

영인 Lab. Highlight

102호

2023년 12월 발행



영인과학이 Agilent의 채널파트너가 되었습니다.

2023년 11월 1일자로 영인과학(주)가 한국애질런트의 채널파트너가 되었습니다. 채널파트너가 됨에 따라 영인과학은 다양한 크로마토그래피 전처리 자동화 기술과 GC검출기, 애질런트의 프리미엄 크로마토그래피 장비를 함께 제공드릴 수 있게 되었습니다.

고객 여러분의 많은 관심 부탁드립니다.

영인과학 X 애질런트 제품

GERSTEL

향 및 이취 분석 토탈 솔루션

- 다목적 오토샘플러 (MPS)
- 열탈착유닛 (TDU)
- 관능검출기 (ODP)



FRONTIER LAB

고분자 분석 토탈 솔루션

- 열분해 장비 (Pyrolyzer)
- 고분자 전용 라이브러리 (F-Search)
- 저온농축장치 (MicroJet Cryo-Trap)



ENTECH INSTRUMENTS

대기 분석 토탈 솔루션

- 대기시료농축기 (Preconcentrator)
- 표준가스희석장치 (Dilutor)
- 캐니스터 (Canister)



VUV ANALYTICS

극미량 수분 분석 토탈 솔루션

- 진공자외선 검출기 (VUV)



C o n t e n t s

04

최신 동향

물도 음식도 오염됐다

- 영원한 화학물질, 과불화화합물 (PFAS)

11

환경

침묵의 살인자 미세플라스틱, 어떻게 대응해야 할까요?

Pyrolysis-GC/MS를 이용한 미세플라스틱 정성·정량 분석 토달 솔루션

16

임상

진단검사의학 검사실의 면역검사,

화학발광면역측정법

18

Product Story

20

영인관계사 소식

38

영인뉴스

39

독자카드

영인 Lab.Highlight 102호에 게재된 글과 사진의 무단 복제를 금합니다.



블로그



트위터



유튜브



플러스 친구

물도 음식도 오염됐다

- 영원한 화학물질, 과불화화합물 (PFAS)



과불화화합물(PFAS, Poly- and Perfluoroalkyl Substances)은 생활 속 다양한 소비재를 방수, 얼룩 및 부식 방지로 만드는데 사용되는 화학물질이다. PFAS는 환경 지속성으로 인해 '영원한 화학물질'로 불리며, 인체 유해성 때문에 세계 각국에서 규제의 움직임이 활발해지고 있다.

미 환경보호청(EPA)은 지난 2021년에 발표한 'PFAS(과불화화합물) 전략 로드맵'하에 제5차 비규제 오염물질 모니터링 규칙(UCMR 5)에선 미국 내 식수 시스템에서 검출되는 29종의 PFAS와 리튬에 대한 데이터를 확보하고, 향후 PFAS에 대한 데이터를 모니터링할 계획이라고 밝혔다. 지난 3월 EPA는 식수 내에 일부 PFAS의 유입을 제한하는 표준도 제안했는데, 표준이 확정되면 미국 내 수자원 시스템은 UCMR 5의 데이터를 활용할 수 있게 된다. 실제로 미국에선 글로벌 기업들은 PFAS로 인해 소송을 당한 경우도 많다. 대표적으로 3M은 지난 2021년 11월 테네시주와 앨라배마주에서 수로를 오염시켰다는 이유로 소송에 휘말렸다. 이후 3M은 합의금으로 총 9840만 달러(약 1214억)을 지불하고, 오염된 수자원을 복구하는 등의 조치를 취했다. 이후 3M은 제품에 포함된 PFAS를 오는 2025년까지 퇴출한다는 계획을 발표하기도 했다.

최근 유럽연합(EU)의 유럽화학물질청(ECHA)이 과불화화합물(PFAS)의 전면사용제한을 제안한 가운데 한국의 산업통상자원부는 이와 관련해 '신중한 검토가 필요하다'는 의견을 ECHA와 세계무역기구(WTO)측에 전달했다고 밝혔다. 국내 산업계에서는 PFAS 기능을 대체할 물질을 당장 찾기 어려운 상황에서 PFAS의 사용을 전면 제한한다면 한국 제품의 생산과 수출에 차질을 빚을 수 있다는 우려가 나왔다. 우선 정부는 규제 유예기간(5년 또는 12

년) 내 PFAS 대체물질 개발이 쉽지않아 글로벌 공급망에 큰 혼란과 충격이 발생할 수 있다는 점을 짚었다. 또한 1만종이 넘는 PFAS 물질 각각의 인체-환경에 대한 유해성 검증없이 전면적으로 사용을 제한하는 것은 과잉규제이며, 산업계가 사용하는 PFAS 중에는 분자구조 정보가 없어 규제 대상인지 확인이 곤란한 경우가 다수라는 점도 우려사항으로 전했다. 나아가 정부는 대체물질 개발 현황과 소요기간 등을 정확히 파악해 현실성 있는 유예기간이 재설정될 필요가 있다는 점을 요구했다고 밝혔다.

독일 GERSTEL은 현재 국제 동향에 맞춰 다양한 시료 중 PFAS 분석을 위한 다양한 솔루션을 제공한다. 크로마토그래피(GC 또는 LC)의 시료 주입에 일반적으로 사용되는 X-Y-Z좌표의 GERSTEL 자동시료 주입기를 활용하여 온라인 SPE-LC/MS/MS법의 완전한 자동화가 가능하여 물 또는 식품 중 PFAS 분석을 해당 시스템으로 제안하고 있다.

응용솔루션#1 물 중 과불화화합물 분석을 위한 온라인 SPE-LC/MS/MS 자동화 분석

고상추출법(SPE; Solid Phase Extraction)은 다수의 발표된 SPE 전처리법에서 볼 수 있듯이 크로마토그래피 분석을 위한 시료 전처리에 가장 널리 사용되는 방법 중 하나이다. 일반적으로 액체시료는 흡착제 베드를 통과하여 타겟 성분을 잡고 농축하는 동시에 시료 매트릭스는 통과시켜 간섭 물질을 제거한다. 다른방법으로, 흡착제는 타겟 물질을 통과하도록 허용하면서 간섭 물질을 잡는데 사용될 수 있다.

본 분석을 위해 물 중 타겟하는 과불화화합물을 분리하고 농축 및 측정하기 위한 온라인 SPE 절차가 셋업되었다. GERSTEL Multi-

Purpose Sampler(MPS)는 온라인 SPE모듈(SPEXos, 그림1)로 구성되어 있으며 분석장비는 Agilent사 6470 LC/MS/MS 시스템에 연결되었다. SPEXos 시스템은 흡착제 50mg로 포장된 소형 카트리지가 10개를 사용한다. LC/MS/MS시스템으로 용출되기 전에 SPE 카트리지에 화합물을 농축시켜 높은 회수율의 결과와 자동화단계로 높은 처리량을 가능하게 한다.



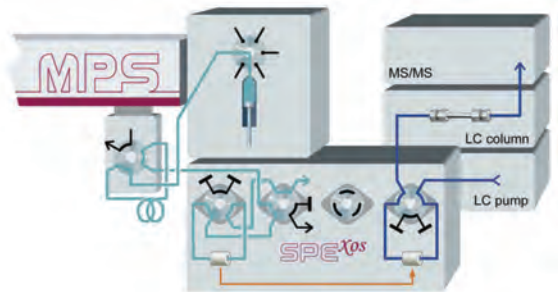
<그림 1> GERSTEL SPEXos 시스템

분석에 활용된 과불화합물 종류는 <표 1>과 같으며 내부표준물질로 ¹³C 유사화합물을 활용하였다.

Abbrev.	Compound	CAS#	MW [g/mol]	Wellington p/n
(PFOA)	Perfluorooctanoic acid	335-67-1	414.0708	PFOA
(PFNA)	Perfluorononanoic acid	375-95-1	464.0786	PFNA
(PFDA)	Perfluorodecanoic acid	335-76-2	514.0864	PFDA
(PFBS)	Perfluorobutanesulfonic acid	375-73-5	300.1	L-PFBS
(PFHS)	Perfluorohexanesulfonic acid	355-46-4	400.1145	L-PFHS
(PFOS)	Perfluorooctanesulfonic acid	1763-23-1	500.13	PFOS
Internal Standards				
¹³ C-PFOA	IntStd_Perfluoro-[1,2- ¹³ C ₂]octanoic acid		416.0555 (Na)	M2PFOA
¹³ C-PFOS	IntStd_Sodium perfluoro-[1,2,3,4- ¹³ C ₄] octanesulfonate		526.0823 (Na)	MPFOS

<표 1> 온라인 SPE-LC/MSMS법에 사용된 과불화합물 리스트

이해를 돕기위해 온라인 SPE 프로세스를 그래픽으로 나타냈다 <그림 2>. 연한 파란색 흐름 경로는 SPEXos 고압 디스펜서(HPD)가 MPS에 의해 샘플 루프로 전달된 시료를 SPEXos 시스템에 장착된 C18 카트리지로 효과적으로 스위칭하는 과정을 보여준다. 분석물질이 카트리지에 농축되고 카트리지가 세척되면 SPEXos는 카트리지를 LC이동상과 일치시키기 위해 자동으로 장치 왼쪽에서 오른쪽으로 카트리지를 이동한다. 그다음 LC/MS/MS시스템의 이동상 변화를 통해 관심 물질을 C18 카트리지에서 분석 컬럼으로 용출하고 컬럼에서 분리한 후 측정한다. 용리 및 분석 흐름 경로는 <그림 2>에서 진한 파란색으로 표시된다.

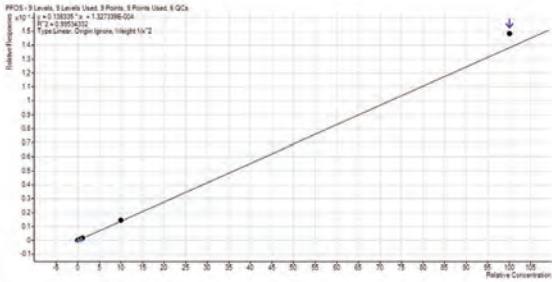


<그림 2> 온라인 SPE 추출과정 자동화 그래픽 도면

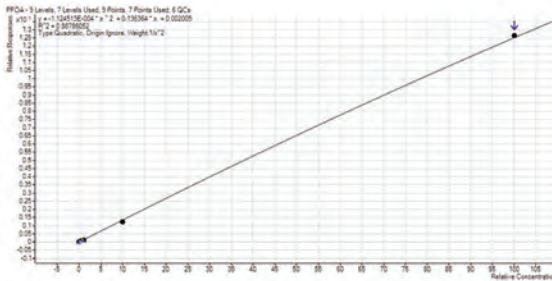
온라인 SPE 절차는 해당 분석에 성공적인 결과데이터를 나타냈다. 0.0100에서 100 ng/mL의 PFC화합물 농도와 1.0 mL 부피를 주입했다. <표 2>는 각 PFC 화합물에 대한 결과 R²값과 <그림 3>과 <그림 4>는 PFOS와 PFOA에 대한 검정곡선을 보여준다.

PFC compound	Regression fit	r ² value
PFBS	Linear-ignore-1/x	0.993
PFOA	Quadratic-ignore-1/x ²	0.988
PFHS	Linear-ignore-1/x ²	0.993
PFNA	Linear-ignore-1/x ²	0.986
PFDA	Quadratic-ignore-1/x ²	0.993
PFOS	Linear-ignore-1/x ²	0.995

<표 2> 각 PFC 화합물의 R2값



<그림 3> PFOS의 검정곡선



<그림 4> PFOA의 검정곡선

해당 실험은 물 시료의 과불화 화합물 분석을 위한 완전 자동화된 온라인 SPE-LC/MS/MS 분석법의 정밀도와 정확성을 결정하기 위해 수행되었다. <표 3, 4>에 나타난 바와 같이, 조사된 과불화 화합물당 평균 정밀도는 1.73% ~ 11.7% CV 범위였다. 조사된 과불화 화합물의 평균 정확도는 90.6% ~ 110% 범위였다.

Compound	Level	Exp. conc. [ng/mL]	Final conc. [ng/mL]	Accuracy [%]
PFBS	QC 1	0.075	0.0829	110.48
PFBS	QC 1	0.075	0.0777	103.6
PFBS	QC 1	0.075	0.0765	102.03
		mean	0.079	105
		SD	0.00337	4.5
		% CV	4.27	4.27
PFBS	QC 2	0.75	0.7783	103.76
PFBS	QC 2	0.75	0.8559	114.12
PFBS	QC 2	0.75	0.8317	110.89
		mean	0.822	110
		SD	0.03974	5.3
		% CV	4.83	4.838

Compound	Level	Exp. conc. [ng/mL]	Final conc. [ng/mL]	Accuracy [%]
PFOA	QC 1	0.075	0.0696	92.73
PFOA	QC 1	0.075	0.0881	117.44
PFOA	QC 1	0.075	0.0799	106.51
			mean	0.0792
			SD	0.00929
			% CV	11.73
PFOA	QC 2	0.75	0.7211	96.15
PFOA	QC 2	0.75	0.7787	103.82
PFOA	QC 2	0.75	0.6361	84.81
			mean	0.712
			SD	0.0717
			% CV	10.1
PFHxS	QC 1	0.075	0.0838	111.66
PFHxS	QC 1	0.075	0.0749	99.87
PFHxS	QC 1	0.075	0.0806	107.5
			mean	0.0798
			SD	0.00449
			% CV	5.62
PFHxS	QC 2	0.75	0.7437	99.16
PFHxS	QC 2	0.75	0.7242	96.56
PFHxS	QC 2	0.75	0.7109	94.78
			mean	0.7263
			SD	0.0165
			% CV	2.27

<표 3> 정밀도 및 정확성 결과

Compound	Level	Exp. conc. [ng/mL]	Final conc. [ng/mL]	Accuracy [%]
PFNA	QC 1	0.075	0.0737	98.26
PFNA	QC 1	0.075	0.0789	105.14
PFNA	QC 1	0.075	0.0808	107.69
			mean	0.0778
			SD	0.00366
			% CV	4.71
PFNA	QC 2	0.75	0.6978	93.04
PFNA	QC 2	0.75	0.7135	95.13
PFNA	QC 2	0.75	0.722	96.27
			mean	0.7111
			SD	0.0123
			% CV	1.73
PFDA	QC 1	0.075	0.0702	93.57
PFDA	QC 1	0.075	0.0688	91.73
PFDA	QC 1	0.075	0.0718	95.71
			mean	0.0703
			SD	0.00149
			% CV	2.13

Compound	Level	Exp. conc. [ng/mL]	Final conc. [ng/mL]	Accuracy [%]
PFDA	QC 2	0.75	0.6308	84.1
PFDA	QC 2	0.75	0.6687	89.15
PFDA	QC 2	0.75	0.7393	98.57
mean			0.6796	90.6
SD			0.0551	7.34
% CV			8.1	8.1
PFOS	QC 1	0.075	0.0636	84.78
PFOS	QC 1	0.075	0.0733	97.67
PFOS	QC 1	0.075	0.0708	94.44
mean			0.0692	92.3
SD			0.00503	6.71
% CV			7.27	7.27
PFOS	QC 2	0.75	0.7185	95.8
PFOS	QC 2	0.75	0.6754	90.05
PFOS	QC 2	0.75	0.6666	88.88
mean			0.6868	91.6
SD			0.0278	3.71
% CV			4.05	4.05

<표 4> 정밀도 및 정확성 결과 (계속)

신호 대 잡음비(signal-to-noise ratio)는 각각의 과불화 화합물에 대한 정량한계에서 계산되었다.

Compound	Limit of quantitation [pg/mL]	Calculated signal-to-noise
PFBS	10	2480
PFOA	25	551
PFHxS	10	848
PFNA	10	331
PFDA	25	50,039
PFOS	10	269

<표 5> 정량한계와 계산된 신호 대 잡음비(signal-to-noise ratio)

과불화 화합물의 자동추출 및 LC/MS/MS 분석 중에 사용되는 시스템 각각이 다를 수 있으며 원하는 검출한계를 달성하려면 개별 최적화가 필요할 수 있다. 다양한 과불화 화합물에는 고체상 추출법(SPE)과 LC/MS/MS 조건 모두 최적화 할 필요가 있으며 이번 실험의 조건은 타겟하는 과불화 화합물 그룹에 대해 허용 가능성이 확인되었다.

응용솔루션#2 동물성 식품 중 과불화화합물 분석을 위한 온라인 SPE cleanup-LC/MS/MS 자동화 분석

식품시료(계란, 육류 및 어류)는 다음과 같이 전처리하였다. 추출을 위해 내부표준물질을 스파이킹 한 5g 시료를 알칼리 조건에서 ACN으로 2번 추출했다. 염화나트륨으로 상분리한 후, 유기상을 포름산으로 산성화하고 밤새 냉동시켰다. MgSO₄을 사용한 분산형 SPE를 사용한 첫번째 정제 후 증발농축하여 0.3mL로 만든 뒤, 주입용 내부 표준물질을 추가하여 최종 부피는 1 mL가 되었다. 온라인 SPE에 대한 주입량은 25μL였으며, 비교를 위해 LC/MS에 2μL를 직접 주입했다.

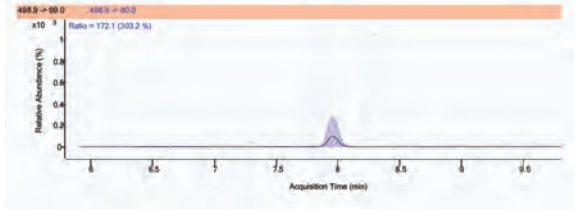
Substance	Abbreviation	Molecular Formula	CAS No	Internal Standard for Extraction	Internal Standard for Injection
Perfluorobutanoic acid	PFBA	C ₄ H ₂ O ₂ F ₇	375-22-4	¹³ C ₄ -PFBA	¹³ C ₄ -PFBA
Perfluoropentanoic acid	PFPeA	C ₅ H ₂ O ₂ F ₉	2706-90-3	¹³ C ₅ -PFPeA	
Perfluoroheptanoic acid	PFFhA	C ₇ H ₂ O ₂ F ₁₁	307-24-4	¹³ C ₇ -PFFhA	
Perfluoroheptanoic acid	PFFpA	C ₇ H ₂ O ₂ F ₁₃	375-85-9	¹³ C ₇ -PFFpA	¹³ C ₇ -PFOA
Perfluorooctanoic acid	PFOA	C ₈ H ₂ O ₂ F ₁₅	335-67-1	¹³ C ₈ -PFOA	
Perfluorononanoic acid	PFNA	C ₉ H ₂ O ₂ F ₁₇	375-95-1	¹³ C ₉ -PFNA	
Perfluorodecanoic acid	PFDA	C ₁₀ H ₂ O ₂ F ₁₉	335-76-2	¹³ C ₁₀ -PFDA	¹³ C ₇ -PFDA
Perfluoroundecanoic acid	PFUnDA	C ₁₁ H ₂ O ₂ F ₂₁	2058-94-8	¹³ C ₁₁ -PFUnDA	
Perfluorododecanoic acid	PFDdDA	C ₁₂ H ₂ O ₂ F ₂₃	206-203-2	¹³ C ₁₂ -PFDdDA	
Perfluorotridecanoic acid	PFTtDA	C ₁₃ H ₂ O ₂ F ₂₅	72629-94-8		
Perfluorotetradecanoic acid	PFTeDA	C ₁₄ H ₂ O ₂ F ₂₇	376-06-7	¹³ C ₁₄ -PFTeDA	
Perfluorohexadecanoic acid	PFFhDA	C ₁₆ H ₂ O ₂ F ₃₁	67905-19-5		
Perfluorooctadecanoic acid	PFODA	C ₁₈ H ₂ O ₂ F ₃₅	16517-11-6		
Perfluorobutanesulfonic acid	PFBS	C ₄ H ₉ O ₂ F ₇ S	375-73-5	¹³ C ₄ -PFBS	
Perfluoropentanesulfonic acid	PFPeS	C ₅ H ₉ O ₂ F ₁₁ S	630402-22-1		
Perfluorohexanesulfonic acid	PFFhS	C ₆ H ₉ O ₂ F ₁₃ S	355-46-4	¹³ C ₆ -PFFhS	
Perfluoroheptanesulfonic acid	PFFpS	C ₇ H ₉ O ₂ F ₁₅ S	357-92-8		
Perfluorooctanesulfonic acid	PFOS	C ₈ H ₉ O ₂ F ₁₇ S	1763-23-1	¹³ C ₈ -PFOS	¹³ C ₇ -PFOS
Perfluorononanesulfonic acid	PFNS	C ₉ H ₉ O ₂ F ₁₉ S	98789-57-2		
Perfluorodecanesulfonic acid	PFDS	C ₁₀ H ₉ O ₂ F ₂₁ S	335-77-3		
Perfluorododecanesulfonic acid	PFDdS	C ₁₂ H ₉ O ₂ F ₂₅ S	79780-39-5		
Perfluorooctanesulfonamide	PFOSA	C ₈ H ₁₁ O ₂ F ₁₇ NS	754-91-6	¹³ C ₈ -PFOSA	
N-Ethyl-perfluorooctanesulfonamide	N-EIFOSA	C ₁₁ H ₁₃ O ₂ F ₁₇ NS	4151-50-2	² H ₅ -N-EIFOSA	
8:2 Fluorotelomerphosphate diester	8:2 diPAP	C ₂₆ H ₁₉ O ₄ F ₃₄ P	678-41-1	¹³ C ₈ :8:2 diPAP	

<표 6> 과불화화합물 리스트; 추출을 위한 내부 표준물질은 타겟 분석물질의 정량화를 위해 사용되었으며, 주입을 위한 내부 표준물질은 회수율을 결정하는 데 사용. 동위원소 표지된 화합물이 없는 분석물질은 구조 및 머무름 시간이 가장 유사한 내부 표준을 사용하여 정량함

물 시료와 동일한 GERSTEL 온라인 SPE 시스템(SPEXos)과 Agilent LC/MS/MS 구성으로 식품 중 PFAS 분석도 진행하였다.

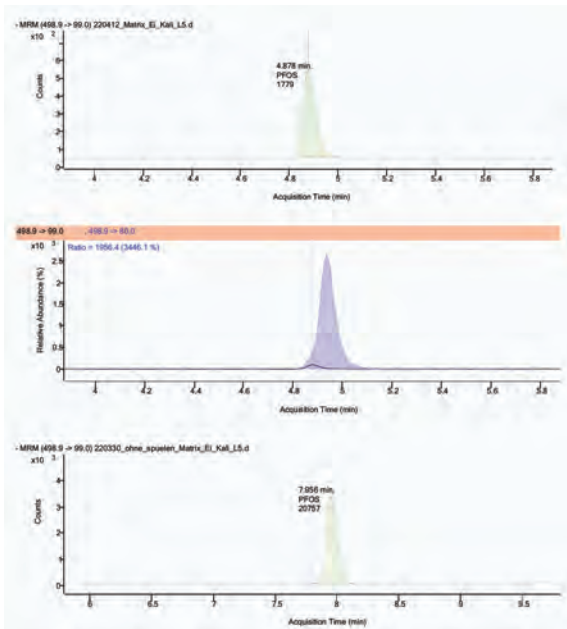
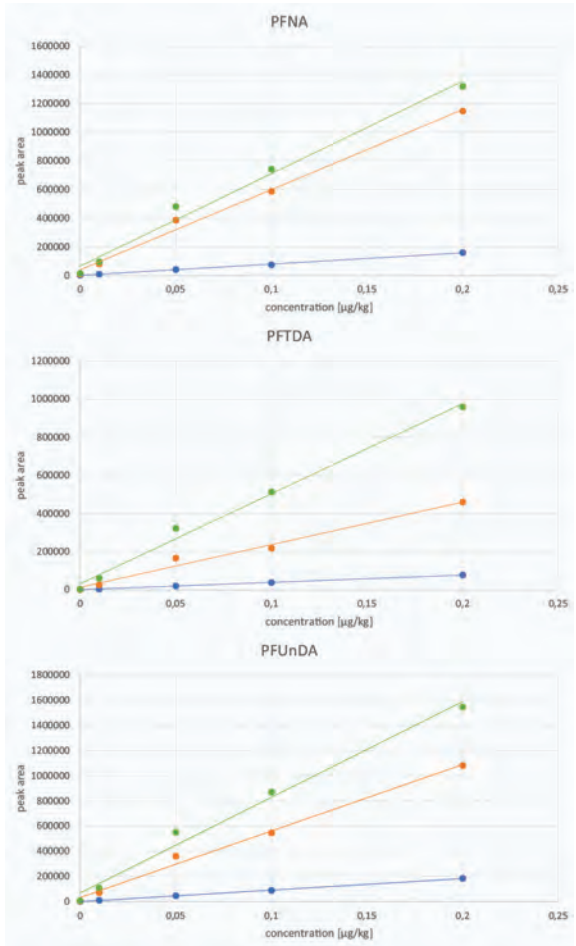
식품 시료는 매트릭스 영향을 조사하기 위해 내부 표준물질을 추가하지 않고 계란, 어류 및 육류 시료를 각각 준비했다. 개별 시료 유형을 기반으로 한 별도의 메소드 보정은 동일한 방식으로 수행되었으며 0.1 – 2 ng/mL (5g 시료 기준, 식품 내 0.01 – 0.2 µg/kg 에 해당) 범위의 용매 내 표준물질로부터 얻은 메소드 보정과 비교했다. 모든 용액은 카트리지가 세척유무와 함께 직접 주입과 온라인 SPE로 분석되었다.

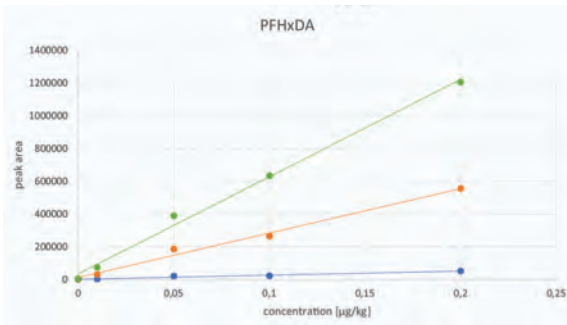
정제목적의 온라인 SPE를 사용하면, 매트릭스 영향없이 더 많은 양의 시료를 주입할 수 있다. 직접주입의 경우 2 µL인것과 비교하여 우리는 25 µL의 주입량을 사용했다. 이로 인해 시그널이 12.5 배 증가하고 실제로 온라인 SPE로 얻은 크로마토그램은 직접 주입에 비해 10~13배 더 큰 영역의 피크를 생성했다. 신호 대 잡음 비(signal-to-noise ratio)도 비슷하게 개선되었다. <그림 5>의 예는 2 µL의 직접 주입(위)과 25 µL 추출물의 온라인 SPE 주입(아래)으로 발생하는 계란 내 PFOS의 질량 추적을 보여준다. 오른쪽 정량이온 추적에서 볼 수 있듯이 간섭피크는 머무름 시간이 변하면서 줄어들었다.



<그림 5> 직접 주입(위) 및 온라인 SPE주입(아래)을 통해 얻은 계란 내 PFOS에 대한 샘플 크로마토그램 (정량이온과 정성이온)

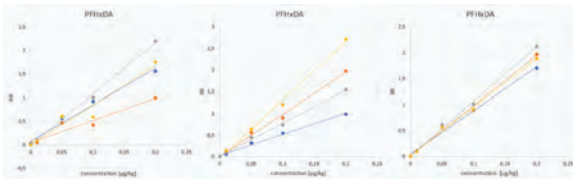
일부 분석물질은 카트리지가 세척이 수행될 때 상당히 더 큰 피크를 나타내며, 이는 매트릭스 유도 이온 억제에 감소하고 있음을 나타낸다. <그림 6>은 계란 시료 분석결과에 대한 예를 보여준다 (녹색 대 주황색 선, 파란색선은 직접 주입 영역을 나타냄)





<그림 6> 온라인 SPE와 함께 카트리지 세척(녹색), 카트리지 세척없이 온라인 SPE(주황색) 및 직접 주입(파란색)으로 각각 얻은 계란 내 선택된 화합물에 대한 피크 면적 대 농도(보정) 곡선의 비교

2 µL을 직접 주입하면 용매 기반 표준물질과 매트릭스에 스파이킹한 표준물질의 검량선 사이에 약간의 차이가 발생한다(그림 7, 왼쪽). 카트리지를 세척하지 않고 온라인 SPE에 25µL를 주입하는 경우, 다양한 매트릭스에서 얻은 검량선은 모두 표준물질을 기반으로 한 검량선과 상당히 다릅니다. 더 두꺼운 매트릭스 영향은 주입된 샘플의 양이 훨씬 많기 때문에 발생된다(그림 7, 중간). 용출 전에 카트리지를 세척하면 매트릭스 영향이 줄어들고 결과적으로 검량선의 기울기가 비슷해진다(그림 7, 오른쪽).



<그림 7> 직접 주입(왼쪽), 카트리지 세척없는 온라인 SPE(가운데) 및 카트리지 세척이 포함된 온라인 SPE(오른쪽)를 진행한 용매기반 표준물질(파란색), 계란(주황색), 육류(회색) 및 어류(노란색)의 PFHxDA에 대한 농도 대 상대 반응 비교표

다양한 농도 수준의 스파이크된 시료를 반복적으로 분석하여 정확도와 반복성을 확인했다. 온라인 SPE 농축 및 정제과정을 통해 더 많은 양의 시료를 주입하고 매트릭스 영향을 줄일 수 있다. 카트리지를 세척이 없으면 일부 화합물(예: 13C2-PFTeDA)의 회수율이 매우 낮으므로 시그널 증가가 예상보다 낮았다. 그러나 카트리지를 세척하면 내부 표준물질의 회수율을 상당히 증가시켜 결과적 유효성을 줄일 수 있다 <표 7>.

Internal Standard	Online SPE without column wash						Online SPE with column wash					
	Egg		Meat		Fish		Egg		Meat		Fish	
	Mean	RSD	Mean	RSD	Mean	RSD	Mean	RSD	Mean	RSD	Mean	RSD
¹³ C ₂ -PFBA	61.7%	15%	47.5%	15%	68.5%	6%	61.6%	15%	47.9%	15%	68.8%	8%
¹³ C ₂ -PFPeA	66.1%	13%	48.0%	16%	66.1%	9%	70.3%	13%	52.1%	15%	73.1%	12%
¹³ C ₂ -PFHxA	56.0%	10%	42.2%	14%	63.6%	8%	57.9%	13%	46.7%	14%	63.7%	7%
¹³ C ₂ -PFHpA	65.6%	9%	54.2%	11%	70.1%	7%	67.9%	10%	56.9%	13%	72.2%	5%
¹³ C ₂ -PFOA	69.1%	8%	60.8%	10%	73.3%	5%	70.2%	9%	62.7%	11%	75.1%	5%
¹³ C ₂ -PFNA	73.5%	7%	65.9%	8%	75.0%	6%	75.4%	7%	69.7%	11%	79.9%	5%
¹³ C ₂ -PFDA	70.4%	7%	67.0%	7%	73.7%	5%	71.3%	8%	69.3%	9%	76.2%	5%
¹³ C ₂ -PFUnDA	69.5%	8%	67.7%	6%	70.6%	6%	72.9%	9%	69.4%	11%	75.5%	7%
¹³ C ₂ -PFDoDA	66.6%	12%	68.9%	6%	46.6%	13%	76.8%	9%	72.6%	12%	77.8%	8%
¹³ C ₂ -PFtEDA	14.9%	18%	47.7%	11%	14.3%	19%	76.7%	12%	76.6%	10%	82.4%	10%
¹³ C ₂ -PFBS	68.2%	13%	68.7%	7%	77.6%	9%	71.9%	14%	74.9%	12%	75.1%	10%
¹³ C ₂ -PFHxS	75.2%	10%	74.8%	6%	79.3%	5%	78.1%	10%	78.1%	10%	78.7%	7%
¹³ C ₂ -PFOS	76.8%	8%	75.8%	5%	78.6%	7%	78.4%	12%	78.1%	9%	79.6%	5%
¹³ C ₂ -PFOSA	69.0%	11%	57.0%	24%	78.0%	10%	-	-	-	-	-	-
³ H ₂ -N-EtFOSA	21.0%	45%	16.2%	65%	2.4%	98%	-	-	-	-	-	-
¹³ C ₂ -8:2 dPAP	117.5%	10%	228.2%	12%	166.2%	20%	84.0%	16%	60.9%	9%	114.0%	23%

<표 7> 컬럼 세척유무에 따른 온라인 SPE 측정에서의 내부 표준물질의 회수율 표

카트리지 세척에 대한 검증 결과는 <표 8 - 10>에 나와있다. 대부분 화합물의 정량한계는 0.01 µg/kg으로, 카트리지 세척을 하지 않을 때 그리고 직접 주입의 데이터보다 훨씬 낮았다. 계란을 분석할 때 설폰산은 더 큰 매트릭스 영향을 보이므로 정량한계가 0.05 µg/kg으로 높다. 아미드 PFOSA와 N-EtFOSA는 카트리지 세척으로 확인할 수 없었다. 예상 농도 범위 내 정량 할 수 없는 어류 내 N-EtFOSA를 제외하고 카트리지 세척없이 0.05 µg/kg 및 0.5 µg/kg의 정량한계가 달성되었다.

Substance	Spike level 0.01 µg/kg			Spike level 0.05 µg/kg			Spike level 0.5 µg/kg		
	Mean conc. [µg/kg]	Recovery	RSD	Mean conc. [µg/kg]	Recovery	RSD	Mean conc. [µg/kg]	Recovery	RSD
PFPeA	0.012	117%	26.2%	0.054	107%	13.5%	0.520	104%	4.5%
PFHxA	0.011	106%	10.0%	0.053	106%	4.7%	0.496	99%	2.6%
PFHpA	0.010	98%	17.5%	0.053	107%	8.5%	0.495	99%	3.1%
PFOA	0.012	117%	7.3%	0.055	110%	5.3%	0.496	99%	5.1%
PFNA	0.010	102%	5.5%	0.053	106%	6.0%	0.484	97%	4.2%
PFDA	0.011	106%	4.8%	0.053	107%	6.2%	0.498	100%	2.9%
PFUnDA	0.011	114%	6.1%	0.054	107%	6.9%	0.505	101%	4.0%
PFDoDA	0.011	112%	5.6%	0.054	109%	7.2%	0.497	99%	4.0%

Substance	Spike level 0.01 µg/kg			Spike level 0.05 µg/kg			Spike level 0.5 µg/kg		
	Mean conc. [µg/kg]	Recovery	RSD	Mean conc. [µg/kg]	Recovery	RSD	Mean conc. [µg/kg]	Recovery	RSD
PFTeDA	0.011	107%	7.1%	0.052	104%	6.2%	0.484	97%	3.3%
PFHxDA	0.010	97%	10.1%	0.047	94%	8.5%	0.432	86%	6.1%
PFODA	0.008	82%	10.8%	0.039	77%	12.2%	0.349	70%	10.0%
PFBS	0.011	107%	14.2%	0.051	101%	6.2%	0.435	87%	4.4%
PFPeS	0.012	123%	18.7%	0.048	96%	9.9%	0.457	91%	3.3%
PFHxS	n.d.	-	-	0.037	74%	12.1%	0.512	102%	6.3%
PFHpS	0.011	114%	40.7%	0.052	103%	12.5%	0.445	89%	5.2%
PFOS	0.013	126%	14.6%	0.052	104%	10.8%	0.468	94%	3.5%
PFNS	0.012	119%	17.5%	0.049	98%	16.1%	0.446	89%	6.5%
PFDS	0.010	97%	19.5%	0.052	103%	11.2%	0.459	92%	5.6%
PFDoS	0.010	101%	50.1%	0.054	107%	11.7%	0.448	90%	11.0%
8-2 diPAP	0.011	111%	11.4%	0.051	101%	7.2%	0.466	93%	4.2%
Without cartridge wash									
PFBA	0.019	191%	74.9%	0.057	114%	5.6%	0.508	102%	2.5%
PFOSA	0.011	114%	7.7%	0.054	107%	6.1%	0.494	99%	4.1%
N-EtFOSA	n.d.	-	-	0.073	146%	30.8%	0.595	119%	13.3%

<표 8> 계란 중 PFAS에 대한 검증데이터

Substance	Spike level 0.01 µg/kg			Spike level 0.05 µg/kg			Spike level 0.5 µg/kg		
	Mean conc. [µg/kg]	Recovery	RSD	Mean conc. [µg/kg]	Recovery	RSD	Mean conc. [µg/kg]	Recovery	RSD
PFPeA	0.014	143%	42.5%	0.056	112%	7.0%	0.519	104%	5.2%
PFHxA	0.011	108%	19.1%	0.055	109%	8.7%	0.496	99%	4.6%
PFHpA	0.011	108%	16.1%	0.051	103%	6.9%	0.483	97%	4.8%
PFOA	0.010	103%	21.7%	0.052	103%	7.6%	0.475	95%	5.1%
PFNA	0.011	109%	9.9%	0.053	106%	8.5%	0.472	94%	4.0%
PFDA	0.010	104%	11.0%	0.052	104%	8.9%	0.478	96%	3.8%
PFUnDA	0.011	113%	6.7%	0.054	108%	9.0%	0.506	101%	4.8%
PFDoDA	0.011	110%	6.5%	0.054	108%	7.8%	0.494	99%	4.9%
PFTDA	0.011	107%	5.8%	0.053	106%	8.1%	0.487	97%	5.7%
PFTeDA	0.010	104%	4.2%	0.051	101%	8.9%	0.469	94%	4.5%
PFHxDA	0.009	93%	7.6%	0.046	92%	10.9%	0.423	85%	6.0%
PFODA	0.008	78%	9.3%	0.038	76%	13.4%	0.348	70%	7.2%
PFBS	0.011	110%	9.3%	0.048	96%	5.6%	0.425	85%	2.8%
PFPeS	0.011	106%	5.0%	0.048	95%	8.2%	0.444	89%	3.1%
PFHxS	0.011	111%	7.4%	0.052	103%	4.6%	0.461	92%	3.2%
PFHpS	0.010	99%	12.6%	0.048	96%	8.4%	0.458	92%	5.3%
PFOS	0.011	107%	21.4%	0.055	110%	10.1%	0.460	92%	3.6%
PFNS	0.012	124%	22.0%	0.053	105%	8.5%	0.459	92%	4.2%
PFDS	0.010	101%	11.8%	0.052	103%	7.1%	0.451	90%	6.8%
PFDoS	0.011	114%	19.4%	0.052	104%	14.2%	0.451	90%	7.9%
8-2 diPAP	0.011	109%	8.8%	0.050	100%	11.2%	0.453	91%	5.2%
Without cartridge wash									
PFBA	0.011	110%	19.4%	0.054	108%	15.5%	0.497	99%	3.7%
PFOSA	0.011	108%	7.0%	0.053	105%	9.0%	0.485	97%	4.4%
N-EtFOSA	0.002	20%	153.9%	0.032	63%	102.8%	0.555	111%	11.5%

<표 9> 육류 중 PFAS에 대한 검증데이터

Substance	Spike level 0.01 µg/kg			Spike level 0.05 µg/kg			Spike level 0.5 µg/kg		
	Mean conc. [µg/kg]	Recovery	RSD	Mean conc. [µg/kg]	Recovery	RSD	Mean conc. [µg/kg]	Recovery	RSD
PFPeA	0.010	96%	18.0%	0.052	105%	5.8%	0.515	103%	3.4%
PFHxA	0.012	122%	15.3%	0.053	106%	5.3%	0.503	101%	1.8%
PFHpA	0.010	103%	21.8%	0.052	103%	9.9%	0.497	99%	0.3%
PFOA	0.011	108%	12.6%	0.052	104%	5.1%	0.492	98%	1.5%
PFNA	0.011	114%	3.8%	0.053	105%	2.2%	0.488	98%	1.3%
PFDA	0.010	105%	7.4%	0.053	108%	6.2%	0.495	99%	1.5%
PFUnDA	0.011	113%	8.0%	0.055	109%	5.1%	0.516	103%	2.0%
PFDoDA	0.011	113%	7.1%	0.054	108%	5.9%	0.512	102%	1.4%
PFTDA	0.011	108%	4.0%	0.052	104%	5.5%	0.494	99%	2.6%
PFTeDA	0.011	106%	5.5%	0.051	103%	5.5%	0.484	97%	2.4%
PFHxDA	0.011	113%	8.8%	0.054	108%	7.4%	0.513	103%	2.2%
PFODA	0.011	107%	12.7%	0.050	101%	9.8%	0.491	98%	3.0%
PFBS	0.011	115%	5.0%	0.049	99%	5.9%	0.433	87%	2.4%
PFPeS	0.010	104%	4.6%	0.046	92%	4.4%	0.459	92%	4.7%
PFHxS	0.011	108%	6.0%	0.054	108%	6.2%	0.471	94%	3.7%
PFHpS	0.010	99%	9.4%	0.046	93%	11.6%	0.468	94%	2.7%
PFOS	0.012	121%	16.9%	0.057	114%	14.0%	0.473	95%	2.9%
PFNS	0.012	119%	19.4%	0.050	101%	13.0%	0.478	96%	3.3%
PFDS	0.010	103%	13.2%	0.051	103%	11.5%	0.475	95%	3.9%
PFDoS	0.010	103%	22.3%	0.054	108%	14.3%	0.484	97%	6.9%
8-2 diPAP	0.011	107%	6.7%	0.051	101%	6.1%	0.474	95%	2.1%
Without cartridge wash									
PFBA	0.002	19%	661.9%	0.043	86%	22.2%	0.506	101%	2.4%
PFOSA	0.014	136%	24.1%	0.053	107%	9.3%	0.493	99%	1.9%
N-EtFOSA	n.d.	-	-	n.d.	-	-	n.d.	-	-

<표 10> 어류 중 PFAS에 대한 검증 데이터

GERSTEL에서 제시한 방법과 결합된 온라인 SPE-LC/MS/MS 시스템을 활용하면 물 또는 식품 중 PFAS 화합물 측정이 가능하다. 또한 온라인 SPE의 정제효과로 인해 직접 주입보다 정량한계를 낮출 수 있다.

다양한 매트릭스 내 해당 실험을 통해 실험방법에 대한 정확성과 신뢰도가 입증되었다. 따라서 GERSTEL 온라인 SPE시스템(SPE-xos)를 활용하면 국내·외에서 요구하는 PFAS 정량한계를 충분히 만족할 수 있다. ☎

제품문의 : 영인과학 영업마케팅팀 ☎02-519-7417

[출처]

양윤혁, 미 환경청, 과불화합물(PFAS) · 리튬 모니터링 데이터 공개, IM-PACT ON, 2023.08.22

이슬아, EU 과불화합물 전면 규제...정부, EU측에 우려·요구 전달, 연합뉴스, 2023.09.26

Claudia Sauer. et al., GERSTEL Application Note No. 247.

Fredrick D. Foster. et al., GERSTEL Application Note No. 190

침묵의 살인자 미세플라스틱, 어떻게 대응해야 할까요?

Pyrolysis-GC/MS를 이용한 미세플라스틱 정성·정량 분석 토털 솔루션



작지만 큰 위협, 미세플라스틱은 어디에나 존재한다

미세플라스틱(Microplastics)은 우리 주변에 어디에서나 발견되고, 우리의 환경과 건강에 미치는 위험성을 점점 더 드러내고 있다. 미세플라스틱은 직경이 5mm 미만인 플라스틱 입자로, 화장품, 세제에 첨가되어 있기도 하며 의류 및 플라스틱 제품의 폐기물에서 분해되어 나오기도 한다. 이러한 미세플라스틱 입자는 환경으로 배출되어 물과 대기 중에서 흐름을 타고 끊임없이 이동한다. 이 작은 플라스틱 입자들은 수돗물과 생수, 심지어는 우리의 식탁에까지 존재하고 그 양은 계속해서 증가하고 있다.



<그림1> 해변가에서 쉽게 발견할 수 있는 플라스틱 조각

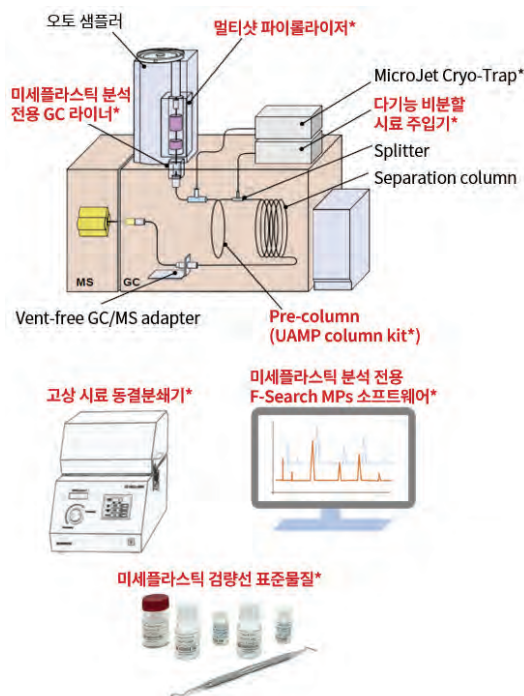
미세플라스틱은 해양과 육지 환경에서 각종 생물을 위협하고 생태계에 부정적인 영향을 미친다. 해양 생물들이 먹이 사슬을 통해 미세플라스틱을 흡수하는 것으로 확인되었으며, 이는 바다생물의 건강과 생존에 영향을 미친다. 이러한 미세플라스틱은 물고기를 포함한 해산물을 섭취하는 경우 심지어 우리 인체의 장기, 혈액까지 침투할 수도 있다. 2023년 중국 베이징 대학 연구팀의 연구 결과 미세플라스틱이 고환 등 신체기관 내부에서 발견되었으며 이것이 건강 문제와 연관될 가능성을 제기하고 있다. 또한 미세플라스틱 입자는 대기 중에도 존재하여 숨을 들이마실 때 우리의 호흡기로 들어갈 수 있다. 2021년 MBC 뉴스데스크 보도에 따르면 서울역과 강남구 신사동, 대치동 등 5곳 도로에서 흡입한 공기 모두에서 미세플라스틱이 검출되었고 주요 발생 원인으로 타이어의 마모로 인한 미세 입자가 꼽혔다.

이러한 미세플라스틱의 위협에 대응하기 위해 본 자료에서는 열분해-가스크로마토그래피/질량분석(Pyrolysis-GC/MS) 시스템을 이용한 미세플라스틱 분석 방법과 이를 활용한 실제 분석 사례들을 소개하고자 한다.

Pyrolysis-GC/MS, 미세플라스틱 분석을 위한 가장 강력한 분석법

Pyrolysis(Py)-GC/MS는 개별 폴리머에 대한 특성 열분해 산물(pyrolyzates)를 선택하여 미세플라스틱 혼합시료에서 정성 및 정량 데이터를 얻을 수 있는 분석 기술이다. 이 분석 기술에 쓰이는 대표적인 장비가 바로 Frontier Lab사 멀티샷 파이롤라이저(Multi-Shot Pyrolyzer)이다. 멀티샷 파이롤라이저는 시료를 micro furnace 내에서 고정밀 온도 제어를 통해 고체상의 시료를 별도의 전처리 없이 등온 또는 승온으로 가열하여 가스상 물질로 전환시키는 열분해 장비로, 발생한 휘발 가스를 GC/MS로 분리 및 검출한다. 또한 열분해 크로마토그램 및 질량 스펙트럼 결과를 통해 각 고분자 물질의 고유한 열적 특성 정보를 파악하여 고분자 혼합물 시료를 정성 및 정량 분석할 수 있다.

Frontier Lab에서는 Py-GC/MS 시스템을 이용한 미세플라스틱 분석 전용 토탈 솔루션(<그림2>참조)을 제공한다. 미세플라스틱의 정성 및 정량 분석까지 자동화된 데이터 분석 소프트웨어 F-Search MPs를 통해 모든 분석 과정을 자동화하여, 시료 당 1시간 이내에 완벽한 미세플라스틱 분석 결과를 얻을 수 있다.



<그림2> Frontier Lab 미세플라스틱 분석 전용 Py-GC/MS 시스템 구성

Pyrolysis-GC/MS를 활용한 미세플라스틱 분석 사례

1. 도로 먼지 내 타이어 마모 입자의 정량 분석

미세플라스틱의 주요 원인 중 하나는 자동차 타이어의 트레드 마모로 인한 것으로, 타이어와 도로 마모 미세입자(tire and road wear microparticles, TRWMPs)가 도로 먼지(Road dust, 이하 RD)로 축적된다. 본 실험에서는 Py-GC/MS를 사용하여 도로 먼지 샘플에서 TRWMPs의 양을 측정하였다.

[실험 방법]

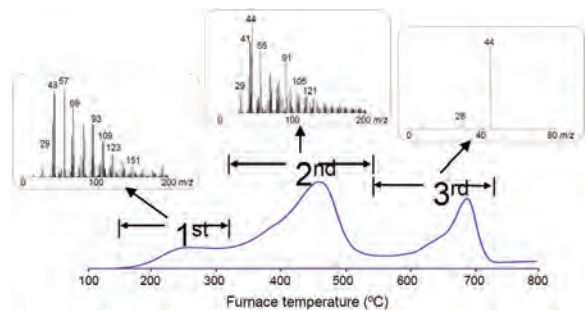
1) 시료 샘플링 및 전처리

서울 도심의 산업 및 주거 지역에서 샘플링 포인트를 선정하고, 진공 청소차를 통해 RD 샘플을 각각 수집했다. 수집한 샘플은 120°C 오븐에서 건조된 후 75µm 체로 걸러졌다. 타이어의 원료로 사용되는 천연 고무(NR) 및 styrene-butadiene 고무(SBR 1502, styrene 함량: 23.5%)는 고상 시료 동결분쇄기(IQ MILL-2070, Frontier Lab)를 이용해 동결 분쇄하여 표준 물질로 준비했다.

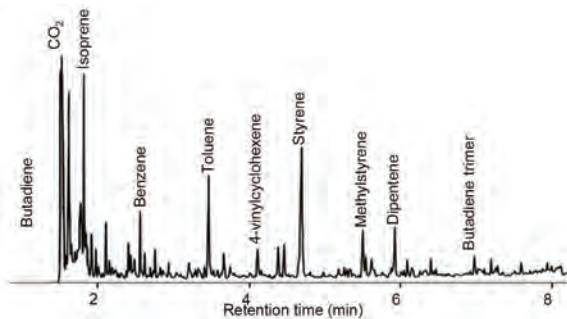
2) 분석 조건

Pyrolyzer – Multi-Shot Pyrolyzer (EGA/PY-3030D, Frontier Lab)		
EGA-MS	Furnace temp.	100 – 800°C (20°C/min)
	GC Column	EGA tube (Frontier Lab)
	Column flow	He, 100 mL/min
	Sample amount	20 mg
Flash pyrolysis	Furnace temp.	670°C
	GC Column	Ultra ALLOY+-5 (Frontier Lab)
	Sample amount	20 mg

[실험 결과]



<그림3> RD 샘플의 EGA 써모그램 (EGA-MS)



<그림4> RD 샘플의 열분해 크로마토그램 (Pyrolysis @670°C)

<그림3>은 RD 샘플의 EGA-MS 써모그램(Thermogram)이다. RD 샘플에서 전형적인 열분해 산물 이온(m/z 69, 91, 93, 105 등)을 관찰하여 SBR, BR 및 NR이 존재함을 알 수 있었다. 670°C에서 수행된 RD 샘플의 Py-GC/MS 분석으로 얻은 열분해 크로마토그램은 <그림4>와 같다. 고무의 열분해와 분자내 고리화를 통해 CO₂, butadiene, isoprene 같은 가스와 benzene, toluene, 4-vinylcyclohexene, styrene, methylstyrene과 같은 방향족 탄화수소가 생성되었다. 결과적으로 산업 지역의 TRWMPs 평균 농도는 약 2% 이었고, 서울의 주거 지역에서는 약 1%로 나타났다.

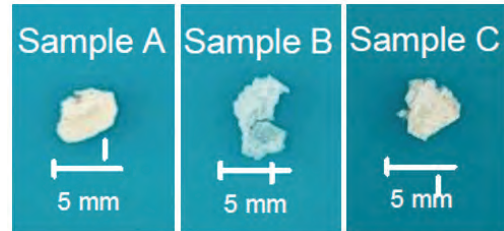
2. Py-GC/MS를 활용한 해안 미세플라스틱 분석

해양으로 흘러가는 플라스틱 폐기물은 해파리 및 태양 빛에 의한 광산화와 같은 다양한 기계적 및 화학적 외부요인들에 의해 분해되어 2차 미세플라스틱과 같은 작은 파편으로 변한다. 이 실험에서는 오사카만 해수면에 존재하는 미세플라스틱을 Py-GC/MS로 분석하였다.

[실험 방법]

1) 시료 샘플링 및 전처리

오사카만 해수면에서 수집한 미세플라스틱 샘플을 외관에 따라 세 가지로 분류하고(<그림5> 참조), 약 1mm 크기의 정사각형으로 잘라 Eco-Cup LF (용량 80 µL)에 넣었다.

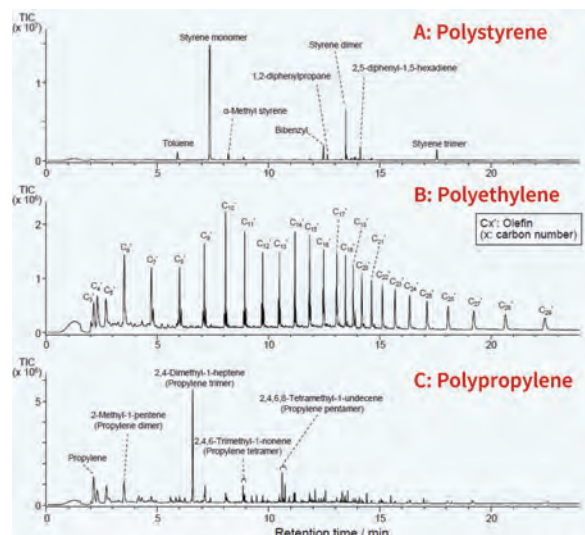


<그림5> 오사카만 해수면에서 수집한 미세플라스틱 샘플 A, B, C

2) 분석 조건

Pyrolyzer – Multi-Shot Pyrolyzer (EGA/PY-3030D, Frontier Lab)		
Flash pyrolysis	Furnace temp.	600°C
	GC Column	Ultra ALLOY+5 (Frontier Lab)
	Column flow	1 mm ²

[실험 결과]



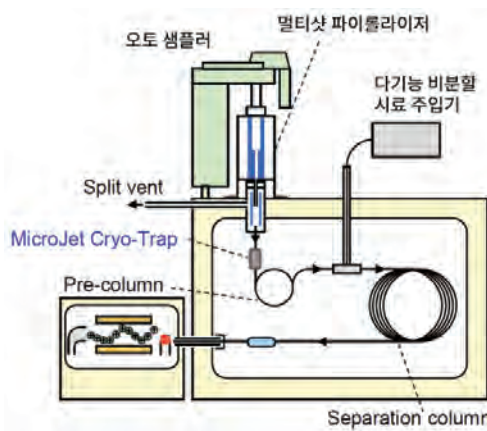
<그림6> 미세플라스틱 샘플의 열분해 크로마토그램 (상단부터 A, B, C 샘플)

Py-GC/MS로 얻은 미세플라스틱 샘플의 열분해 크로마토그램은 <그림6>과 같다. F-Search 라이브러리 검색 결과, A, B, 및 C 샘플은 각각 polystyrene, polyethylene, 그리고 polypropylene 임이 확인되었다.

3. 퇴적물 샘플에서 미량의 미세플라스틱 분석(1/2)

다기능 비분할 시료 주입기(Multi-Functional Splitless Sampler)를 사용하는 F-Splitless Py-GC/MS 분석법(이하 F-Splitless 주입)은 시료 내 극미량 미세플라스틱에 대한 측정 감도를 향상시키기 위해 사용된다. 이 실험에서는 F-Splitless 주입을 사용하여 퇴적물 샘플 내의 미세플라스틱 분석을 수행하였다.

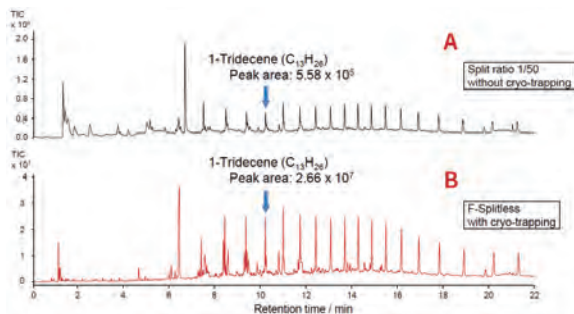
[실험 방법]



<그림7> 고감도 극미량 미세플라스틱 분석을 위한 Py-GC/MS 시스템 구성

퇴적물 샘플은 북대서양 비스케이만의 바다 바닥에서 수집하여 산 분해 및 밀도 분리로 전처리를 하였다. 약 4 mg의 퇴적물을 시료컵에 넣고, <그림7>과 같은 구성의 분석 시스템을 사용하여 600°C의 열분해 온도에서 Split 및 F-Splitless 로 분석하였다.

[실험 결과]



<그림8> 침전물 샘플의 열분해 크로마토그램

<그림8>에서 A는 cryo-trapping 없이 Split 50:1로 얻은 열분해 크로마토그램이며, B는 cryo-trapping 하여 F-splitless로 얻은 열분해 크로마토그램이다. 다기능 비분할 시료 주입기를 이용한 F-Splitless 주입 시, peak intensity가 훨씬 증가하는 것을 확인할 수 있다. 예를 들어, 폴리에틸렌의 열분해 산물 중 하나인 1-Tridecene의 피크 면적은 Split 주입 대비 약 48배 증가했다.

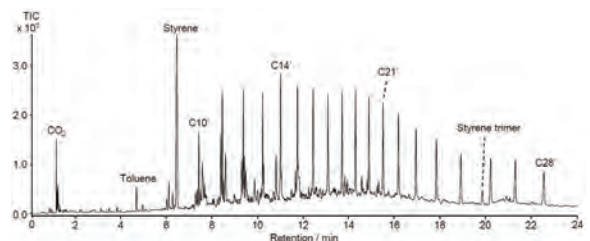
4. 퇴적물 샘플에서 미량의 미세플라스틱 분석(2/2)

이전 실험에서는 F-Splitless 주입이 Split 주입보다 더 높은 감도로 미세플라스틱을 검출할 수 있음을 확인하였다. 본 실험에서는 F-Splitless 주입을 사용하여 퇴적물 샘플 내의 미세플라스틱 정성 및 정량 분석을 수행하였다.

[실험 방법]

마찬가지로 600°C의 열분해 온도에서 F-Splitless 주입으로 분석하였다. 미세플라스틱 정량 분석은 Frontier Lab사의 미세플라스틱 검량선 표준물질(Microplastic calibration standard)을 사용하여 검정 곡선을 만들었다. 미세플라스틱의 정성 및 정량 분석은 F-Search MPs 소프트웨어를 사용하여 수행하였다.

[실험 결과]



<그림9> 퇴적물 샘플의 열분해 크로마토그램

Polymer*	Prob. [%]	Qty [µg]
PE	98.6	10.22
PP	90.4	0.23
PS	99.0	1.12
PMMA	99.9	0.15
PET	90.8	0.12
N66	87.1	0.25

<표1> 퇴적물 샘플 내 미세플라스틱의 정성/정량 분석 결과 (4.047 mg)

퇴적물 샘플의 열분해 크로마토그램은 <그림9>와 같으며, 주로 styrene monomer와 선형 탄화수소가 검출되었다. F-Search MPs를 이용한 미세플라스틱 정성 및 정량 분석 결과는 <표1>과 같다. 분석 결과, PE(Polyethylene)의 함량이 가장 높았으며, PP(Polypropylene), PMMA(Poly methyl methacrylate), PET(Polyethylene terephthalate) 및 N66(Nylon 66)과 같은 미세플라스틱도 미량 검출된 것을 확인할 수 있다. 이와 같이 Frontier Lab사의 미세플라스틱 검량선 표준물질 및 F-Search MPs 소프트웨어를 사용하여 퇴적물 샘플 내의 미세플라스틱의 정성 및 정량 데이터를 간편하게 분석할 수 있다. 🔄

제품문의 : 영인과학 영업마케팅팀 ☎02-519-7494

[참고자료]

오상훈, “생수병 속 미세플라스틱, 1mL 당 1억 개 넘어”, 헬스조선, 2023. 05. 25

강찬수, “고환·정액서도 미세플라스틱 나왔다…연구팀”염증 일으킬수도”, 중앙일보, 2023. 04. 06

현인아, “서울 도심 플라스틱 미세먼지 확인…”타이어가 원인”, MBC뉴스, 2021. 08. 20

진단검사의학 검사실의 면역검사, 화학발광면역측정법



면역(Immunoassay)검사란 항원과 항체 반응을 이용한 검사로 용액 중 들어있는 물질에 선택적으로 결합하는 항체를 이용하여 원하는 알러지, 혈액바이러스, 감염내과, 심혈관질환등을 측정하는 검사이다.

검사 종류는 총 5가지로 아래와 같다.

1) 응집법 (Particle immunoassay)

적혈구나 라텍스(latex) 젤라틴(Gelatin) 등에 항원이나 항체를 부착하여 입자의 반응으로 응집을 확인

2) 효소면역측정법 (Enzyme immunoassay, EIA)

측정하고자 하는 물질에 결합하는 항체에 효소를 미리 부착하여 반응을 일으킨 후 효소에 반응하는 기질을 넣어 효소 반응을 일으킴

3) 방사면역측정법

방사성동위원소는 물리적으로 불안정하여 자연적으로 붕괴를 일으키며 안정한 물질로 바뀌고 이 과정에서 방사선을 방출하여 측정하고자 하는 물질에 반응하는 항체를 방사성동위원소를 부착하여 반응을 일으킴

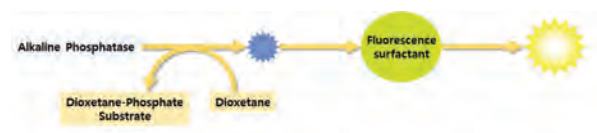
4) 형광면역측정법 (Fluorescence immunoassay)

형광 물질이 특정 파장의 빛을 흡수하여 형광 물질의 분자가 '여기'가 되었다가 다시 원래의 상태로 돌아오면서 흡수한 빛과는 다른 파장의 빛을 내는 반응으로 측정하고자하는 물질과 같은 물질에 형광 물질을 부착하여 형광의 양으로 측정 물질의 농도를 계산

5) 화학발광면역측정법

(chemiluminescent immunoassay)

물질에 반응하는 항체에 화학 발광 물질을 부착하여 항원항체 반응을 일으켜 반응이 일어난 후 필요한 화학 반응을 일으킨 후 발산되는 발광의 정도를 측정하여 이로부터 측정 물질의 농도를 계산



<그림 1> 화학발광면역측정검사(chemiluminescent immunoassay) 원리



<그림 2> Beckman Coulter사 DxI800



<그림 3> Beckman Coulter사 Access II

영인과학에서 취급하는 면역 검사 장비는 Beckman Coulter사의 DxI800과 Access II이다.

두 장비 모두 화학발광면역측정법으로 검사를 진행한다.

화학발광면역측정법의 원리로 발광(Luminescence)은 에너지를 흡수하여 기저상태(Ground state)에서 에너지가 높은 여기상태(Excited state)로 된 분자 또는 원자가 기저 상태로 되돌아 갈 때 높아진 에너지 준위만큼 빛을 발하는 현상으로 화학 반응이 에너지원일 때를 화학발광이라 한다. 발광분석에서는 생성된 빛을 검출기(PM tube)로 감지하여 여기된 물질의 양을 측정하게 된다.

화학발광면역측정법의 종류는 Competitive binding법과 Sandwich법이 있으며 화학발광물질의 종류로는 luminol과 isoluminol, Acridine ester가 있다.

화학발광면역측정법의 검사 항목

- (1) 갑상선 호르몬 : T4, T3, TPOAb, TSH 등
- (2) 생식호르몬 : AMH, DHEA-S, hFSH, hLH, Progesterone, Prolactin 등
- (3) 빈혈검사 : EPO, Vit-B12, Folate, Ferritin 등
- (4) 암표지자 : AFP, CEA, BR Monitor, GI Monitor, OV Monitor 등
- (5) 심혈관 검사 : CK-MB, Digenxin, hsTnl, Myoglobin, Triage BNP 등
- (6) 혈액 바이러스 검사 : HAV ab, HAV IgM, HBs Ab, HBs Ag, HCV Ab V3, HIV Combo 등

제품문의 : 영인과학 전략BIZ팀 (☎ 031-8033-0607)

Spinning-disk를 이용하여 일반 공초점 현미경보다 최대 20배 빠른 벤치탑 형태의 공초점 현미경

[Oxford-Andor] BC43

Andor BC43은 공초점 현미경의 어려운 사용법 및 공초점 현미경의 필수적인 구동 환경을 개선하여 다수의 연구자가 이용하는 시설 및 공간적 제약이 있는 환경에서도 편리하게 사용할 수 있는 이미징 솔루션입니다.

MPCS information (12 polymers)

- 포인트 스캐닝 컨포컬 대비 약 10~20배 빠른 속도의 스피닝 디스크 컨포컬
- 벤치탑 형태로 덮개가 있어 암실 불필요
- 자체적인 Anti-vibration mechanism이 포함된 일체형 장비로 타사 대비 공간 활용도가 좋으며, 일반 실험대에서도 편리하게 사용 가능
- Incubator가 외부로 노출되지 않아 안정적인 Live-cell 이미징 가능
- GPU 방식의 Deconvolution으로 작업된 이미지를 실시간 촬영으로 확인 가능
- 모든 메이저 브랜드에서 촬영한 사진의 분석이 가능한 이미지 소프트웨어 Imaris 무상 제공

응용

- 오가노이드, 의학, 생명과학, 신경과학 등



컴팩트한 사이즈와 작동과 관리가 간단한 일반도립현미경/형광도립현미경

[Nikon] Eclipse Ts2, Ts2-FL

Nikon의 도립현미경은 일반 도립현미경인 Ts2와 형광 옵션 업그레이드가 가능한 Ts2-FL, 2가지로 구분되어 있어 연구자의 연구 특성에 따라 구성 현미경 카메라 및 소프트웨어와 세트 구성 시, 획득한 이미지를 간편하게 저장하고 분석할 수 있습니다.

특·장점

- 컴팩트한 사이즈의 일체형 현미경
 - 236(W) x 548(D) x 471(H) mm / 13 kg
 - 형광 광원이 본체에 내장되어 있어 공간 활용도가 좋음
 - 최대 3개의 형광 광원을 사용할 수 있으며, 독립적으로 조절 가능하므로 유지 비용 최소화
- 형광 관찰 시 자체 약세서리로 암실 불필요
 - Contrast Shield 추가로 밝은 Culture room에서도 형광 관찰 가능
- 60,000시간의 긴 수명을 가진 LED 광원
 - Eco-illumination으로 교체 없이 반영구적으로 사용
- 자체 소프트웨어 Live-acceleration 기능으로 끊임 없는 형광 이미징 가능

응용

- 생명과학, 의학, 제약



자동 생화학 분석기

Beckman Coulter DxC700AU

환자의 병리 진단 목적에 필수적인 생화학 검사 장비로 일반 생화학, 약물검사, 면역 화학 반응검사, 전해질 검사, 당화 혈색소 검사, 라텍스 응집검사 등을 모두 분석할 수 있습니다.

주요 특징

- 1) 분석 시스템의 종류: 이중 다중 검사 방식, Random-Access
- 2) 분석 방법의 종류: 종말점 분석, 속도법, 고정법
- 3) 동시분석 항목수: 최대 60항목 (전해질 분석 포함 63항목)
- 4) 최대처리능력: 800 tests/hr (전해질 분석 포함 1,200 tests/hr)
- 5) 시약분주방식: Multi Pipetting Micro-syringe 방식
- 6) 검체 장착부: Rack feeder를 통한 자동 검체 주입
- 7) 특성
 - 시약 분주 시스템을 세 가지로 분리해 carry over 예방, 검체 종류에 따라 다음 검사 결과가 영향을 받지 않음
 - Reaction cell에 소모품인 plastic cuvette을 사용하는 타사와는 달리 Permanent glass cuvette을 채용하여 반영구적으로 사용 가능함으로서 유지비용을 절감할 수 있음.



혈구계산기

[HORIBA Medical] Pentra XL80 / Pentra XLR

*혈액검사는 적혈구, 백혈구, 혈소판 등과 같은 혈액 내 세포의 종류와 수에 대해 중요한 정보를 제공하며, 질환의 진단·치료 및 추적 관찰에 이르는 임상적응증에 대해 가장 기본적으로 행해지는 검사입니다.

*혈구계산기: 혈액 내 백혈구, 적혈구, 혈소판 등을 계수하는 기구.

HORIBA Medical은 혈액학 분야의 세계적인 선도 기업으로 30년 이상 IVD(체외진단의료기기) 시약을 개발하여 전세계 110개국 이상에 공급하고 있습니다. 일본, 중국, 프랑스, 브라질 4개의 제조원이 있으며, 2015년 프랑스의 몽펠리에와 일본의 교토에 연구개발 센터도 설립하였습니다.

혈액학 분야에 전문성이 있으며 혈액학, 혈액응고, 임상화학, 현장검사(Point of Care), 및 실험환경분석 분야의 제품을 출시하였고, 약 3만 개의 검사실에 공급했습니다. HORIBA Medical의 체외 진단검사 의학의 전문적 기술은 현재 혈액학 분야에 대해 세계적인 기여와 미래를 생각하고 있습니다.

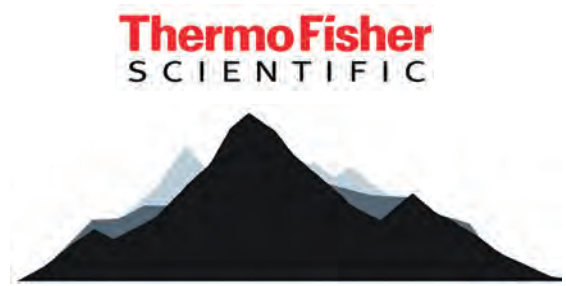
특징



Pentra XL80	Pentra XLR
Up to 80 samples/hour	Up to 80 samples/hour
26 parameters	36 parameters
Large capacity autoloader(100 tubes)	Large capacity autoloader (100 tubes)
Stat sampling on Open or Close tube	Stat sampling on Open or Close tube
Customized Dilution Ratio(CDR)	Customized Dilution Ratio(CDR)
Integrated Validation Station	Integrated Validation Station
CBC / 5 Diff	CBC / 5 Diff / Full reticulocyte parameters
Integrated Workstation, Color Touch Screen	Micro-sampling from whole blood

FTIR의 다양한 응용

: 응용별 FTIR 구성하기



Nicolet Summit FTIR Spectrometer

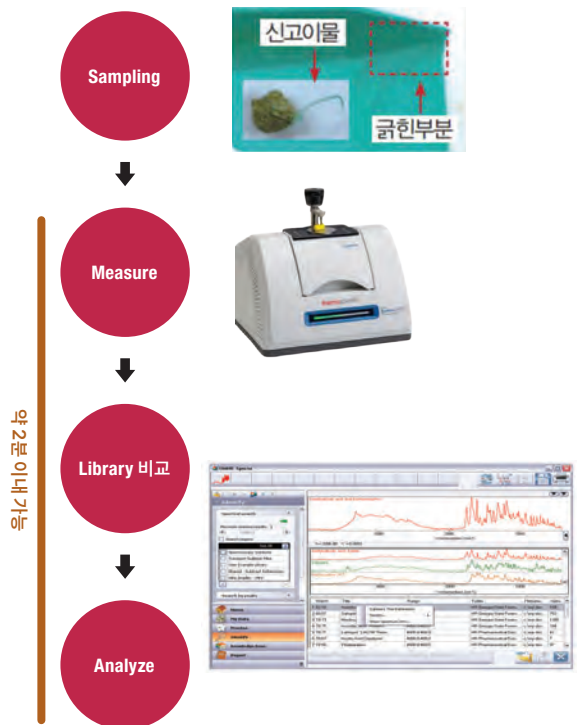


■ Summit 라인은 중적외선 영역의 파장을 이용해 단일 유기화합물 정성 분석에 주로 이용되는 분광기로, 동일 사양 대비 우수한 분해능과 Signal to noise, 정확도를 자랑하며 풍부한 library를 보유하고 있습니다.

Spectral Resolution	Better than 0.45cm ⁻¹ (Summit PRO)
Signal to noise	40,000 : 1 (Summit PRO)
Wavenumber Precision	0.001cm ⁻¹ at 2,000cm ⁻¹
Interferometer Type	Michelson Type

■ 응용 분야 _ 이물 분석

식품 이물, 유사 석유, 단백질 등 다양한 분야에서의 정성 분석에 범용적으로 사용되며, 특히 Spectra라는 복합성분 분석 소프트웨어로 혼재된 성분을 분석하는데 뛰어납니다.



Nicolet iS50 FTIR Spectrometer



■ Built in ATR & Automatic Beamsplitter

Built in ATR과 함께 Raman, Transmission Acc 등으로 효율적인 실험 구성이 가능하며, Visible, Near-IR, Mid-IR, Far-IR 영역의 Beamsplitter가 모두 장착되어 있어 여러 영역의 분석이 가능합니다.

Spectral Resolution	Better than 0.09cm ⁻¹
Signal to noise	55,000 : 1
Wavenumber Precision	0.0008cm ⁻¹ at 2,000cm ⁻¹
Interferometer Type	Michelson Type

■ 응용분야_단백질 분석

단백질 형태와 안정성 확인에 Nicolet iS50 Spectrometer을 사용할 수 있습니다.

- 1) 원자외선(far-UV, 170~250nm) 측정
- 2) 적외선 분광법: 수소 결합으로 인한 아미노기의 결합 진동 차이 분석
- 3) NMR spectrum : 2차 구조 함량 확인

Nicolet iN10 FTIR Microscope



■ Nicolet iN10 모델은 10 μm 이상의 작은 샘플(이물)을 분석하는 데에 주로 사용됩니다.

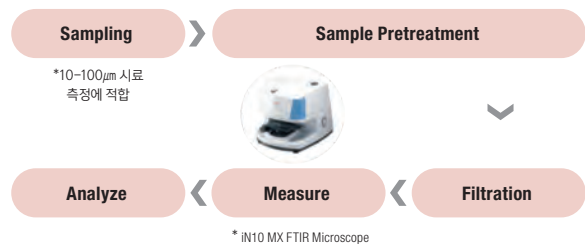
■ 식품 속 미세플라스틱

수돗물 분석 결과 맥주와 꿀, 설탕 및 공기에서도 정상 범위 이상의 미세플라스틱 조각이 발견되었다. 이에 더하여, 식품 포장지에서 비롯된 미세 플라스틱 또한 문제가 되고 있다.1)

■ 해양 속 미세플라스틱

해양 유입 미세플라스틱의 35%는 섬유에서 나오는데, 의류에 포함된 플라스틱 가공 합성섬유는 세탁 시 마모되어 미세플라스틱을 배출한다. 그리고 이는 해양으로 유입되어 생태계를 위협한다.2) ④

■ 응용 분야_미세플라스틱 분석



제품문의: 영인랩플러스 정밀분석팀 ☎ 02-2140-5479

1) 한국수산경제 2) 써모피셔사이언티픽 코리아

ChroZen HPLC/FLD를 이용한 비타민 E 분석



Abstract

비타민 E는 α , β , γ , δ , 4가지 형태의 tocopherol과 마찬가지로 4가지 형태의 tocotrienol을 총칭하는 지용성 비타민이다. 비타민 E의 대표적인 기능은 항산화작용으로 세포막의 인지질에 함유된 불포화지방산 부분의 산화를 방지하여 세포막을 유지시키며, 이를 통해 노화방지에 공헌하고 있는 것으로 주목을 받고 있다. 또한, 세포 내 단백질 및 DNA의 산화성 손상을 방지하고, 혈소판 응집을 억제하고 혈관이완을 항진시켜 심혈관질환의 발생을 줄이는 것으로 알려져 있다. 천연에 존재하는 토코페롤은 d형이지만, 합성품은 dl형으로 dl- α -tocopherol이 가장 일반적으로 사용되며 식품첨가물의 산화방지제로서도 사용이 허용되고 있다.

HPLC를 이용하여 비타민 E를 분석하기 위해서는 복잡한 매트릭스로부터 비타민 E가 완전히 추출되었는지와 추출과정 중 비타민 E가 파괴되지 않는지가 고려되어야 한다. HPLC 또한 역상(reverse phase) 및 순상(normal phase) 방법이 모두 사용될 수 있으나, 역상을 사용할 경우 β 와 γ 이성질체간 분리가 어려워 모든 이성질체를 분석하기 위해서는 순상의 방법이 권장되고 있다. 본 응용자료에서는 철분제 내의 비타민 E를 ChroZen HPLC/FLD를 이용하여 분석하였다.

Instruments and Software

Item	Description	Part No.
Pump	ChroZen HPLC Quaternary Gradient Pump with Vacuum degasser	9421011020
Autosampler	ChroZen HPLC Autosampler	5421011020
Column oven	ChroZen HPLC Column oven for Analytical scale	3421011020
Detector	ChroZen HPLC Fluorescence Detector	7441011020
Install. Option	HPLC Performance Kit (Without LC C18 Column)	1601011890
CDS	YL-Clarity software for single instrument of YL HPLC	5301011000
	Autosampler control of YL-Clarity	5301011040
	System Suitability Test of YL-Clarity	5301011050
Column	Sil (4.6 mm x 250 mm, 5 μ m)	-

Reagents and Standards

- Ethanol, HPLC grade
- n-Hexane
- Isopropyl alcohol
- Petroleum ether

- Potassium hydroxide, ≥ 85%
- Pyrogallol, ≥ 98%
- Sodium sulfate anhydrous, ≥ 99.0%
- α-Tocopherol, ≥96.0%
- β-Tocopherol
- γ-Tocopherol, ≥96.0%
- δ-Tocopherol, ≥90.0%
- Ultrapure water, 18.2 MΩ-cm resistivity

Preparation of Standard Solution

- ① α-, β-, γ-, δ-Tocopherol을 각각 100 mg씩 정밀히 취해 100 mL 갈색 volumetric flask에 넣고 n-hexane을 넣어 표시선까지 정용한다.
- ② 각각의 표준원액을 혼합한 뒤, n-hexane으로 단계별로 희석하여 표준용액으로 한다.

Preparation of Sample Solution

Item	토코페롤로서 0.2 mg
Saponification	+ Ethanol 30 mL + 10% Pyrogallol 1 mL + 90% KOH 3mL
Cooling	비누화가 끝나면 즉시 실온으로 냉각 → 물 30 mL를 가하고 갈색 분액깔때기에 옮긴다.
Liquid/Liquid Extraction	물 10 mL, 석유에테르 30 mL를 가하고 갈색 분액깔때기에 옮긴다.
Washing	물로 수 회 세척 후, 무수황산나트륨으로 탈수
Evaporation	40~45℃에서 감압농축
Filtration	잔류물에 n-Hexane 1 mL 가해 녹이고, 멤브레인 필터로 여과

- 버터 등 유지류

* 검체가 유지인 경우에는 위의 조작 중 비누화조작을 생략하고

HPLC에 직접 주입할 수 있다.

- ① 유지 약 1 g을 정밀히 달아 50 mL 갈색 volumetric flask에 넣고, n-hexane을 넣어 표시선까지 정용한다.
- ② ①을 일정량을 취해 n-hexane으로 희석한 것을 시험용액으로 한다.

Instrument conditions & Chromatogram

ChroZen HPLC system	
Mobile phase	n-Hexane : IPA = 98 : 2
Flow rate	1.0 mL/min
Column	Sil (4.6 mm x 250 mm, 5 μm)
Temperature	35°C
Injection volume	10 μL
Detection	Fluorescence detector (Ex. 298 nm, Em. 325 nm, PMT voltage = Super Low)

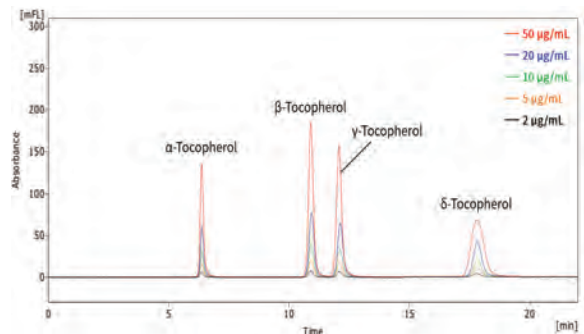


Figure 1. Overlaid Chromatograms of Tocopherols Standards by Concentration

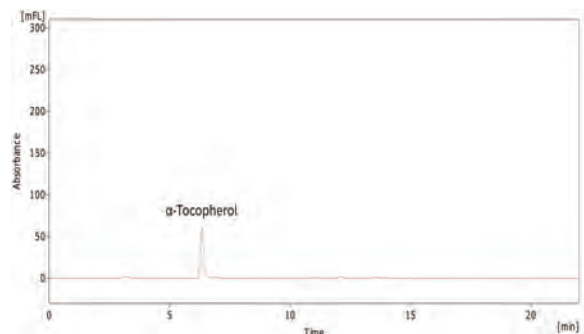


Figure 2. Chromatogram of iron supplements by ChroZen HPLC/FLD

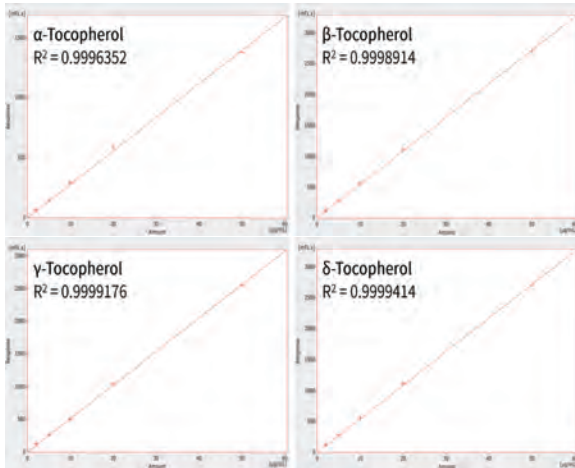


Figure 3. Calibration curve of Tocopherols standards by ChroZen HPLC/FLD

Table 1. Validity of test method by ChroZen HPLC (Concentration of 2 µg/mL, n=10)

Analyte	R.T. (min)	STDEV	LOD (µg/mL)
α-Tocopherol	6.34	1.410	0.167
β-Tocopherol	10.87	0.967	0.059
γ-Tocopherol	12.02	1.851	0.119
δ-Tocopherol	17.81	2.935	0.273

Conclusion

이번 연구에서는 건강기능식품 공전의 비타민 E시험법에 따라 ChroZen HPLC/FLD를 사용하여 철분제 내 α-tocopherol을 분석하였으며, [Fig. 2], 에서 그 결과를 확인할 수 있다. 또한, 시험결과와의 유효성을 검토하기 위하여 직선성을 확인한 결과 0.999 이상으로 우수한 결과가 나타났다. [Fig. 3]

비타민 E의 분석에는 역상과 순상이 모두 이용될 수 있긴 하나 역상을 사용할 경우 β-와 γ-tocopherol의 분리가 어렵기 때문에 모든 이성질체를 분리할 수 있는 순상을 적용하였다. 검출기 또한 UV검출기에 비해 민감도와 선택성이 좋은 형광검출기를 이용하였다.

비타민 E는 사용되는 컬럼과 그 이동상에 따라 분리능과 용출순서가 달라지므로 분석 여건과 분석종류에 따라 적절한 시스템을 적용하면 될 것으로 여겨진다.

Reference

- 건강기능식품 공전 일반시험법 - 비타민 E
- 미강중 토코페롤 및 토코트리엔놀의 정량분석 (Korean journal of crop science, Vol. 49, suppl. 1, 82-89)
- 식품의약품안전평가원_식품 및 건강기능식품 중 비타민 A, E 동시분석법 개발 연구

제품문의: 영인크로매스 ☎031-428-8700

YOUNG IN

OPEN

영인 관계사의
모든 제품을 한 곳에서!

영인 관계사 제품 통합검색 사이트



영인 관계사

영인 관계사는 관계사 12개, 지역 거점법인 3개 회사 총 15개 회사로 구성된 과학 기술 전문 기업으로, 첨단 분석 기술과 최적의 솔루션을 고객님들에게 지원하고 있습니다.

- 영인과학
- 영인랩플러스
- 영인크로마스
- 영인에스티
- 영인에스엔
- 솔루션렌탈
- 영인에이스
- 영인모빌리티
- 영인바이오젠
- 영인에이티
- 영인크롬텍
- 영인앰텍
- 와이앤유사이언스
- 와이앤비사이언스
- 와이앤와이사이언스

사이트 접속 방법

✓ 주소창에 www.younginonline.com 입력

✓ 또는, 영인과학 홈페이지
www.youngin.com 접속 > 🔍 클릭 > 통합검색

▼ 통합 사이트



제품 카테고리

분석 및 계측장비

시료전처리장비

실험실 기초장비

바이오/생명과학

실험실 컨설팅

렌탈 서비스

시약

소모품

복지용품

의료기기



이미지를 통해 한눈에 알아보는 배관/설비의 가스나 압축공기 누출 검출



영인에스티, JFE Advantech사 초음파 음향 카메라 MK-750ST

개요

겉으로 보기에는 이상이 없어 보이는 공장 내 생산 라인의 배관 또는 설비에서 가스나 압축공기가 미세하지만 지속적으로 누출되고 있다면 에너지 낭비로 인해 비용이 상승할 수 있고, 후에 큰 사고로 이어질 가능성이 있다. 가스나 압축공기가 새면 미세한 소리가 발생하는데, 사람의 귀로는 인지할 수 없는 영역을 벗어난 초음파 수준의 소리에는 제대로 된 감지나 대응이 어려울 수 있다. 이러한 소리를 이미지화하여 한눈에 볼 수 있게 도와주는 장비가 초음파 음향 카메라(Air Leak Viewer)이다.

기존의 가스 누출 검출은 초음파 계측장비로 배관 등을 훑어가며 측정하고, 누출로 의심되는 포인트 내 소리의 수치를 보고 판단하거나 비눗물로 마킹하는 등의 방법으로 진행되었다. 하지만 이러한 방법은 시간이 많이 소요되고, 번거로우며 작업자가 접근하기 힘든 높거나 좁은 곳 또는 고온의 환경에서 측정이 어렵다는 단점이 있다.

특징

초음파 음향 카메라는 가스가 미세하게 누출되어 발생하는 초음파 또는 일반적으로 사람이 들을 수 없는 영역의 소리를 시각화하여 눈으로 확인할 수 있도록 도와준다. 음압의 크기에 따라 색상이 그라데이션으로 표현된 음압 맵의 중첩된 시각 이미지를 통해 누출 발생 지점을 쉽게 확인할 수 있다. 카메라 이미지를 통해 확인이 가능하여 사람이 접근하기 힘든 장소에서의 누출 검출에도 용이하며 광범위한 환경에서도 누출 지점을 빠르게 특정하여 찾을 수 있다.

JFE Advantech사의 초음파 음향 카메라 MK-750ST 모델은 압축공기의 누출로 인해 발생하는 초음파를 감지하여 빠르게 누설을 탐지하고, 시각적인 이미지를 통해 누출 장소를 한눈에 알아볼 수 있다. 가로 방향 62°, 세로 방향 35°의 넓은 시야 각으로 초음파원(Leak Point)를 순식간에 표시할 수 있고, 야외나 소음이 있는 환경에서도 정확한 검출 수행이 가능하다. 에어, 증기, 질소, 아르곤 등 기체의 종류에 상관없이 검출이 가능하며 장비의 크기가 작고 가벼워 한 손으로도 가볍게 사용할 수 있다.

측정 원리

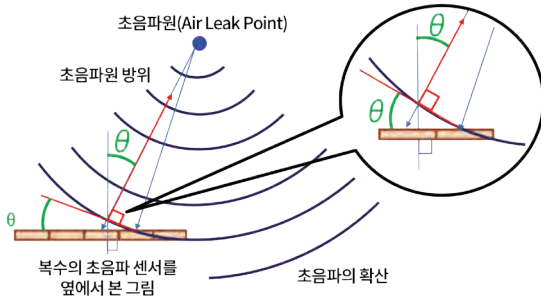



그림 1. MK-750ST의 측정 원리

가스나 압축공기가 누출되어 발생하는 초음파를 어레이 센서(Array Sensor)로 검출하여 음압 지도로 표시한다. 복수의 초음파 센서를 통해 각 센서에 초음파가 도달하는 시간차로부터 초음파원의 위치를 특정하는 기술이 사용된다.

초음파 센서의 배치 면과 초음파가 도달하는 면에 따라 생기는 각도(θ)가 초음파원의 방향이 된다. MK-750ST는 200ms 주기로 초음파원 방향의 연산을 실시하여 초음파 발생 위치를 특정하고, 이를 카메라 이미지상에 색상을 통한 음압 맵으로 표시함으로써 누출 포인트를 검출한다.

응용분야

- 배관 부식으로 인한 핀홀에서의 누출 검출
- 플랜지가 느슨해지거나 패킹 열화에 의한 누출 검출
- 레귤레이터 이음매 부분에서의 누출 검출
- 용접 불량으로 인한 누출 검출
- 진공 배관의 핀홀에서의 외부 공기 흡입 검출 

측정 사례

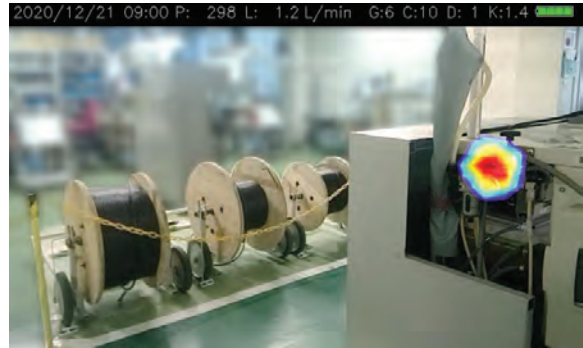


그림 2. 기계 소음이 있는 장소에서의 누출 검출

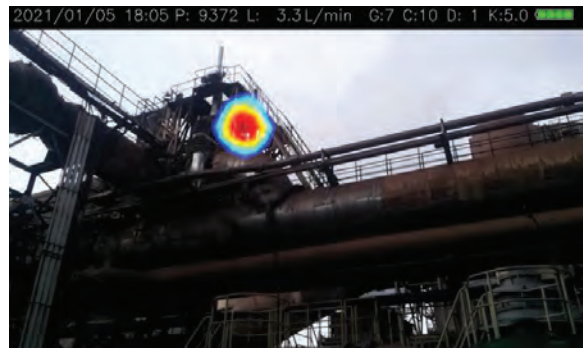
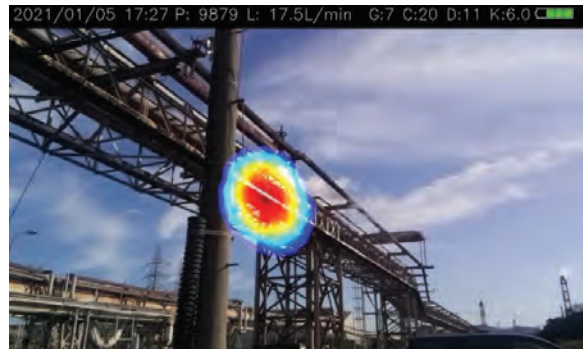


그림 3-4. 옥외 또는 높은 곳에 설치된 배관 누출 검출 사례

제품문의 : 영인에스티 수질환경팀 ☎02-6190-9895)

하루 종일 걸리는 식이 섬유 분석, 전처리 자동화로 4시간만에 끝내세요!

전자동 식이섬유분석기, ANKOM 'TDF Analyzer'



식이섬유란 사람의 소화 효소로 분해되지 않는 다당류 등의 고분자 물질을 총칭하며 섭취 시 콜레스테롤 저하, 혈당반응 개선, 대장기능 개선 등의 효과를 보이는 것으로 알려져 있다.

우리 나라는 AOAC에서 수립한 기준을 따라 식품 및 건강기능식품 내 총 식이 섬유(Total Dietary Fiber, TDF)를 분석하고 있으나 난분해성 고분자 화합물이라는 특징으로 추출/분석/정량이 대단히 까다롭고, 분석 시간도 상당히 길게 가져가야 하는 습식 방식으로 기술되어 있다. 건강기능식품공전 식이섬유 시험법 AOAC 991.43, AOAC 2011.25 기준은 아래 표와 같다.

항목	AOAC 991.43	AOAC 2011.25
	제1법	제2법
시험 과정 요약	아밀라제, 아밀로글루코시다제, 펙티아제 등의 효소를 이용하여 시료 중의 전분과 단백질을 분해시킨 후 잔존해 있는 성분을 다시 에탄올을 가해 침전시킴이 침전된 고분자화합물의 회분량과 단백질량을 구하고, 잔사의 무게 중 단백질량 및 회분량에 의해 보정한 것을 총 식이섬유로 함	식품에 인산완충액을 이용한 효소-중량법을 적용하여 에탄올에 의해 침전되는 고분자의 난소화성 말토덱스트린과 같은 수용성 식이섬유(HMWSDF)를 확인하고 에탄올에 녹는 저분자의 난소화성 말토덱스트린과 같은 수용성 식이섬유(LMWSDF)를 탈염하여 농축한 후, 액체크로마토그래피로 확인하는 방법
분석 조건	효소-중량 시험법	고속액체크로마토그래프-시자굴절계검출기(HPLC-RID)

* 건강기능식품공전 시험법 해설서, 2021.12

영인크롬텍에서 제공하는 ANKOM사의 자동 식이 섬유 분석기 (Automated TDF Dietary Fiber Analyzer)는 AOAC 991.43 (제1법)과 AOAC 2001.03을 자동 수행하여 획기적으로 분석 시간을 단축하고 분석 효율을 개선시킬 수 있다.

ANKOM TDF Analyzer로 식이 섬유 샘플 전처리를 마친 후 결과 계산은 Waters사 정량분석시스템 Arc HPLC를 추천한다. Arc HPLC는 식품/건강식품 공전 제2법에 최적화된 HPLC-RID 시스템이다. ⚡

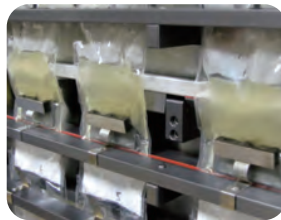
ANKOM사 식이 섬유 분석기

AOAC 991.43, AOAC 2001.03 자동 수행!!

제품문의 : 영인크롬텍 랩솔루션팀 (☎042-363-3785)



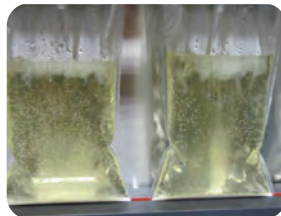
터치 스크린을 통한
간편하고 직관적인 장비 제어



정확한 온도 제어의 교반을 통해
완벽한 효소 분해 진행



진보된 필터 기술이 접목되어
획기적인 여과 시간 단축



높은 효율의
완벽한 SDF 추출!

실험실 공조 덕트의 중요성

영인에스엔, 실험실 공조 설비 서비스 소개



공조 덕트란 공기나 기타 유체가 흐르는 통로 및 구조물을 가리키는 말로, 실험실에서는 필수적인 요소이다. 실험실 목적에 따라 실험실 내부 환경 조건(온도·습도·세균·냄새·기류 등)을 적합한 상태로 유지하기 위하여 공조 덕트를 설치 한다. 실험실 공조 설비 설계 시 고려해야 하는 사항은 다음과 같다.

첫째, '실험자의 안전'에 기초하여 설계한다.

실험 과정 전·후 및 실험 과정 진행 중에 발생하는 유해 가스는 최대한 실험자와 접촉 없이 처리해야 한다. 흡 후드, 체임버, 암 후드, 캐노피 후드 등의 다양한 종류 배기 장치를 배치하여야 하며, 배기 장치의 장·단점·특성을 파악하여, 필요에 따라 적재적소에 사용하는 것이 중요하다. 공조 설비 설계 시에는 배기 장치의 필요한 풍량을 산정하고, 정압을 계산하여야 한다.

둘째, '환경 기준'을 고려하여 설계한다.

실험실 내부의 유해가스 배기 시, 배출된 유해가스로 인하여 환경 오염이 발생할 수 있다. 대기환경보전법 제1장 1조에 따르면 "대기 오염으로 인한 국민건강이나 환경에 관한 위해(危害)를 예방하고 대기환경을 적정하고 지속 가능하게 관리·보전하여 모든 국민이 건강하고 쾌적한 환경에서 생활할 수 있게 하는 것을 목적으로 한다."라고 명시되어 있으며, 대기오염물질(입자상물질 외 63종), 특정대기유해물질(카드뮴 및 그 화합물)을 지정하여 측정 관리 하고, 국가 대기질통합관리센터를 운영하여 대기환경개선 정책을 체계적으로 추진하고 있다. 이와 관련된 법규를 위반할 시에는

과태료 부과 및 행정 처분을 받을 수 있다.

그러므로 실험실 공조설비 설계 시 관련 법규를 고려하여 설계하여야 하며, 유해가스 발생 시 유해가스 특성에 맞는 대기오염방지 장치(유해가스 제거 장치, 스크러버 등)를 추가 설치하여야 한다.

셋째, '에너지 효율'을 고려하여 설계한다.

배기장치 설계 시 풍량은 산업안전보건법에 기준으로 한 배기장치 풍량을 기초로 한다. 배기장치의 수량이 많으면 배기량이 많아지고, 배기량이 많아지면 실내 음/양압을 맞추기 위해 급기 설비를 추가한다. 급/배기량이 많아지면 실내 온도 유지를 위해 난방기의 용량을 높여야 하며 많은 에너지 소비가 발생한다. 따라서 배기량을 줄이면서 유해가스를 없애는 노하우가 에너지 효율에 핵심적 요소이다.

그 외에도 실험실 공조 설비에 있어서 기존 냉·난방기의 존치(사용), 환기(급/배기) 설비의 사용, 전열 교환기의 적용, 급/배기 위치에 따른 공기의 흐름 등을 고려하여야 좋은 실험실을 구축할 수 있다.

실험실의 환경 조성 과 실험자의 안전을 최우선으로 보았을 때 공조 설비는 위와 같이 여러 요소를 충족시켜야 하는 복잡한 특성이 있다고 할 수 있다.

영인에스엔은 다양한 분야의 실험실을 구축한 노하우와 전문 인력의 정확한 계산에 의한 설계로 쾌적하고 효율적인 실험실 공조 설비 설치를 진행하고 있다. 실험실 공조 설비와 관련한 자세

한 상담은 홈페이지 또는 영인에스엔 프로젝트사업팀으로 문의
하면 된다. ☎



Arm Hood



유해가스제거장치_Scrubber



Fume Hood

제품문의 : 영인에스엔 프로젝트사업팀 ☎031-460-9370

DJI Zenmuse L2

새로운 드론 라이다 솔루션

DJI사의 DJI Zenmuse L2



DJI Zenmuse L2는 매우 정확하고 효율적인 드론 라이다 페이로드입니다.

‘Zenmuse L2’는 전작인 ‘Zenmuse L1’보다 한층 개선된 성능을 갖춘 제품으로, L2는 이전 모델 L1에 비해 높은 정확성의 IMU, 더 빠른 데이터 수집 속도, 큰 RGB 센서 및 향상된 측량 효율성을 제공하여 사용자들은 뛰어난 성능을 경험하고 있습니다. 특히 다중 반송 기능을 통해 최대 5개의 반송을 지원하며, 1,200,000 포인트/초의 다중 반송률은 복잡한 환경에서 빠른 데이터 수집을 할 수 있습니다.

주요 성능정보 및 특징

+ 검출 범위: 450m @ 50% 반사율, 0klx; 250m @ 10% 반사율, 100klx.

+ 포인트 클라우드 비율: 단일 리턴 최대 - 240,000 pts/s. 다중 리턴 시 최대 1,200,000 pts/s.

+ 스캔 모드: L2에는 비반복 스캔 패턴과 반복 스캔 패턴이 있습니다. 이로 인해 FOV 내에서 물체 및 기타 세부 정보가 탐지될 가능성이 높아집니다.

+ 레이저 스팟 크기: L1의 1/5인 4 x 12cm @ 100m입니다.

+ 높은 정확도: 수평 5cm @ 150m 비행 고도; 수직: 4cm @ 150m 비행 고도.

+ 효율성: 최대 15m/s로 비행하면서 데이터를 수집합니다. 한 번의 비행으로 최대 2.5km 제곱까지 커버할 수 있습니다.

+ LiDAR 모듈 - 범위 정확도: L1의 3cm @ 100m에 비해 2cm @ 150m입니다.

+ 레이저 범위: 최대 450m까지 지원됩니다.

활용 분야와 미래 전망

Zenmuse L2는 전작보다 성능과 안정성에 확연한 진보를 이뤄, 토지 측량 및 매핑, 전력 사업 분야, 산림 및 기반 시설 관리 등 더욱 다양한 산업분야에서 드론 라이더 기술을 적용할 수 있을 것으로 기대하며, 기존 임무장비를 그대로 호환해 사용할 수 있어 기체의 교체 주기를 맞은 고객들에게 최적의 선택지가 될 것으로 예측하며, 계속해서 성장하는 드론 라이더 시장에 큰 변화를 줄 제품입니다. 해당 제품과 관련하여 자세한 문의사항이 있으신 경우 영인모빌리티로 연락주시길 바랍니다. ☎



<그림1> Matrice 350 RTK와 Zenmuse L2를 활용하여 산림 점검을 수행 중인 모습

제품문의: 영인모빌리티 ☎02-6077-3600

FT-NIR을 이용한 식용 유지 분석

실험실/생산 품질 & 프로세스 관리를 위한 FT-NIR 분석기
 <영인엠텍, BRUKER사 소형 FT-NIR, TANGO 소개>



근적외선 분광법은 농업 부문에서 오랫동안 사용되어온 기법으로, 오늘날 식품 산업의 품질 관리에도 중요한 역할을 하고 있다. 현대적인 다목적 FT-NIR 분광계는 액체와 고체 시료를 모두 분석할 수 있어, 지방종자와 완제품 오일을 비파괴적이고 빠르게 분석하는 데 이상적이다.

FT-NIR 장점

FT-NIR 기술은 고전적인 습식 화학이나 색층 분석에 비해 많은 장점을 제공한다. 시료의 근적외광 흡수를 다양한 파장에서 측정하기 때문에 빠르고 비용 효율적이며, 유해화학물질을 전혀 사용하지 않아 안전하다. 또한, C-H, N-H, O-H군을 함유한 분자의 기본적인 분자 진동을 이용하므로, 지방 종자, 식용유와 같은 유기 물질의 분석에 NIR 분광법이 많이 사용된다. 더 짧은 시간에 더 많은 시료를 측정할 수 있으므로, 생산자가 원료 확인부터 완제품 품질 테스트까지 생산 라인을 따라 지속적으로 제품의 품질을 평가하는 데 이상적이다.

- + 시료 조제 필요 및 폐기물 없음
- + 특별한 기술이 필요 없음
- + 습식 분석 시의 전형적인 작업자 오류 예방
- + 1분도 안 되는 시간에 여러 구성 요소 분석
- + 고체 및 액체 시료에 적합



유지 산업의 프로세스 라인을 따르는 FT-NIR 솔루션

1. 종자유입

종자의 품질에 따라 처리나 저장 방법이 결정되기 때문에 입고된 지방종자의 신속한 분석은 품질 관리에 있어서 중요하다. 많은 기업은 여전히 시료를 외부 실험실에서 분석하는데, 당연히 현장 분석보다는 더 긴 시간을 필요로 하며, 이 시간 동안은 입고된 상품은 방치되어 있게 된다. 반면 FT-NIR는 현장에서 바로 분석할 수 있는 빠른 솔루션을 제공하므로 지방종자의 신속한 입고 테스트가 가능하다.

2. 저장

오랜 기간 동안 저장될 지방종자는 박테리아, 균, 곰팡이가 자라지 않도록 정해진 수분 함량을 유지해야한다. 수분이 잘 유지되지 않으면 종자와 오일이 오염되어 상당한 손실을 초래할 수 있다. FT-NIR 분광계를 사용한 지방종자의 정기적인 수분 분석은 저장 조건을 모니터링하는 데 도움이 될 뿐만 아니라, 오일 처리 시점에서 최적의 종자 품질을 위한 건조 프로세스를 모니터링하는 데에도 도움이 된다.

3. 오일 추출

세척, 건조, 탈부(껍질 제거), 플레이킹(얇게 펴기) 단계는 종자의 오일 수득률을 증가시키기 위한 기본 단계이다. 오일 유형에 따라 물리적 또는 화학적으로 추출하기 전에 냉압하거나 열처리된다. 추출에 들어가는 물질과 유박의 수분/오일량을 FT-NIR으로 모니터링 가능하며, 이를 통해 추출 효율을 빠르게 파악하고, 필요에 따라 조치를 취할 수 있다. 추출된 오일은 유리지방산, 인지질, 왁스 등과 같은 항목을 분석하여 이어지는 정유 과정을 최적화할 수 있다.

4. 정유

정유 과정에서는 원유를 정제하여 식용으로 적합하게 만든다. 정유 과정에서는 유리지방산, 인지질, 왁스 등과 같은 불순물을 제거하지만 비타민이나 산화방지제 같이 필수 항목이 제거될 수도 있다. 그러므로 완제품 검사뿐만 아니라 정유 과정을 면밀히 모니터링하는 것 역시 고품질의 오일을 생산하는 데 반드시 필요하다. Bruker는 실험실뿐만 아니라 현장에서 실시간 측정이 가능한 온라인 FT-NIR 솔루션을 제공하고 있다. 이를 통해 분석 결과를 즉시 확인할 수 있어, 기준 이탈 제품의 재작업을 방지하고 비용을 절감할 수 있다.

5. 지방 조절

천연 오일과 지방은 종종 식품 생산에 필요한 물리적 또는 영양 특성을 충족하지 못한다. 이런 경우 식품 산업에서는 분류, 에스테

르 교환, 수소화 등의 기술을 사용하여 지질의 지방산 구성을 변경할 수 있다. FT-NIR은 지방산 계수, 유리지방산, 트랜스지방산, 요오드가 또는 SFC 함량을 비롯한 지질의 물리적, 화학적 속성의 모니터링을 지원한다.

6. 부산물

식용유 생산 과정에서 생성되는 많은 부산물은 다른 산업을 위한 귀중한 원료가 된다. 예를 들어 탈부 과정에서 남은 껍질은 동물 사료에 섬유소원을 추가하기 위해 펠레타이징할 수 있고, 사료 제품에 추가된 유박은 질소 함량이 높아 가치가 있다. FT-NIR을 사용하면 수분, 오일, 단백질, 섬유소, 회분 함량과 같은 매개변수를 1분도 채 안되어 분석할 수 있어 물질의 시장가를 평가하는 데 유용하다.

결론

Bruker Optics는 세계 최고의 FT-NIR 기기 제조업체로서 농업 부문 및 식품 제조를 포함한 광범위한 산업에서 최고의 솔루션을 제공한다. TANGO를 포함한 다양한 FT-NIR의 분석기는 최신 분광계 기술이 결합되어 비교할 수 없는 유연성과 용이성을 제공한다. 소프트웨어로 제어되는 광학 모듈은 다양한 용도에 맞춰 쉽게 조정할 수 있고, 최적화된 부속품은 정확한 결과값을 보장한다. 또한, 사용자 친화적인 인터페이스는 누구나 쉽게 시스템을 바로 사용할 수 있게 지원한다.

FT-NIR과 관련된 더 자세한 자료의 문의는 영인앰텍으로 연락주길 바란다. 📞

[참조]

제조사 브로셔, "식용 유지: 실험실 및 생산의 품질 관리를 위한 FT-NIR 분석기" http://file.younginmt.com/Brochure/Oil_NIR_Brochure_KR.pdf



제품문의: 영인앰텍 기술영업팀 ☎02-6207-6710

스타트업의 자원활용법

솔루션렌탈 렌탈 사례 소개



스타트업이란 설립한지 오래되지 않은 신생 창업기업을 뜻하는 말로 미국 실리콘밸리에서 생겨난 용어이다. 보통 혁신적인 기술과 아이디어를 보유하고 있지만, 자금력이 부족한 경우가 많고, 기술과 인터넷 기반의 회사로 고위험·고수익·고성장 가능성을 지니고 있다. 스타트업은 당장 수익으로 연결될만한 상품이 없는 경우가 대부분으로, 계속해서 연구가 필요하고 또 연구를 위해서는 자금이 필요하다.

설립 1년 미만 기업은 기존 금융권에서는 자금을 융통하기 어려운 경우가 대부분이다. 금융권 대출의 경우 다른 사람과 관계없이 신용이나 담보를 통해 간편하게 자금 융통이 가능하지만, 금액의 한도가 정해져 있다. 여러 은행들이 지적재산권 담보 대출을 실시하고 있지만, 실제로는 은행과 스타트업 모두에 매력적인 해결책이 되지 못한다. 은행 입장에서는 지적재산권 가치평가에 따르는 위험부담이 크고, 스타트업도 은행의 높은 기준을 통과해 대출을 받는 것보다는 기업들의 투자를 받는 것이 자금확보에 더 수월하다는 판단 때문이다.

투자를 받는 경우 투자자에게 생각보다 많은 권리를 넘겨줘야 할

수 있다. 회사가 계속 성장해 가치가 상승하고, 많은 수익이 발생할 경우 대부분의 이익을 투자자가 가져가게 될 수도 있다. 또한 투자자가 반대하여 의사 결정이 어려워진다거나, 투자금 회수를 요구하여 난감한 상황에 처할 가능성이 있다. 이에 따라 어렵게 마련한 한정된 자원의 효율적인 활용이 중요하다. 솔루션렌탈에서는 스타트업 기업이 투자받은 금액을 효율적으로 활용하기 위한 솔루션을 제공한다.

솔루션렌탈에서는 거래처 업력, 신용, 매출액 등 다방면으로 내부 검토를 진행한 후 렌탈가능여부 및 렌탈조건을 정한다. 스타트업 기업의 경우 일반적인 기업 평가 방법으로 조건을 확인하기에 어려움이 있어, 기술력을 인정받아 창투사로부터 투자를 받거나, 시리즈A 또는 시리즈B 등 추가적인 사항을 고려하여 진행하게 된다.

솔루션렌탈은 바이오컴퍼니 빌더이자 디지털 헬스케어 엑셀러레이터인 뉴플라이트의 파트너로서, 과학 기술 서비스 분야에서 상호 협력 체계를 구축하고 한국 바이오 산업, 국내 과학 기술 연구자들이 쉽게 연구할 수 있는 환경을 구축하기 위해 노력하고 있다.

스타트업, 솔루션렌탈에서 해결책을 찾다

업력 1년 차 스타트업 기업인 A사는 바이오연구개발기업이다. 정해진 투자금에서 연구설비와 연구소 시설을 갖추어야 하는 상황으로, 투자 받은 금액을 고려하자면 규모를 축소할 수 밖에 없고 원하는 시설을 갖추려면 추가 투자를 유치하는 등 시간이 더 소요될 수 밖에 없는 상황이었다. 이에 투자받은 자원을 효율적으로 사용할 수 있는 방법을 고민하던 중 솔루션렌탈을 통해 그 답을 찾을 수 있었다. 연구소 및 시설 구축을 렌탈로 구축하여 초기 투자비용을 절감할 수 있게 된 것이다.

A사는 최초 솔루션렌탈과 렌탈 계약 이후 연구소 확장에 있어 또 한 번 솔루션렌탈에 렌탈을 의뢰하여 상담을 진행한 후 추가로 이용 중이다. 초기 자금의 효율적 운영을 경험한 기업들은 이후 설비 등의 투자가 필요할 경우 렌탈을 활용코자 적극적으로 상담을 요청하는 편이다.

아니기 때문에, 신용도 및 신용등급에 영향을 미치지 않는다. 매월 발생하는 렌탈료는 비용으로 처리하여 비용인식에 의한 절세 효과까지 누릴 수 있다. 단순한 렌탈이 아닌 '솔루션'을 제공하는 솔루션렌탈의 렌탈을 더 많은 기업들이 함께하길 기대한다. 📞



제품 문의 : 솔루션렌탈 ☎02-869-7300

고객도 공급자도 솔루션렌탈에서 웃다

업력 3년차 바이오 기업인 B사는 최근 금융 시장 긴축에 따라 신규 투자는 지연되고, 기존 투자 받은 금액의 '분기별 사용 금액 상한제'로 인해 연구개발에 필수적인 장비 도입 계획 자체가 불투명하게 되어 곤란한 상황을 맞이하였다. B사 뿐만 아니라 해당 장비 공급업체인 C사 역시 매출에 직접적인 영향이 있는 바, B사 이상으로 해결책을 고민하고 이에 솔루션렌탈을 먼저 찾아와 도움을 요청하게 된다. 솔루션렌탈은 그 동안 스타트업과의 계약에서 쌓은 노하우를 십분 발휘하여 고객에게 가장 효율적인 렌탈 솔루션을 제공함에 따라 B사는 최소 비용으로 최대의 효과를 누릴 수 있게 되었으며, C사 역시 함께 촉매를 들 수 있게 되었다. 사용자에게는 초기 비용을 낮춰주고 공급자에게는 빠른 수익 실현을 가능하게 하는 렌탈의 장점을 다시 한 번 확인할 수 있는 순간이었다.

한정된 자원의 효율적 사용

렌탈은 무리한 금액을 투자하여 '소유' 하기 보다는 합리적인 수준의 금액으로 재화를 '공유'하는 방법 중의 하나로, 금융 거래가

Hot Issue
최신뉴스

'2023 제 61회 대한임상병리사 종합학술대회' 참가



영인과학은 지난 10월 13일(금)부터 14일(토)까지 양일간 군산 새만금컨벤션센터에서 개최된 '2023 제 61회 대한임상병리사 종합학술대회'에 참가하여 Horiba Medical 사의 Yumizen H1500 장비를 전시하여 홍보하였다.

영인과학은 병원 내 진단검사의학과에서 필수적으로 사용하는 자동혈구계산기인 Yumizen H1500의 우수한 사양과 성능을 강조하여 방문객들에게 장비를 소개하였다. 본 전시회 기간 중 고객이벤트도 동시에 진행하여 QR코드 설문을 통한 500명 이상의 CRM 대상 DB를 확보하였으며, 본 전시회는 실무 담당자들이 Yumizen H1500 장비에 관심을 가질 수 있도록 계기를 마련한 자리였다.



• 독자카드

영인 Lab. Highlight는 모든 연구, 실험에 종사하는 분들에게 도움을 드릴 수 있는 소식지가 되기 위해 독자 여러분의 의견을 듣고자 합니다.

보내주시는 의견은 영인 Lab. Highlight의 발전을 위한 소중한 자료로 활용하겠습니다.

이름 회사/부서명

전화번호 e-mail

주소

① 이번 호에 가장 유익했던 기사는 어떤 것입니까?

② 다음 호에 다루었으면 하는 내용이나 영인 Lab. Highlight에 바라는 점이 있다면 적어 주십시오.

③ 필요하신 제품 정보 및 응용자료가 있으시면 적어주십시오. 신속하게 보내드리겠습니다.

④ 영인 Lab. Highlight 102호 내용 중 필요하신 자료가 있으시면 체크해 주십시오.

우편이나 e-mail로 신속하게 자료를 보내드리겠습니다.

- 자료번호 102-1 Pyrolysis-GC/MS를 이용한 미세플라스틱 정성·정량 분석 토털 솔루션
- 자료번호 102-2 진단검사의학 검사실의 면역검사, 화학발광면역측정법
- 자료번호 102-3 벤치탑 형태의 공초점 현미경 [Oxford-Andor] BC43
- 자료번호 102-4 일반도립현미경/형광도립현미경 [Nikon] Eclipse Ts2, Ts2-FL
- 자료번호 102-5 자동 생화학 분석기기 Beckman Coulter DxC700AU
- 자료번호 102-6 혈구계산기 [HORIBA Medical] Pentra XL80 / Pentra XLR
- 자료번호 102-7 FTIR의 다양한 응용 : 응용별 FTIR 구성하기
- 자료번호 102-8 ChroZen HPLC/FLD를 이용한 비타민 E 분석
- 자료번호 102-9 영인에스티, JFE Advantech사 초음파 음향 카메라 MK-750ST
- 자료번호 102-10 전자동 식이섬유분석기, ANKOM 'TDF Analyzer'
- 자료번호 102-11 실험실 공조 덕트의 중요성 영인에스엔, 실험실 공조 설비 서비스 소개
- 자료번호 102-12 DJI Zenmuse L2 새로운 드론 라이이다 솔루션 DJI사의 DJI Zenmuse L2
- 자료번호 102-13 영인앰텍, BRUKER사 소형 FT-NIR, TANGO 소개
- 자료번호 102-14 스타트업의 자원활용법 솔루션렌탈 렌탈 사례 소개

* 독자카드를 보내주시는 분들 중 의견이 채택된 분께는 소정의 모바일 쿠폰을 보내드립니다.

