAc와 함께 1.0mL로 조정하였으며 GC 분석을 위해 자동 시료 주입기 바이알로 옮겨졌습니다.

시료 추출 절차

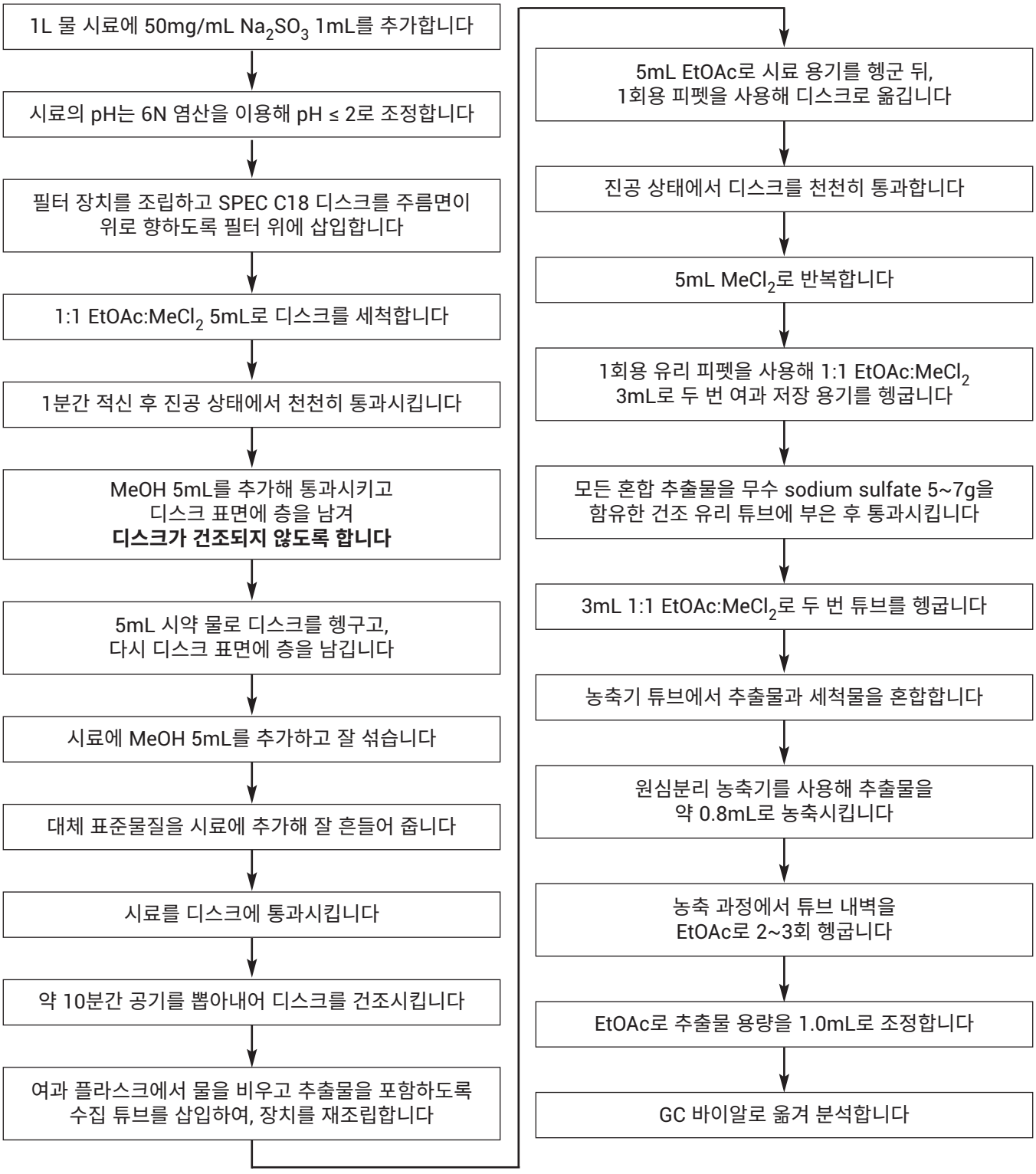

그림 1. 물 속 염소계 농약의 추출 순서도

결과 및 토의

37개의 표적 염소계 농약 및 제초제는 Agilent J&W DB-35ms UI 주 분석 컬럼 및 Agilent J&W DB-XLB 확인 컬럼에서 23분 내에 분리되었습니다. 그림 2는 ethyl acetate로 제조한 50ng/mL 표준물질의 이중 컬럼 GC/μECD 크로마토그램을 나타냅니다. 그림 3 크로마토그래프의 확대된 부분은 DB-35ms UI 컬럼에서 분석된 10ng/mL EPA 508.1 표준물질의 탁월한 피크 감응 및 분리를 보여줍니다. 그림 4는 DB-XLB 컬럼의 분리 및 선택성 차이를 나타내며, 확인 컬럼으로서의 이점을 입증합니다.

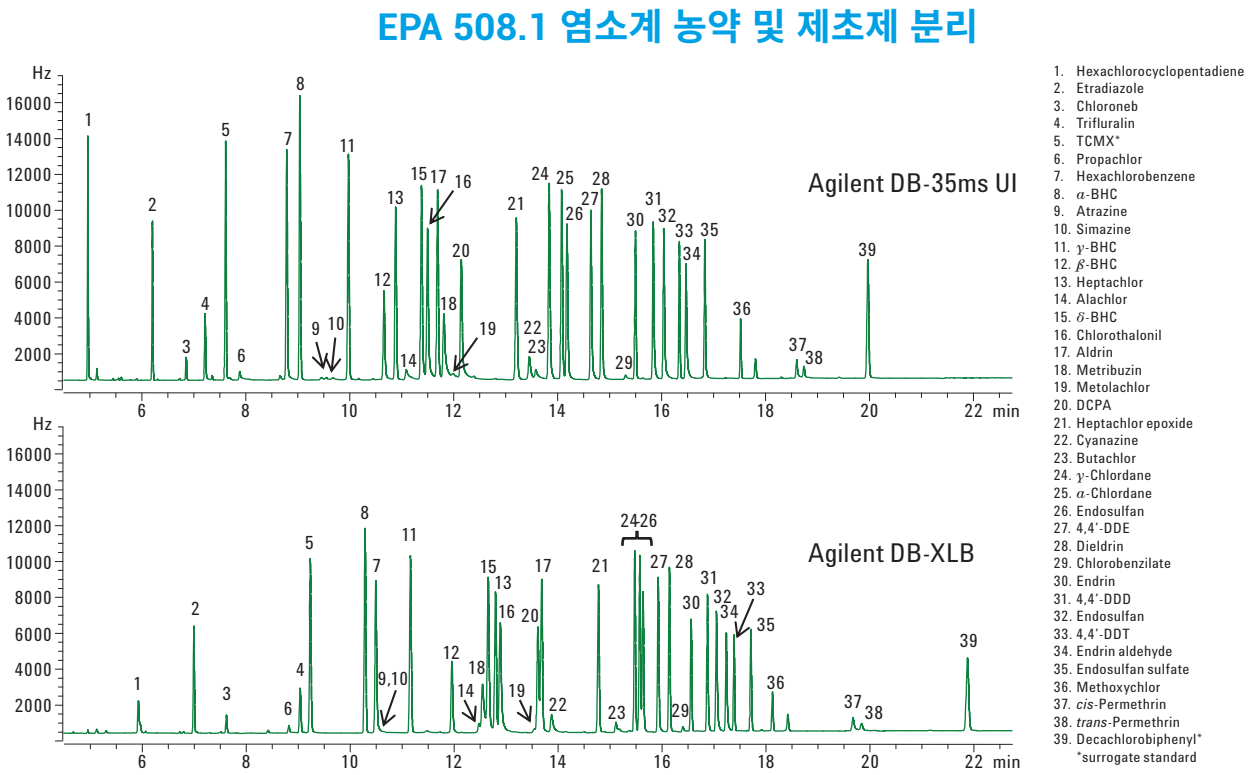

그림 2. 50ng/mL 농약 표준물질의 GC/μECD 크로마토그램. Agilent J&W DB-35ms UI 30m × 0.32mm, 0.25 µm 컬럼 (p/n 123-3832UI) 및 DB-XLB 30m × 0.32mm, 0.5µm 컬럼(p/n 123-1236) 분석. 표준물질은 Agilent 7696A Sample Prep WorkBench를 사용해 ethyl acetate로 제조하였습니다. 크로마토그래피 조건은 표 1과 같습니다.

Agilent DB-35ms UI 컬럼에서 EPA 508.1에 따른 미량의 농약 피크 모양 및 분리능

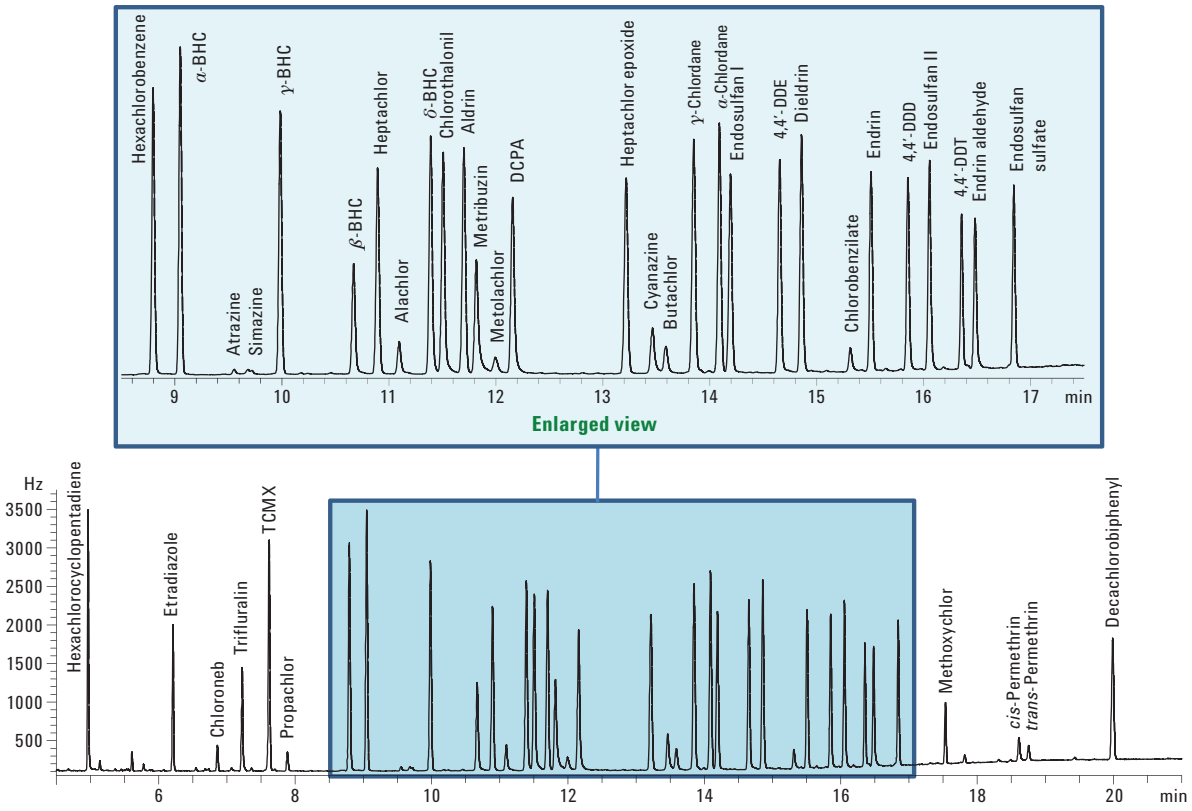

그림 3. 10g/mL 염소계 농약 표준물질의 GC/μECD 크로마토그램 의 부분 확대. Agilent J&W DB-35ms UI 30m x 0.32mm, 0.25μm 컬럼 분석. 크로마토그래피 조건은 표 1과 같습니다.

Agilent DB-XLB 컬럼에서 EPA 508.1에 따른 미량의 농약 피크 모양 및 분리능

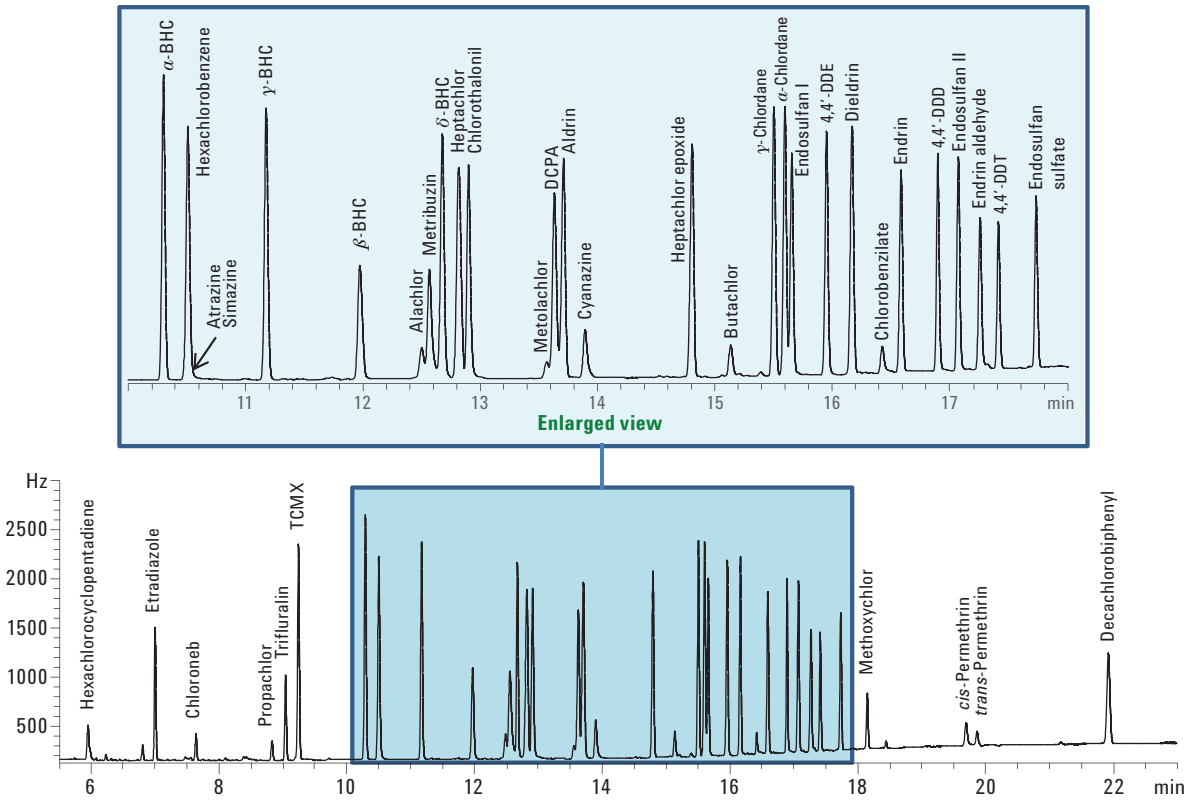

그림 4. 10ng/mL 염소계 농약 표준물질의 GC/μECD 크로마토그램 의 부분 확대. Agilent J&W DB-XLB 30m x 0.32mm, 0.5μm 컬럼 분석. 크로마토그래피 조건은 표 1과 같습니다.

분석법의 직선성 테스트를 위해 7개 포인트의 검량선을 작성하였습니다. 검량선의 상관 계수(R^2)로 정의되는 직선성은 가스 크로마토그래피 컬럼의 성능을 평가하는 데 사용될 수 있습니다. 7 개 포인트 검량 용액은 시판 ethyl acetate에 표준물질을 적절히 희석하여 제조하였습니다. Agilent 7696A Sample Prep WorkBench를 사용하여 1, 2.5, 5, 10, 25, 50 및 100ng/mL의 검량선 표준물질을 제조하였습니다.

비선형 감응은 화합물이 주입구 또는 컬럼 내에서 분해되거나 흡수되었음을 의미할 수 있습니다. Agilent DB-35ms UI 및 Agilent DB-XLB 컬럼의 성능은 본 연구 검량 범위에서 상관 계수(R^2) 값 ≥ 0.993이었습니다. 개별 농약 분석물질 값은 표 4에 나와 있습니다.

표 4. EPA 508.1 염소계 농약 검량 표준물질의 상관 계수(R^2), GC/μECD 분석

직선성 결과

분석물질	R^2 값 Agilent DB-35ms UI	R^2 값 DB-XLB
Hexachlorocyclopentadiene	0.9996	0.9930
Etradiazole	0.9982	1.0000
Chloroneb	0.9982	0.9981
Trifluralin	0.9976	0.9976
TCMX (ss)	0.9997	0.9997
Propachlor	0.9996	0.9986
Hexachlorobenzene	0.9996	0.9991*
a-BHC	0.9998	1.0000
Atrazine	0.9941	*
Simazine	0.9971	*
g-BHC	0.9999	0.9998
b-BHC	0.9998	0.9999
Heptachlor	0.9999	0.9998
Alachlor	0.9986	0.9989
d-BHC	0.9999	0.9996
Chlorothalonil	1.0000	1.0000
Aldrin	0.9998	0.9994
Metribuzin	0.9997	0.9985
Metolachlor	0.9973	0.9987
DCPA	0.9996	0.9998
Heptachlor epoxide	0.9998	0.9998
Cyanazine	0.9994	0.9998
Butachlor	0.9990	0.9992
g-Chlordane	0.9998	0.9999
a-Chlordane	0.9998	0.9998
Endosulfan I	0.9998	0.9997
4,4′-DDE	0.9998	0.9998
Dieldrin	0.9998	0.9999
Chlorobenzilate	0.9940	0.9985
Endrin	0.9998	0.9996
4,4′-DDD	1.0000	0.9999
Endosulfan II	0.9999	0.9999
4,4′-DDT	0.9993	0.9996
Endrin aldehyde	1.0000	0.9999
Endosulfan sulfate	0.9997	0.9997
Methoxychlor	0.9993	0.9982
cis-Permethrin	0.9992	0.9992
trans-Permethrin	0.9988	0.9995
Decachlorobiphenyl (ss)	0.9998	0.9997

(ss)-대체 표준물질 *동시용리

이 분석법을 통해 극미량 수준의 염소계 농약을 높은 감도로 검출할 수 있었습니다. 유럽 연합(EU) 지침은 먹는 물 중 개별 농약의 농도 한계를 0.1μg/L로 규정하고 있습니다[3]. 보다 신뢰성 있는 이 검출 수준을 얻기 위해서, 분석법은 규정된 임계값보다 훨씬 아래의 검출 한계(LOD)를 지녀야 합니다. 그림 5는 Agilent DB-35ms UI 및 Agilent DB-XLB 컬럼에서 추출된 0.01μg/L 첨가 시약 물 시료를 보여줍니다. 본 시료는 표적 한계 10 자리수 아래로 첨가되며, EPA가 먹는 물 중 농약에 대해 규정한 최대 오염 수준(MCLs) 이하입니다[1].

Agilent SPEC C18AR 액체-고체 추출 디스크를 사용한 시료 제조는 스파이킹 물 시료에서 염소계 농약의 머무름 및 사전 농축 제조에 효과적이었습니다. 수중 극미량 농약을 규정된 MCL에 맞게 분석하려면 농약을 검출 가능 수준으로 농축하기 위해 대량의 시료가 필요합니다. 47mm C18 디스크를 사용하여 75~100mL/분의 속도로 1L 물 시료를 추출할 수 있었습니다. 이를 통해 약 10분 내로 시료 처리가 가능했고, 이는 시료 제조 시간 감소 및 시료 처리량 증대로 이어졌습니다.

첨가 시료와 추출 물 시료 바탕의 비교 GC/μECD 크로마토그램

1. Hexachlorocyclopentadiene
2. Etradiazole
3. Chloroneb
4. Trifluralin
5. TCMX*
6. Propachlor
7. Hexachlorobenzene
8. α-BHC
9. Atrazine
10. Simazine
11. γ-BHC
12. β-BHC
13. Heptachlor
14. Alachlor
15. δ-BHC
16. Chlorothalonil
17. Aldrin
18. Metribuzin
19. Metolachlor
20. DCPA
21. Heptachlor epoxide
22. Cyanazine
23. Butachlor
24. γ-Chlordane
25. α-Chlordane
26. Endosulfan
27. 4,4′-DDE
28. Dieldrin
29. Chlorobenzilate
30. Endrin
31. 4,4′-DDD
32. Endosulfan
33. 4,4′-DDT
34. Endrin aldehyde
35. Endosulfan sulfate
36. Methoxychlor
37. *cis*-Permethrin
38. *trans*-Permethrin
39. Decachlorobiphenyl*

*surrogate standard

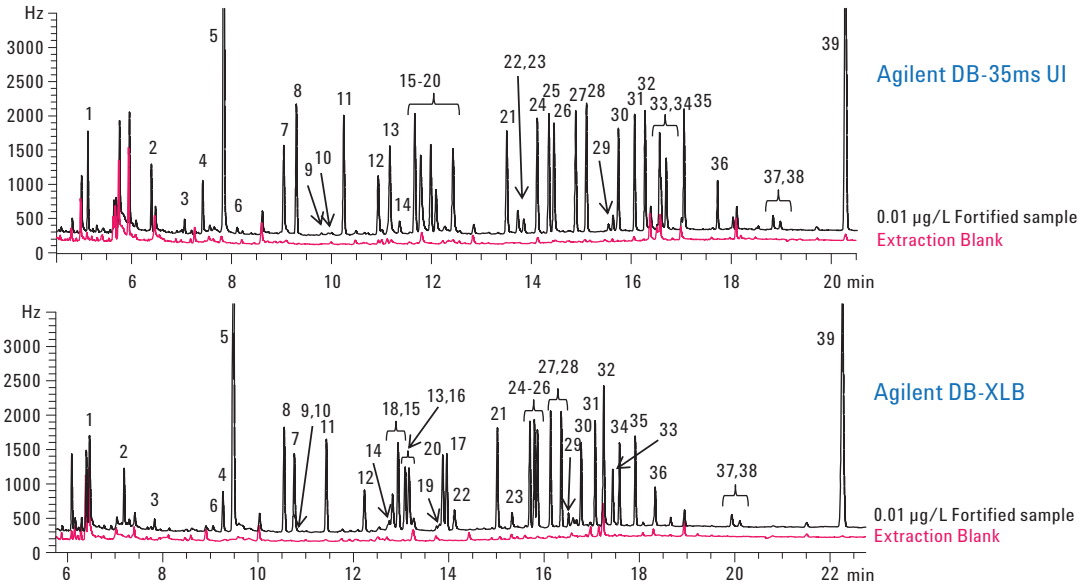

그림 5. 0.01µg/L 첨가 시료 및 추출 바탕의 GC/μECD 크로마토그램. Agilent J&W DB-35ms UI 30m × 0.32mm, 0.25 µm 컬럼(p/n 123-3832UI) 및 Agilent DB-XLB 30m × 0.32mm, 0.5µm 컬럼(p/n 123-1236) 분석. 이 시료는 그림 1에 상세히 기술된 시료 제조 절차에 따라 제조 및 추출하였습니다. 크로마토그래피 조건은 표 1과 같습니다.

이 분석법을 이용해 먹는 물 시료 중의 염소계 농약도 분석하였습니다. 수돗물 시료를 수집한 후 그림 1에 나타낸 시료 제조 단계에 따라 제조하였으며 표 1에 제시된 크로마토그래피 조건에 따라 평가하였습니다. 본 연구 검량 범위에서 수돗물 시료 중 표적 염소계 화합물은 검출되지 않았습니다. 이 시료의 GC/μECD 크로마토그램은 그림 6과 같습니다.

먹는 물 시료와 추출 물 시료 바탕의 비교 GC/μECD 크로마토그램

1. Hexachlorocyclopentadiene
2. Etradiazole
3. Chloroneb
4. Trifluralin
5. TCMX*
6. Propachlor
7. Hexachlorobenzene
8. α-BHC
9. Atrazine
10. Simazine
11. γ-BHC
12. β-BHC
13. Heptachlor
14. Alachlor
15. δ-BHC
16. Chlorothalonil
17. Aldrin
18. Metribuzin
19. Metolachlor
20. DCPA
21. Heptachlor epoxide
22. Cyanazine
23. Butachlor
24. γ-Chlordane
25. α-Chlordane
26. Endosulfan
27. 4,4′-DDE
28. Dieldrin
29. Chlorobenzilate
30. Endrin
31. 4,4′-DDD
32. Endosulfan
33. 4,4′-DDT
34. Endrin aldehyde
35. Endosulfan sulfate
36. Methoxychlor
37. *cis*-Permethrin
38. *trans*-Permethrin
39. Decachlorobiphenyl*

*surrogate standard

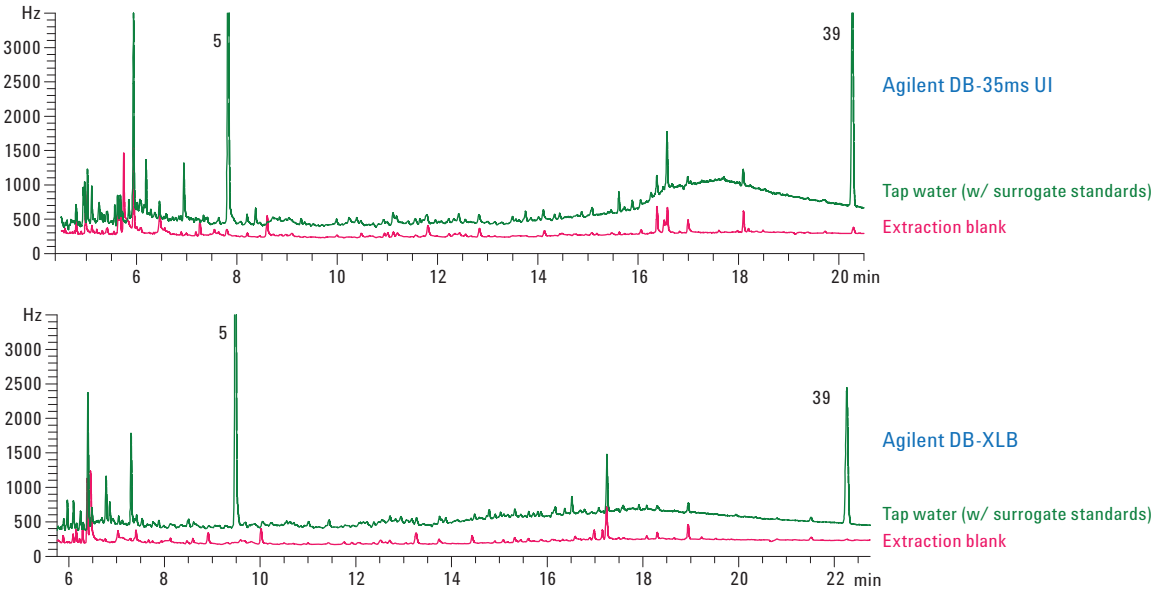

그림 6. 수돗물 시료 및 추출 바탕 GC/μECD 크로마토그램. Agilent J&W DB-35ms UI 30m × 0.32mm, 0.25μm 컬럼(p/n 123-3832UI) 및 Agilent DB-XLB 30m × 0.32mm, 0.5μm 컬럼(p/n 123-1236) 분석. 이 시료는 그림 1에 상세히 기술된 시료 제조 절차에 따라 제조 및 추출하였습니다. 크로마토그래피 조건은 표 1과 같습니다.

결론

본 응용 자료는 물 시료 중 수 µg/L 수준의 염소계 농약 및 제초제를 추출 및 검출하기 위한 효율적인 분석법에 대해 설명하였습니다. Agilent J&W DB-35ms UI 캐필러리 컬럼은 37가지 표적 분석물질을 미량 수준에서도 충분히 분리하면서도, 높은 감도 및 신뢰성 있는 정량을 제공합니다. Agilent DB-XLB 컬럼을 사용한 염소계 농약의 분리는 일관성 있게 분석물질을 식별할 수 있습니다.

Agilent SPEC C18AR 47mm 액체-고체 추출 디스크는 물 시료로부터 성공적으로 농약을 추출 및 사전 농축하여, 극미량 분석물질 검출 성능을 향상하면서 시료 제조 시간을 감소하였습니다. Agilent 7696A Sample Prep WorkBench로 제조한 검량 표준물질은 연구 대상 범위에서 두 컬럼의 회귀계수는 모두 $R^2 \geq 0.993$을 나타냈습니다.

농약 수준은 EU 및 EPA에서 규정하고 있는 수중 농약 최대 오염 수준의 10배 아래로 검출 가능했습니다. 본 응용에서는 0.01µg/L로 첨가된 물 시료를 성공적으로 제조하고 분석함으로써 Agilent J&W DB-35ms UI 및 Agilent DB-XLB 컬럼을 사용한 미량의 염소계 농약 검출의 유효성을 입증하였습니다. 수돗물 시료 분석에서는 본 분석법의 검량 수준에서 어떠한 농약도 검출되지 않았습니다.

감사의 글

애질런트 LSE 절차 관련 제안과 도움을 주신 Joan Stevens 박사님께 감사를 표합니다.

참고 문헌

1. Vos JG, Dybing E, Greim HA, Ladefoged O, Lambré C, Tarazona JV, Brandt I, Vethaak AD. (2000) Health effects of endocrine-disrupting chemicals on wildlife, with special reference to the European situation. Crit. Rev. Toxicol. 30(1):71-133.

2. EPA. List of Drinking Water Contaminants & MCLs, US Environmental Protection Agency, Washington, DC, Retrieved October 14, 2003 from http://www.epa.gov/safewater/mcl.html#mcls.

3. ECC Council Directive 80/778/ECC. Official Journal of the European Communities, No. L 229, August 30, 1980, p 11.

4. EEC. Drinking Waters Directive, Official Journal N229/11, Directive 80/778/EEC, 1988.

5. Ken Lynam and Doris Smith. Challenging Pesticide Analysis Using an Agilent J&W DB-35ms Ultra Inert GC Column. (2010) Agilent Technologies, Inc. Publication Number 5990-6595EN.

6. Limian Zhao and Allan D. Broske (2010) Evaluation of the Ultra Inert Liner Deactivation for Active Compounds Analysis by GC. Agilent Technologies, Inc. Publication Number 5990-7380EN.

7. US EPA 1995. Method 508.1. Determination Chlorinated Pesticides, Herbicides, and Organohalides by Liquid-Solid Extraction and Electron Capture Gas Chromatography. Revision 2.0.

8. Agilent 7696A Sample Prep WorkBench. (2011) Agilent Technologies, Inc. Publication Number 5990-6908EN.

9. Rebecca Veeneman and Dale Snyder (2010) Improved Data Quality through Automated Sample Preparation. Agilent Technologies, Inc. Publication Number 5990-6974EN.

10. James D. McCurry (2011) Automation of a Complex, Multi-Step Sample Preparation using the Standalone Agilent 7696A WorkBench. Agilent Technologies, Inc. Publication Number 5990-7525EN.

자세한 정보

본 데이터는 일반적인 결과를 나타냅니다.
애질런트 제품과 서비스에 대한 보다 자세한 정보는 www.agilent.com/chem을 방문하십시오.

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.

이 발행물의 정보, 설명 및 사양은 사전 공지 없이 변경될 수 있습니다.

© Agilent Technologies, Inc., 2012
한국에서 인쇄
2012년 1월 24일
5990-9735KO

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

Agilent Technologies