

고귀한 우리가족

영인과학  
소식지  
2014년  
겨울호

# 영인 Lab.Highlight

특별기획

시료전처리 솔루션(1)

시료전처리 선택 가이드

스페셜 칼럼

소변 시료 중 주요 마약류의  
GC/MS 동시 분석법

최신 분석 동향

비대칭 이온 이동도 분석기술  
Field Asymmetric Ion Mobility Spectrometry

세계 첨단 기업

전통과 혁신으로  
기술의 한계를 뛰어넘다.  
Owlstone사

66호

2014년 12월 발행



영인과학

이제,  
영인과학 홈페이지에서  
간편하게  
서비스/워크숍  
신청하세요!



영인과학 홈페이지 www.youngin.com을 방문하셔서 고객지원 메뉴를 클릭하시면 왼쪽 하단에서 서비스 신청과 워크숍 안내 및 신청 메뉴를 보실 수 있습니다. 서비스 접수와 워크숍 참가는 로그인 후 신청하시면 됩니다.



### 서비스 신청하기 ①

서비스 신청을 클릭하시면 방문서비스 신청 페이지로 이동합니다. 오른쪽 상단에 신청하기 버튼을 누르세요.



### 워크숍 신청하기 ①

고객지원 > 워크숍 참가신청 버튼을 누른 후, 참석희망월과 과정명을 선택한 후 신청버튼을 클릭합니다.



### 서비스 신청하기 ②

방문서비스 신청 페이지에서 제품 선택, 시리얼번호, 증상, 방문 희망날짜를 입력한 후 신청버튼을 누르시면 됩니다.



### 워크숍 신청하기 ②

개인 정보 및 교육 기기, 기간, 장소, 교육비 등을 확인하신 후 신청 버튼을 누르시면 됩니다.

## C o n t e n t s

04

### 스페셜 칼럼

소변 시료 중 주요 마약류의  
GC/MS 동시 분석법

10

### 특별 기획

시료전처리 솔루션(1)  
시료전처리 선택 가이드

14

### 최신 분석 동향

비대칭 이온 이동도 분석기술  
Field Asymmetric  
Ion Mobility Spectrometry

16

### 세계 첨단 기업

전통과 혁신으로 기술의 한계를 뛰어넘다.  
Owlstone사

18

### 식품

까다로운 식품 매트릭스의  
다성분 잔류농약  
동시 스크리닝 및 정량 분석법

24

### 고분자

광산화 분해 반응과  
열분해를 이용한 고분자 분석

28

### 제약

제약용수의 TOC 분석  
KP, JP vs. USP, EP 규정

30

### 환경

폐암의 주 원인 라돈,  
실내 라돈 환경 측정과 대처

32

### 임상

세포검사 방법의 기원과 변천

35

### Hot Issue

최대효율의 기준,  
Agilent 1290 Infinity II LC

36

### Product Story

38

### 스스로 하는 기기 진단

Agilent GC Column 교체하기

40

### 분석 TIP & TRICKS

Agilent GC/MS ChemStation  
라이브러리 만들기

42

### 영인 계열사 소식

52

### Young In News

54

### 독자카드

55

### 생활의 싹표

영인 Lab.Highlight 66호에 게재된 글과 사진의 무단 복제를 금합니다.



Facebook



Twitter



YouTube

# 소변 시료 중 주요 마약류의 GC/MS 동시 분석법

글 | 팽기정 교수(연세대학교 화학및의화학과), 김진영 박사(대검찰청 과학수사담당관실)



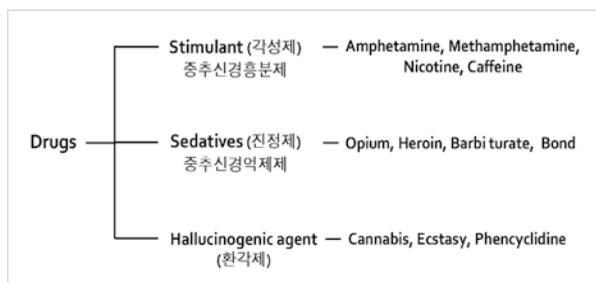
## 마약의 정의 및 분류

마약류는 모르핀, 코카인, 아편 등과 그 유도체들을 일컫는 말로 미량으로도 강력한 진통작용과 마취작용을 나타내며 계속 사용하면 습관성과 탐닉성이 생기게 하는 물질이다. 또한 사용을 중단하면 격렬한 금단증상을 일으켜 마약을 사용하지 않고는 정상적인 생활을 할 수 없게 되며, 육체적으로나 정신적으로 폐인이 되게 하는 물질이다.

이러한 물질이 의료 및 연구 이외의 목적에 남용되는 위험을 방지하기 위하여 정한 법률상 용어를 마약류라고 일컫는다. 세계보건기구(WHO)에 따르면 마약류는 약물 사용에 대한 욕구가 강제적일 정도로 강하고(의존성), 사용할 때마다 그 양이 증가하는 경향이 있으며 양을 늘리지 않으면 효과가 없고(내성), 사용을 중지하면 온몸에 견디기 힘든 이상을 일으키며(금단증상), 개인에 한정되지 않고 사회에도 해를 끼치는 약물로 정의되어 있다.

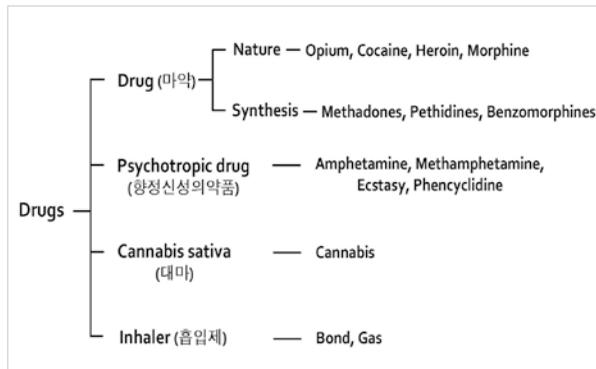
마약류는 일반적으로 생성원 혹은 제조원에 따라 천연 마약과 합성 마약, 향정신성 의약품, 대마, 흡입제로, 약리작용에 따라 흥분제(각성제)와 억제제(진정제)로, 그리고 의존성에 따라 중독성 약물과 습관성 약물로 분류한다.

첫 번째로, 약리작용에 따른 마약류의 분류는 다음과 같다.



〈그림 1〉 Classification of drugs for pharmacological action

두 번째로, 생성원 혹은 제조원에 따른 마약류의 분류는 다음과 같다.



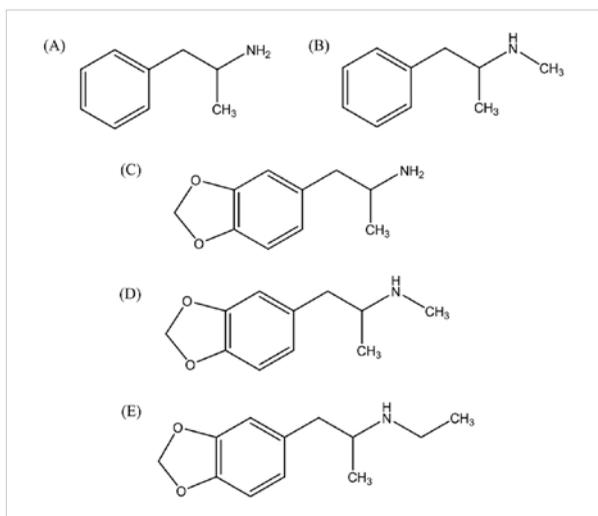
〈그림 2〉 Classification of drugs

앞서 언급한 다양한 마약류 중에서 가장 많이 남용되고 있는 것은 암페타민계 흥분제류와 칸나비스속 일년생 식물의 잎과 꽃에서 얻어지는 물질인 대마성분이 있다. 마약류의 동시 분석을 위해서는 이 두 성분의 동시 검출이 매우 중요하다.

### 암페타민계 흥분제류

암페타민계 흥분제류는 관용적으로 ATS(amphetamine type stimulants)라고 표현한다. 암페타민 성분을 기초로 하고 중추신경을 자극하는 매우 강력한 중추신경계 흥분제로 강한 정신적 의존성을 야기하는 물질을 통칭한다. 대표적인 ATS로는 메스암페타민(MA)을 비롯해 암페타민(AP) 등이 있으며 환각성 신중 마약인 3,4-메틸렌디옥시 메스암페타민(MDMA)도 이에 포함된다.

MA와 AP는 중추신경계를 흥분시키고 전체적인 육체활동을 증가시키고 극적인 흥분상태를 경험하게 하며 그 효과는 최대 12시간까지 지속된다. 의학적으로는 과운동증 치료제, 수면 발작증 치료제, 비만 치료제 등으로 사용된다. 이를 남용하면 폭력성이 나타나고 부유감과 불안감, 적대감, 심각한 편집증이 발생하며 환각 현상, 발한, 우울증과 같은 금단현상이 나타나며 체내에서 최대 2일간 머문다.



(그림 3) Structure of Amphetamine type stimulants(ATS)  
 (A) : Amphetamine(AP), (B) : Methamphetamine(MA)  
 (C) : 3,4-methylenedioxyamphetamine(MDA)  
 (D) : 3,4-methylenedioxymethamphetamine(MDMA)  
 (E) : 3,4-methylenedioxyethylamphetamine(MDEA)

일반적으로 AP는 투여한 지 20분이 지난 후부터 소변으로 배설되기 시작하고 투여량의 20~30%가 변화되지 않고 배설되며, 미변환체의 배설은 소변의 액성에 따라 달라진다. 알칼리성 소변에서는 전체 투여량의 45%가 24시간 이내에 배설되며 이중 2%가 미변환체이다. 반면 산성 소변에서는 24시간 이내에 전체 투여량의 78%가 배설되며 이중 68%가 미변환체로 배설된다. 따라서 소변에 존재하는 AP의 검사는 미변환체를 분석하는 것이 바람직하다.

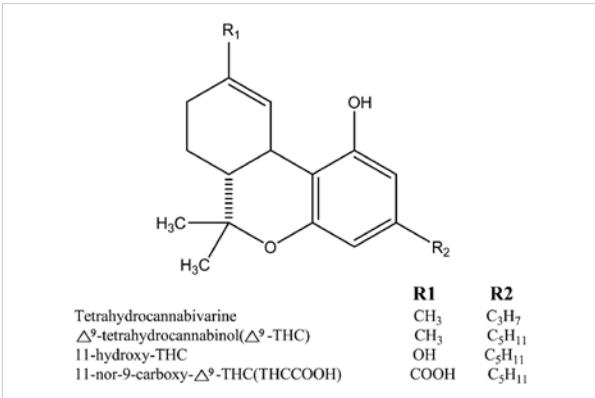
MA 역시 투여한 지 20분이 지난 후부터 소변으로 배설되기 시작하고 43%가 변화되지 않은 미변환체로 배설되며, 주요 대사체인 AP로 6~20%, 4-하이드록시 메스암페타민(4-hydroxymethamphetamine, HMA)으로 10%가 배설된다. 따라서 소변에 존재하는 MA의 검사는 미변환체와 주요 대사체인 AP 혹은 HMA를 동시 분석하는 것이 바람직하다. 만성 MA 투약자의 경우, 소변 중 MA 및 AP의 농도는 각각 25~300  $\mu\text{g}/\text{mL}$  및 1~90  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 로 측정되며 AP의 양은 최소 4%에서 최대 30%까지 배설된다는 보고가 있다.

### 대마 성분

대마초(cannabis)는 400여 종 이상의 화학물질로 구성되며 지금까지 약 60여 종 이상의 대마 성분이 분리·확인되었다. 이중 테트라하이드로카나비놀(tetrahydrocannabinol, THC)과 테트라하이드로카나비바린(tetrahydrocannabivarin) 성분만이 환각 효과가 있는 것으로 알려져 있으며, THC는 탄소의 이중결합 위치에 따라  $\Delta^8$ -THC와  $\Delta^9$ -THC 두 종류가 존재한다.  $\Delta^9$ -THC는 1/100,000 mg 만으로도 환각상태를 일으킬 수 있어  $\Delta^9$ -THC를 많이 함유한 대마초일수록 인체에 끼치는 해가 크다고 알려져 있다.

대마초는 흡연을 시작한지 약 4시간 후부터 소변으로 배설되기 시작하며 일반적으로 대마초 흡연 시 THC는 흡연 양의 1~5%가 변화되지 않은 미변환체로 배설되며 약 95~99%는 대사체로 배설된다.

주요 대사체로는 11-nor-9-carboxy- $\Delta^9$ -tetrahydrocannabinol(THCCOOH)과 11-hydroxy-tetrahydrocannabinol이 있으며 이중 THCCOOH는 대마 흡연 여부를 판정하는 기준 성



(그림 4) Structure of major cannabinoids

분이 된다. 그러나 THCCOOH는 소변 내에서 80% 이상이 글루쿠로나이드(glucuronide, Glu) 포함체(THCCOOH-Glu)의 형태로 존재하기 때문에 반드시 가수분해 과정을 거쳐야 한다. 따라서 소변에서 대마초의 검사는 THCCOOH-Glu를 가수분해하여 분석하는 것이 바람직하다.

### GC/MS를 이용한 마약류 동시 분석법

법독성학(forensic toxicology)적으로 마약의 분석이 가능한 분석 시료(matrix)는 소변(urine)과 머리카락(hair), 혈액(blood), 타액(oral fluid), 손발톱(nail) 등이 있으며, 일반적으로 소변과 머리카락이 가장 많이 사용되고 있다. ATS는 소변 시료를 사용하면 최대 5일까지 분석이 가능하며 머리카락 시료를 사용하면 보통 3개월(90일)까지 분석이 가능하다. 또한 대마초는 소변 시료를 사용하면 최대 30일까지 분석이 가능하며 머리카락 시료를 사용하면 ATS와 같이 90일까지 분석이 가능하다.

본 실험에서 사용한 소변 시료는 머리카락 시료에 비하여 분석 가능한 기간이 짧은 단점이 있으나, 시료 전처리 과정이나 분석시료로부터 분석물질을 추출하는 과정이 간편하다는 장점이 있어 소변 시료를 통한 마약 분석은 효과적인 법의학적 분석 수단이라고 할 수 있다.

법독성학적인 마약 분석의 수단으로 1990년도 중반까지는 면역분석법(immuno-assays)이 많이 사용되었으며, 면역분석

법의 한계점을 극복하고자 2000년대부터는 기체 크로마토그래피 분석법(gas chromatography, GC), 액체 크로마토그래피-자외선 검출기 분석법(liquid chromatography-ultra violet detector, LC-UV), 기체 크로마토그래피-질량분석법(gas chromatography-mass spectrometry, GC/MS), 액체 크로마토그래피-질량분석법(liquid chromatography-mass spectrometry, LC/MS) 등이 많이 사용되고 있다.

이 방법 중 GC/MS 방법은 ATS와 대마 성분을 동시분석할 때 비교적 짧은 시간에 구조적으로 유사한 물질들을 적절한 분해능으로 분리 분석할 수 있는 장점이 있다. 다만 ATS류 마약물질들과 대마성분 물질들은 화학적으로 매우 상이해서 추출, 유도체화 등의 방법에서 서로 다른 방법을 적용해야 하기 때문에 동시 분석이 어려운 점이 있었다.

본 자료에서는 각 성분의 추출, 가수분해 및 유도체화 방법들을 review하고 이를 바탕으로 두 마약성분들을 동시에 분석할 수 있는 GC/MS 방법을 제안하고자 한다.

### 분석물질 선택

사람과 동물에 대한 연구에서 ATS인 MA는 생체 내에서 대사되어 MA 43%, AP 6~20%, HMA 10%로, MDMA는 MDMA 15%, HMMA 20%, MDA 2%로, MDEA는 MDEA와 MDA로, AP는 AP 성분이 주요 대사체로 소변을 통해 배설되는 것으로 알려져 있다. 또한 대마초의 주요 성분인  $\Delta^9$ -THC는 95~99%가 THCCOOH 성분으로 변환되어 소변으로 배설된다.

따라서 AP, MA, MDA, MDMA, MDEA 5종의 남용 여부를 확인하기 위한 기준 성분은 개개 약물의 주요 대사체를 고려하여 선정하였다. MDMA 복용여부는 MDMA와 MDA를, MDEA는 MDEA와 MDA를, MDA는 MDA를, MA 투약 여부는 MA와 AP를, AP는 AP를 판정 기준 성분으로 선택하였다. 대마초의 흡연 여부는 THCCOOH를 판정 기준 성분으로 선택하였다.

그러므로 총 6종의 약물 남용 여부를 동시에 확인하기 위한 분석 대상 물질 AP, MA, MDA, MDMA, MDEA, THCCOOH

와 각각의 성분에 대한 중수소 치환체인 내부표준물질 6종을 포함하는 총 12종의 성분에 대해 동시분석한다.

### 마약 추출

GC/MS를 이용한 마약 분석에 앞서 분석 시료로부터 분석물질을 추출해야 하는데 일반적으로 유기용매 추출법과 고체상 추출법 등이 많이 사용되고 있다.

소변 시료로부터 ATS를 추출하는 방법은 다음과 같다. 소변 시료 0.75 mL에 1 M의 탄산염 완충용액 0.4 mL를 넣어 소변의 pH를 10으로 조절하고, 추출 용매인 아세트산에틸 1.0 mL를 가하여 2분 동안 격렬하게 흔들어 준다.

그 후 상층액을 바이알에 옮겨 담고, 무수황산나트륨 0.25 g을 첨가하여 추출한다(액체상추출법). 또는 소변 시료 0.5 mL에 50 mM의 붕산염 완충용액 1.0 mL를 넣어 소변의 pH를 10.5로 조절한다. 소변 시료를 Extrelut 카트리지 컬럼(cartridge column)에 주입하고 20분간 실온에서 방치한다. 추출 용매인 아세트산에틸 3.0 mL를 카트리지 컬럼에 주입하여 추출한다(고체상추출법).

소변 시료로부터 THCCOOH를 추출하는 방법은 다음과 같다. 소변 시료 3.0 mL를 시험관(16×125 mm)에 넣은 후, 아세트산을 가하여 소변의 pH를 4로 조절한 후, 혼합 추출용매 헥산 : 아세트산에틸(9:1, v/v) 3.0 mL를 넣어 20분 동안 흔들어 준다. 3000 rpm에서 10분 동안 원심분리한 다음 유기용매 층을 분리하여 추출한다(액체상 추출법).

소변 시료 3.0 mL를 시험관(16×125 mm)에 넣은 후, 아세트산을 가하여 소변의 pH를 4로 조절한다. 메탄올과 증류수를 1.0 mL 씩 순서대로 2 mL/min의 속도로 흘려 SPE 카트리지를 활성화시킨다. 활성화된 카트리지에 소변 시료를 2 mL/min의 속도로 주입한다. 시료 주입 후 방해물질을 제거하기 위해 0.1 M 수산화나트륨 2.0 mL를 2 mL/min의 속도로 흘려준 후, 증류수 2.0 mL와 헥산 4.0 mL를 순서대로 8 mL/min의 속도로 흘려준다. 방해물질이 제거된 카트리지에 추출용매인 아세트산에틸 3.0 mL를 2 mL/min의 속도로 주입하여 추출한다(고체상추출법).

### 마약의 유도체화

GC/MS를 이용한 분석에서는 반드시 분석하고자 하는 물질을 유도체화해 주어야 한다. 분석물질이 비휘발성인 경우, 분석 과정 중 이온화(ionization)에 어려움을 겪어 이온 피크(ion peak)가 잘 나타나지 않게 된다.

따라서 유도체화 과정을 통해 비휘발성인 분석물질을 휘발성으로 변환시켜 주어 이온화가 잘 일어나게 해 주어야 한다. 또한 분석물질이 극성인 작용기를 가지는 경우, 시료가 분석관(column)에 주입되게 되면 분석관과의 반영구적 흡착에 의해 크로마토그램의 꼬리 끌기 현상이 나타나 정량분석이 불가능하게 된다. 따라서 유도체화 과정을 통해 극성인 작용기를 가지는 분석물질을 비극성인 작용기를 가지도록 변환시켜 주어 크로마토그램의 꼬리 끌기 현상을 제거해 주어야 한다.

ATS는 일차 아민과 이차 아민의 아민기를 가지는 물질이므로 아실화를 이용한 유도체화가 효과적이다. 일반적으로 아민기의 아실화의 경우, fluorinated anhydride류의 TFAA, PFPA, HFAA와 MBTFA와 같은 유도체화 시약을 많이 사용한다. THCCOOH은 카르복실기를 가지는 물질이므로 아실화를 이용한 유도체화가 효과적이다.

일반적으로 카르복실기의 아실화의 경우, anhydride와 alcohol을 함께 사용하는 TFAA/PFPOH, PFPA/PFPOH 등을 유도체화 시약으로 많이 사용한다. 이는 대마초의 주요 성분인  $\Delta^9$ -THC와 그의 대사체인 THCCOOH의 동시분석에 많이 사용되고 있긴 하지만  $\Delta^9$ -THC는 유도체화 과정을 거치면서  $\Delta^8$ -THC의 형태로 다수 이성질체화(isomerization) 된다. 이 때, 용매인 클로로포름을 첨가하면  $\Delta^9$ -THC의 이성질체화를 방지할 수 있으며, 용매 존재 하에서 TFAA만을 단독으로 사용하는 경우  $\Delta^9$ -THC의 이성질체화가 일어나지 않는다는 보고가 있다.

### 마약의 가수분해

THCCOOH의 경우, 소변 내에서 80% 이상이 THCCOOH-Glu의 형태로 존재하기 때문에 GC/MS를 이용한 분석에 앞서 반드시 가수분해를 통해 이를 제거해 주어야 한다.

THCCOOH-Glu를 가수분해하는 방법에는 효소와 산·알칼리를 이용한 방법이 대표적이다. 일반적으로 효소 가수분해(enzyme hydrolysis)가 효율적이나, 비용과 시간이 많이 소요되기 때문에 법의학 분석에서는 산·알칼리를 이용한 가수분해를 많이 사용하고 있다.

산 가수분해(acidic hydrolysis)는 상대적으로 방법이 간단하지만 시간이 많이 소요된다는 단점이 있다. 그러나 알칼리 가수분해(alkaline hydrolysis)는 상대적으로 가수분해에 소요되는 시간이 짧다. 따라서 대마초의 흡연 여부를 확인하기 위한 소변 분석에서는 염기성 조건 하의 알칼리 가수분해가 주로 이용된다.

THCCOOH-Glu의 알칼리 가수분해 과정은 다음과 같다. 소변 시료 3.0 mL를 시험관(16×125 mm)에 넣고 10 M 수산화칼륨을 첨가하여 소변의 pH를 10으로 조절하고, 술팜산 100 mg을 첨가한 후에 교반기로 상온에서 10초 동안 혼합하여 가수분해한다. 또는 소변 시료 1.0 mL를 시험관에 넣은 후, 진한 수산화나트륨을 첨가하여 소변의 pH를 10으로 조절하고 70 °C에서 30분 동안 가열하여 가수분해한다.

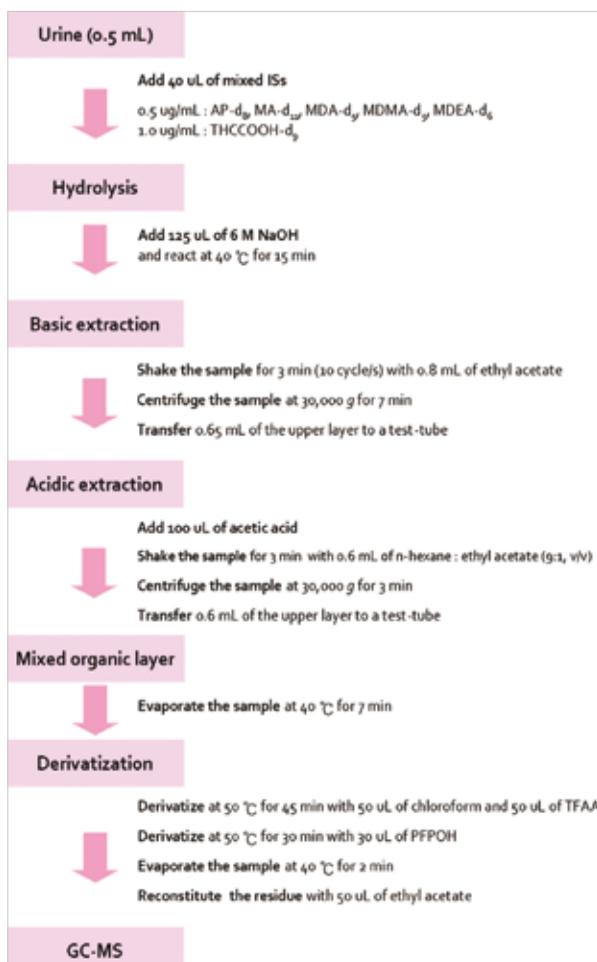
**동시분석법**

동시 분석법의 전처리 과정은 <그림 5>에 정리하였다. 가수분해, 추출 및 유도체화의 전처리를 단계적으로 수행한다. 전처리가 끝난 분석시료를 GC/MS로 분석하기 위하여 유도체화 시약과 유도체화 용매가 제거되고 남은 잔여물에 50 µL의 아세트산에틸로 재용리(reconstitute)하였다. 그 후 재용리된 시료를 바이알(vial)에 옮겨 담아 1 µL를 GC/MS로 분석한다.

시료 분석을 위한 GC/MS는 Agilent Technologies사 7890A Gas Chromatograph에 연결된 5975C Mass Selective Detector를 사용하였다. 분리관은 DB-5MS(30 m×0.25 mm I.D., 0.25 µm film thickness, J&W Scientific, USA)를 사용하였으며, 기기의 세부 조건은 <표 1>에 정리하였다.

**실시료 적용**

본 연구에서 개발한 분석법에 따라 2011년 7월부터 9월까지 대검찰청 과학수사담당관실에 의뢰된 MA와 THCCOOH 남용 용의자의 소변 시료(n=13)를 분석하였다.



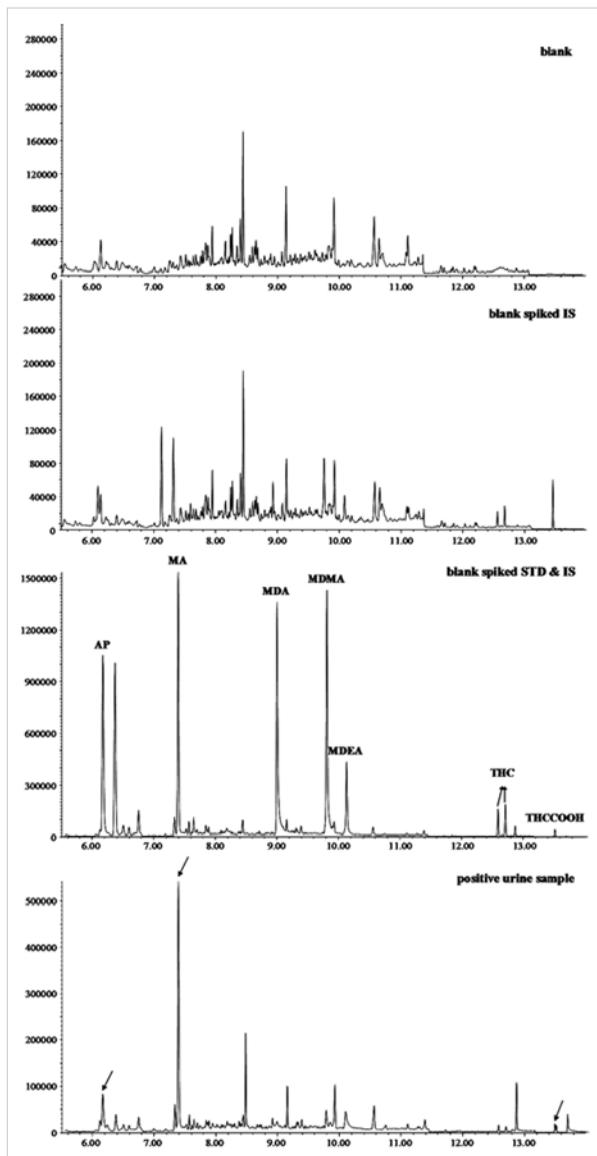
<그림 5> Sample preparation steps for analytes

<표 1> Operation conditions of GC/MS

<b>GC conditions</b>	Injection volume : 1 µL Inlet temperature : 260 °C Inlet mode : Splitless Purge flow and time : 22.0 mL/min, 0.3 min Carrier gas flow : 1.2 mL/min Equilibrium time : 0.1 min Run time : 15.5 min Post-run time : 0.5 min
<b>MS conditions</b>	Ionization : EI Acquisition mode : SIM Electron energy : 70 eV Electron multiplier voltage : 1200V Ion source temperature : 150 °C MSD transfer line temperature : 300 °C

〈표 2〉 Concentration range, mean, median and number of analytes in real sample

	range (ng/mL)	mean (ng/mL)	median (ng/mL)	n	pos n
MA	5.06~414.17	250.33	268.34	13	10
AP	7.97~143.84	83.07	84.66	13	10
THCCOOH	6.69~229.05	60.90	20.66	13	9



〈그림 6〉 Total ion chromatograms in SIM mode. Concentration of spiked standards are 500 ng/mL and THCCOOH-d<sub>9</sub> is 80 ng/mL and the other internal standards are 40 ng/mL in urine

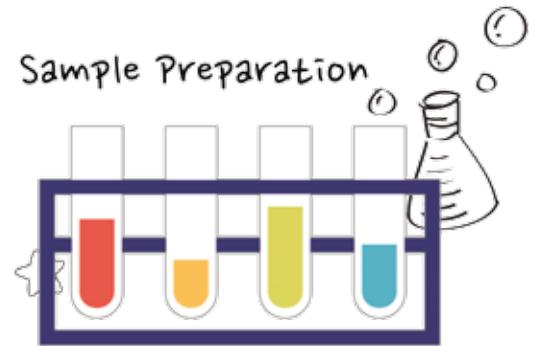
MA의 검출 농도는 5.06~414.17 ng/mL, AP는 7.97~143.84 ng/mL, THCCOOH는 6.69~229.05 ng/mL의 범위를 가졌다. 13개의 시료 모두 대검찰청 마약감식실에서 사용하는 routine 분석법과 비슷한 수치를 나타냈으며, 정량 범위 내에서 MA와 THCCOOH 모두 양성인 시료는 6개였다. 그 중 하나의 MA 농도는 검량한계보다 높았지만, 정량 범위 내에 포함되지 않으며 대사체인 AP가 검출되지 않아 MA에 대해 양성이라 판단할 수 없었다.

개발된 분석법을 통해 측정된 실시료의 정보를 〈표 2〉에 정리하였고, 바탕시료와 표준물질, 내부표준물질을 첨가한 바탕시료, MA와 THCCOOH 남용자의 total ion chromatogram(TIC)을 〈그림 6〉에 나타냈다. 이를 통해 모든 분석물질들은 겹쳐짐 없이 소변 시료의 간섭물질을 효과적으로 배제하며 동시에 선택적으로 분석할 수 있음을 확인할 수 있었다.

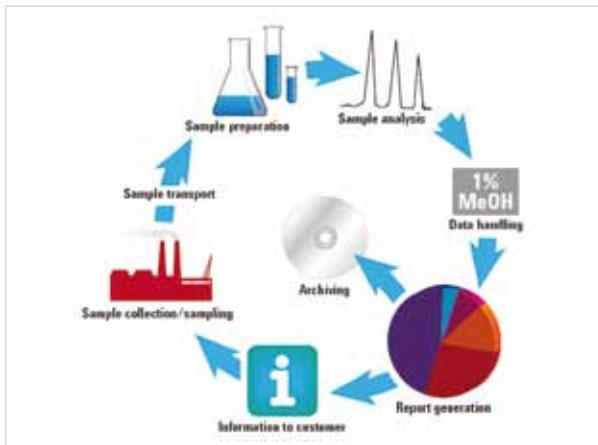
### 참고문헌

1. Seon Yeong Kim, Jin Young Kim, Woonyong Kwon, Moon Kyo In, Young Eun Kim, Ki-Jung Paeng, *Microchemical Journal*, 2013, 110, 326.
2. 대검찰청, 마약류범죄백서, 2009
3. Frederick P. Smith, Sotiris A. Athanasis, Maciej J. Bogusz, *Handbook of Forensic drug analysis*, 2004
4. Lillian A. Mundt, *Textbook of Urinalysis and Body Fluids*, 2010
5. Tsadik T. Abraham, Allan J. Barnes, Ross H. Lowe, Marilyn A. Huestis, *Journal of Analytical Toxicology*, 2009, 33, 439
6. Nieves Pizarro, Magi Farré, Mitona Pujadas, Rafael de al Torre, *Drug metabolism and Disposition*, 2004, 32, 1001
7. Dupont Company, *Gas Chromatography Derivatization*, 2010
8. Oliver Lerch, Peter Zinn, *Journal of Chromatography A*, 2003, 991, 77
9. Hans H. Maurer, *Therapeutic Drug Monitoring*, 2002, 24, 247
10. Aino Kankaanpää, Teemu Gunnar, Kari Ariniemi, Pirjo Lillsunde, Sirpa Mykkanen, Timo seppälä, *Jornal of Chromatography B*, 2004, 810, 57
11. Uppsala University, *Drug analysis bioanalytical method development and validation*, 2008
12. Jin Young Kim, Jae Chul Cheong, Jae Il Lee, Ju Hee Son, Moon Kyo In, *Journal of Forensic Sciences*, 2012, 57 (1), 228

# 시료전처리 솔루션(1) 시료전처리 선택 가이드



## 시료 분석 과정



(그림 1) 분석 업무 절차

시료 분석을 하기 위해서는 <그림 1>과 같은 과정이 필요하다. 분석 업무 과정마다 그에 알맞은 선택을 해야 정확한 결과를 얻을 수 있기 때문에 분석 업무의 모든 과정들은 매우 중요하다.

## 시료전처리 과정

시료 샘플링 및 시료전처리 과정은 분석의 시작이며 이는 분석을 마칠 때까지 큰 영향을 주게 된다. 시료 샘플링 과정은 분석으로 얻을 수 있는 모든 것을 나타내기 때문에 주의를 요하는 과정이다.

따라서 시료 샘플링 지점에서부터 분석 실험실까지 시료 본래의 물리적, 화학적으로 변형이 없이 시료의 저장, 보존과 이동이 수행되어야 하고 마지막으로 적절한 시료 전처리 방법을 선택하여 시료의 손실 없이 또는 예기치 않은 변형 없이 분석 시스템으로 전달되어야 한다. 이러한 분석에 앞서서 행해지는 시료전처리 과정들은 분석보다 결과의 정확성과 재현성에 더 큰 영향을 끼치게 된다.

시료전처리는 크로마토그래피 분석 및 스펙트럼 분석을 위한 필요과정이다. 크로마토그래피 분석용 컬럼 또는 ICP-MS, AA 또는 NMR로 주입하기 위해 적절하고 균질화된 용액을 준비하는 것도 시료전처리의 한 과정이다. 이렇게 시료전처리를 하는 목적은 다음과 같다.

## LAB Technological Innovation

### 시료전처리 솔루션 연재 시리즈

1. 시료전처리 선택 가이드
2. VOCs 시료전처리 솔루션
3. SVOCs 시료전처리 솔루션
4. 열탈착시스템을 이용한 시료전처리 솔루션
5. 고분자 시료전처리 솔루션
6. 무기 시료전처리 솔루션

- (a) 분석방해물질 제거
- (b) 컬럼이나 분석 시스템의 손상 보호
- (c) 분석법에 맞도록 시료 전환

크로마토그래피 분석에서 시료용매는 반드시 HPLC 이동상에 용해되거나 시료의 머무름 시간이나 분리도에 영향을 주지 않아야 한다. 또한 고정상에 영향을 주지 않고 검출을 방해하지 않고 GC 컬럼으로 주입이 가능해야 한다. 목적성분들을 농축시키거나 유도체화하는 것도 검출이나 분리를 개선하기 위한 시료전처리 방법 중 하나이다.

분광광도법에서 시료용매는 미립자들이 없어야 하고 on-line 분석법을 위해 분사장치로 주입되기 위한 적당한 점도를 가져야 한다. 때때로 분광광도 시스템의 감도에 따라 농축과정이 필요하고 분석 시스템으로 주입하기 전에 크로마토그래피 또는 액-액추출법이 사용된다.

〈표 1〉은 분석과정에서 사용되는 다양한 시료전처리 과정을 정리해 놓은 것이다. 1) 시료 샘플링, 2) 저장과 보존, 3) 시료 운반, 4) 실험실에서의 시료 샘플링, 5) 무게측정 또는 희석 등의 모든 과정은 시료전처리에 있어서 매우 중요한 부분을 차지한다.

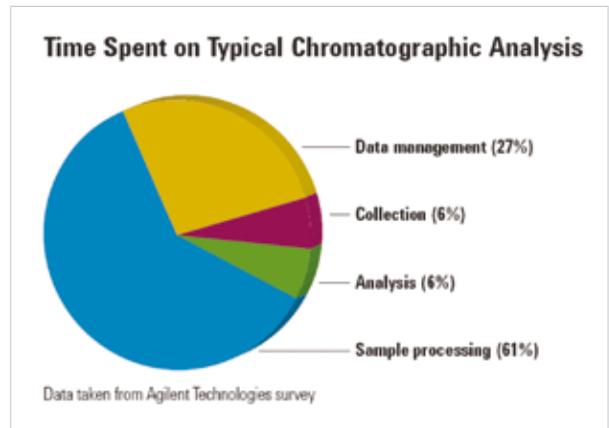
〈표 1〉 사전 시료전처리 과정

과정	방법	설명
1	시료 샘플링	표본시료 수집
2	시료 저장과 보존	비활성 재질의 용기에 담아 밀봉. 특히 휘발성이 강하고 불안정하고 반응성이 강한 시료에 대해서는 주의를 요함. 필요하다면 냉장보관
3	시료 운반	시료 수집장소로부터 실험실까지의 이동이 가장 중요함. 이동 중에는 시료를 떨어뜨리거나 변성이 일어나지 않게 유의함.
4	사전 시료 처리과정	더욱 효율적인 사전 시료처리(건조, 여과, 분쇄)를 통해 분석에 알맞은 형태로 전환
5	무게 측정 또는 희석	검증된 용기를 사용하여 알맞은 농도로 희석
6	대체 시료 처리방법	용매교환, 탈염, 증발, 동결건조 등
7	미립자 제거	여과, 원심분리, 고체상추출
8	시료 추출	액상 시료, 고체상 시료에 따라 방법이 달라짐.
9	유도체화	목적 성분 검출 향상 및 분리도를 향상시키기 위해 사용되며 전처리 시간이 추가됨.

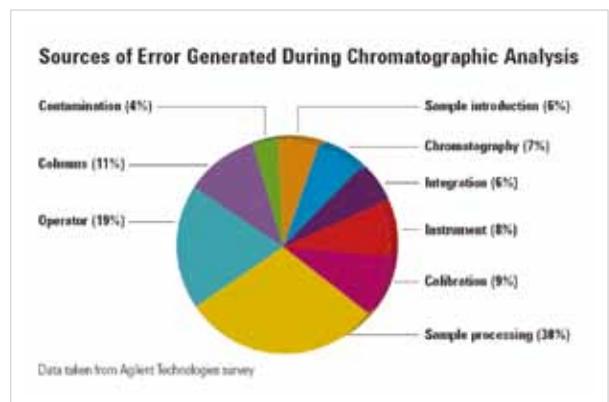
GC와 HPLC는 자동화된 방법으로 시료를 전처리하는 것이 대중화된 방법이지만, 아직까지 시료전처리는 대개 매뉴얼 방법이 사용된다. 그 결과 시료전처리는 분석법 개발과 데이터 분석에 비해 필요 이상으로 많은 시간이 소요되고 있다(그림 2). 시료전처리는 여러 번 다양한 단계를 포함하기 때문에 크로마토그래피 분석법 개발에 많은 노력이 필요하다.

최종적으로 무게측정이나 희석과 같은 과정을 포함한 시료 전처리에 의해 분석법의 정밀도와 정확성이 결정된다(그림 3). 이러한 이유들로 인해 시료전처리 과정의 개발은 사전에 미리 신중하게 계획해야 한다.

시료전처리 과정은 목적성분의 정량적인 회수율을 위해 과정이 최소화되고 쉽게 자동화되어야 한다. 최종 주입되는 시료에 원



〈그림 2〉 크로마토그래피 분석의 과정별 소요 시간(Agilent Technologies사 설문조사결과)



〈그림 3〉 크로마토그래피 분석과정 중 문제 발생원인

래 시료에 존재하는 모든 성분들이 포함되어 있어야 하는 것은 아니지만 각각의 목적성분들의 정량적 회수율(99+%)은 분석 감도와 정확도를 향상시킨다.

만일 회수율이 100%가 아니라면, 시료전처리 과정은 재현성이 있어야만 한다. 또한 회수율이 좋지 않다면 정량분석을 위해 내부표준물질 또는 표준물질 주입법을 도입한다.

<그림 3>에서 파악할 수 있듯이 sample processing(30%)이 크로마토그래피 분석에서 발생하는 오류의 가장 큰 비율을 차지하기 때문에 시료전처리 과정을 최소화하고 자동화한다면 분석자에 의해 발생할 수 있는 분석 결과의 오류, 부정확성에 대한 확률을 줄일 수 있고, 분석에 불필요하게 소요되는 시간과 노력을 줄일 수 있다.

### 시료전처리 선택 가이드

따라서 정확한 분석 결과를 위해 분석에 알맞은 시료 전처리 방법을 선택해야 하며 이러한 선택을 하기 전 앞서 고려해야 할 점에 대해 아래에 상세히 기술해 놓았다.

#### Q. 어떠한 분석 시스템을 선택할 것인가?

A. 분석하고자 하는 시료의 형태와 목적성분의 특성을 파악하여 GC, GC/MSD, LC, LC/MS, MS/MS 등 분석에 적합한 시스템을 선택한다. 이때 고려해야 할 점은 이러한 분석 시스템에 맞는 형태로 시료를 전환하는 것이다.

#### Q. 분석 시간을 얼마나 줄일 수 있을까?

A. 분석은 시료전처리에서부터 분석 시스템으로 분리 검출이 되는 모든 과정을 말한다. 전체 분석에서 최소한의 성분분리능을 확보해야 하기 때문에 분석시간을 단축시키는 것은 한계가 있다. 따라서 전처리 시간을 줄인다면 전체 분석에 소요되는 시간 또한 줄어들게 된다. 만일 자동화된 전처리 시스템을 이용한다면 크로마토그래피 장비로 분석이 진행되는 동안 시료 전처리를 수행하여 분석까지 소요되는 시간을 최소화하고 시료 처리량도 증가시킬 수 있다.

#### Q. LOD/LOQ를 만족시키는 회수율은?

A. 가장 이상적인 회수율은 100%이지만 시료전처리 과정이 늘어나면 늘어날수록 시료의 손실이 발생될 확률이 높아진다. 일반적으로 80~120% 범위의 회수율이 결과로 받아들여지는데 만일 낮은 수치

의 회수율이라 할지라도 재현성을 가지고 회수율을 얻을 수 있다면 결과로 제출할 수 있다.

#### Q. 어떠한 방법으로 정량을 할 것인가?

A. 외부표준법 또는 내부표준법에 따라 검량선을 작성하고 정량 분석을 할 것이다. 내부표준법을 선택할 경우 시료에 들어있는 성분과 머무를 시간이 겹치지 않는 내부표준 물질을 선택해야 한다.

#### Q. 분석에서 요구되는 정확도와 정밀도는?

A. 정확도는 분석에서 얻어지는 결과가 얼마나 참값에 근접하는지를 나타내는 것이고 정밀도는 측정된 결과가 얼마나 재현성이 있는지를 나타내는 것이다. 따라서 극미량 분석에는 검출하고자 하는 목적 성분 농도에서의(3 point) 회수율, 재현성을 반드시 확인해야 한다.

#### Q. 시료의 매트릭스는?

A. 고상, 액상, 기상, 젤, 미생물 등 다양하다. 시료의 형태에 따라 전처리 방법은 달라지게 된다.

#### Q. 시료 매트릭스에 대해 알고 있는 정보는?

A. 오일베이스/워터베이스 또는 휘발성이 강한지 불안정한지, 극성을 띠는지 이온성을 띠는지 등의 시료와 목적성분에 대한 특성을 파악하는 것이 최적의 시료전처리 방법을 선택하는데 있어서 가장 중요한 부분이다.

#### Q. 시료의 무게/부피는?

A. 시료의 무게/부피에 따라 적절한 용기, 바이얼을 선택해야 한다. Microliter의 아주 적은 양일 경우 insert를 사용하는 등 시료량에 맞는 적절한 바이얼을 선택한다.

#### Q. 분석 간섭물질이 존재하는가?

A. 목적성분과 비슷한 간섭물질이 존재한다면 이를 제거하기 위해 추가적인 전처리 방법을 고려한다.

#### Q. 시료전처리 방법 선택에 영향을 미치는 시료 매트릭스, 간섭물질, 목적성분에는 어떠한 작용기들이 있는가?

A. 시료 매트릭스, 간섭물질, 목적성분에 대한 구조를 정확히 파악하여 이들의 용해도, 극성도, 이온화 상태를 고려한다.

#### Q. 분석 간섭물질 제거가 어느 정도 가능한가?

A. 선택성있는 추출이 가능한 전처리 방법 또는 검출기를 사용하여 간섭물질 제거가 가능하다. LC/MS(MS/MS)의 경우 매트릭스로 인한 목적성분의 이온화 억제 또는 비 이상적인 증가를 피해야 간섭효과를 제거할 수 있다.

**Q. 농축 과정이 필요한가?**

A. 용매를 기화시키거나 Trap을 통한 농축 과정을 거치게 되면 분석 감도 (LOD/LOQ)를 향상시킬 수 있다.

**Q. 최적의 분석을 위해 어떠한 용매를 사용해야 하나?**

A. 이온화 역제를 일으키거나 간섭물질로 작용하는 용매, GC로 주입이 어려운 비휘발성 용매들은 피한다.

**Q. 분석법 개발을 위해 어떠한 자료, 시스템을 사용할 것인가?**

A. 분석에 소요되는 시간보다 시료전처리에 소요되는 시간이 더 노동집약적이거나 더 많은 시간을 필요로 한다. 따라서 자동화된 전처리 시스템을 사용하면 분석시간 단축과 함께 효율적으로 분석법 개발이 가능하다.

좋은 시료전처리 방법을 선택하기 위해서는 시료와 분석화합물에 대한 정보를 우선 이해해야만 한다. <그림 4>는 이러한 시료와 분석화합물별 시료전처리 기기선택 가이드로 개략적인 정보를 제시하고 있다.

채취한 시료를 분석하기 위해 가장 먼저 고려해야할 점은 대상 분석물질이 무기원소인지 유기화합물의 형태인지일 것이다. 무기원소의 경우 무기원소 분석에 필요한 전처리방법을 선택하게 되며, Hot Plate와 마이크로웨이브가 가장 많이 활용되는 시료전처리 방법이다.

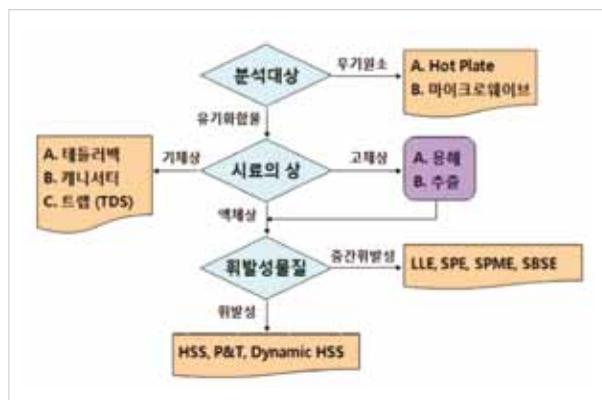
다음으로 고려해야 할 사항은 시료의 상태이다. 기체시료의 경우, 시료의 채취형태 및 농축방식에 따라 테들러백, 캐니스터, 트랩방식이 가장 많이 활용되고 있다.

일반적으로 크로마토그래피 기기 및 질량분석방식의 기기는 도입되는 시료가 가스상 또는 액체상이 되어야 하므로 고체상 시료의 경우 용해, 추출 등의 방법을 통해 액체상으로 변환시켜 주는 과정이 일반적으로 포함되어야 한다. 시료의 상태가 액체상인 것은 가장 일반적인 시료의 형태가 된다.

마지막으로 액체상의 시료를 분석하는 경우 분석하고자 하는 물질이 휘발성 물질인지 중간휘발성 물질인지에 따라 시료전처리방법이 달라진다. 휘발성 물질의 경우 일반적으로 끓는점이 180 ℃ 이하의 화합물을 말하며 시료전처리 기기로는 헤드스페이스, 퍼지엔트랩 방식 등이 있다.

휘발성유기화합물에 비해 끓는점이 높은 화합물을 중간휘발성화합물이라 하고 관련 전처리 방법으로는 액-액추출, SPE, SPME, SBSE 등의 전처리 기기가 활용되고 있다.

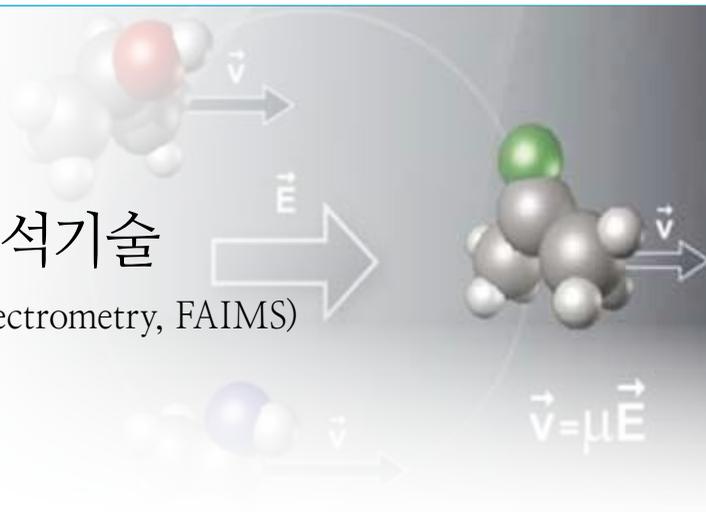
다음 호에서부터는 각 시료전처리 기기별 특징점을 살펴봄으로써 시료전처리 기기선택 가이드에서 분류된 각 그룹별 시료전처리기기 중 어떤 방식이 각 분석자의 시료분석에 가장 적합한 것인지에 대한 이해를 돕고자 한다. 



<그림 4> 시료와 분석화합물별 시료전처리 기기선택 가이드

# 비대칭 이온 이동도 분석기술

(Field Asymmetric Ion Mobility Spectrometry, FAIMS)



이온 이동도 분석법(Ion Mobility Spectrometry, IMS)은 1970년대에 처음 소개된 이래로 초기 특허권과 국방상의 전략적 보안문제로 인하여 연구가 극히 제한적이었다. 하지만 특허 기간 만료 및 군사 보안상의 spin-off가 이루어진 2000년대에 이르러서는 세계 각국에서 기기 개량 및 응용연구가 활발하게 이루어지고 있는 ‘이온분리기술’이다. 최근에는 고전적인 IMS 기술의 몇 가지 한계를 극복할 수 있는 FAIMS 기술이 상용화 되고 있어 이를 간략히 정리해 보고자 한다.

고전적인 IMS 기술은 대기압 하에서 균일한 전기장 속에 놓여진 기체상 이온이 그 이동도(K)에 따라 drift tube 끝에 도달하는 시간차에 의해 분리되는 원리를 가지고 있다. 이온의 속도( $v$ )는 간단히 이온의 이동도(K)와 전기장의 크기(E)를 곱한 값으로 정의되고(수식 1), 이온의 이동도(K)는 이온의 크기와 모양(학술적으로는 충돌단면적  $\Omega$ 으로 표현) 및 이온의 전하량에 대한 수식에 의해 정의된다(수식 2).

[수식 1]  $v = KE$

[수식 2]  $K = (3q/16N)(2/kT)^{1/2} \{ (m+M)/mM \}^{1/2} (1/\Omega)$

q : 이온의 전하, N : drift gas의 밀도, k: Boltzman 상수, T : 절대온도  
m : 이온의 질량, M: 운반기체의 질량,  $\Omega$  : 이온의 충돌 단면적

<표 1>에서와 같이 IMS 기술은 일반적인 분리분석 대비 뛰어난 감도와 시간적 효율을 제공할 수 있다. 또한 ‘이동도’에 의한 분리 변수를 이용하기 때문에 크로마토그래피 및 질량분석기에 의한 유기화합물의 분리에 있어 난제로 꼽히던 동중합체(isobaric), 이성질체(isomer)의 분리 및 단백질의 charged state에 대한 새로운 차원의 분리도를 제공할 수 있는 기술로서 관심을 받고 있다.

<표 1> 몇 가지 분리분석 기술과 IMS의 주요 성능 비교

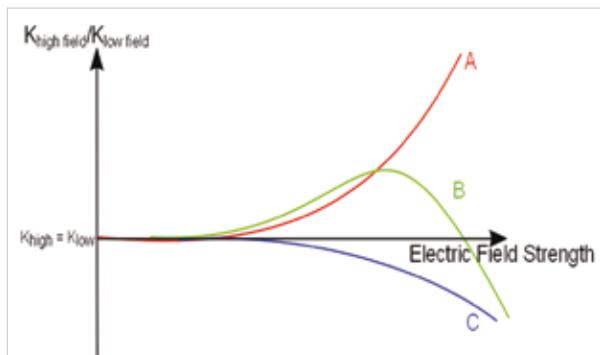
	HPLC	GC	CE	High Resolution IMS
Number of theoretical plates(N)	25,000	120,000	130,000	300,000
Efficiency(HETP)	10 $\mu$ m	400 $\mu$ m	2 $\mu$ m	2 $\mu$ m
Resolving Power	65	145	230	150
Time of separation	30 min	20 min	10 min	50 msec
Plates per second	14	100	500	2,600,000

그러나 앞서 설명했던 고전적인 IMS 기술은 고정된 전기장 환경에서 drift tube 내의 이온 속도차이를 이용한 분리를 기반으로 제작되기 때문에, drift tube의 길이가 짧아지면 분리가 저하되고 분리는 향상을 위해서는 장치의 물리적인 크기가 커질 수 밖에 없는 성능과 공간의 제약이 발생하였고, 이를 극복하기 위한 IMS 기술 개발이 추가적으로 이루어져 왔다.

FAIMS(비대칭 이온 이동도 분석법, Field Asymmetric Ion Mobility Spectrometry)는 IMS 성능진보의 정점에 있는 기술로서 기존의 IMS 기술대비 다음과 같은 차이점을 갖는다.

## 10 kV/cm 이상의 높은 전기장(high-field)을 사용

Low-field에서 이온 이동도는 정해진 전기장 에너지 내에서 일정한 상수값을 갖지만, high-field에서는 전기장 에너지의 변화에 따라 이온 이동도가 화합물 특이적으로 변화하는 현상을 분리에 이용한다.



(그림 1) 전기장 변화에 따른 이온이동도의 변화

### 비대칭적 전기장 파형과 compensation field 개념 도입

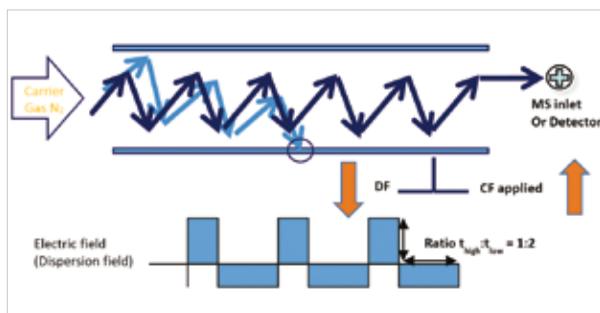
장치에 도입되는 전기장 에너지의 방향과 강도가 변화할 때 이온의 이동방향과 속도가 변화하게 되는데, 비대칭적 파형 (higher-field: lower field 비율=일반적으로 1:2 수준)을 주기적으로 도입할 때 서로 다른 이온은 특징적인 sideways drift velocity (drift 관에 부딪혀 검출기에 도달할 수 없게 되는 속도)를 갖게 되고, sideways drift는 반대 전하의 compensation field를 인가함으로써 상쇄시킬 수 있다. 즉, compensation field를 적절히 장치에 도입하면 다양한 이온이 장치 내부를 통과하도록 제적을 조절할 수 있다는 점을 이용하여 다음과 같은 분리모드에 의한 이온의 분석이 가능해진다.

#### (1) Static mode(고정된 compensation field 사용)

: FAIMS 장비는 특정 이온만을 통과시키는 '이온필터'로서 사용될 수 있다.

#### (2) Sweep mode(일정 범위 내에서 compensation field 스캐닝)

: FAIMS 스펙트럼을 획득함으로써 여러 이온을 '분리검출'하거나 스펙트럼의 fingerprinting으로써 특정성분의 동정에 활용될 수 있다.



(그림 2) FAIMS 장치에서의 전기장 에너지 인가(비대칭 전기장 및 compensation field)에 따른 이온이동 궤적의 변화

### 소형화 가능

FAIMS의 원리가 drift tube의 물리적인 거리에 의존하지 않는 방식이기 때문에 기기의 소형화를 통하여 생산단가 및 전력 사용량을 절감할 수 있다. 또한 소형화된 장치는 개별 장치로서의 휴대성을 높이고 크로마토그래피 및 질



(그림 3) Chip-based FAIMS 장치의 예  
: Owlstone사 ultraFAIMS 장치

량분석기와의 연결 시 성능과 사용의 편의성을 향상시킬 수 있다. 상기 FAIMS를 이용한 장치는 micro- 및 nano-chip 제작 수준으로 소형화될 수 있는 수준에 이르렀으며(Owlstone사), 극도로 소형화된 chip-based FAIMS 장치는 다음과 같은 분석의 이점을 제공할 수 있다.

1. Drift 공간이 최소화되어 있기 때문에 최근 분석 트렌드인 Ultra-fast 또는 Direct ionization 장치들과의 호환이 가능하다.
2. 기존 IMS 기술대비 2배 이상의 높은 전기장 에너지를 사용할 수 있어 1,000배 이상 짧은 공간에서도 향상된 분리범위성능을 제공하며, 고전적인 IMS에서는 검증할 수 없었던 이온의 거동을 탐색할 수 있는 새로운 도구가 될 수 있다.
3. 소형화된 장치는 세척 및 교체가 신속, 용이하다.
4. 별도의 전용 기체가 추가되지 않아도 설치 및 사용이 가능하다(기존 drift tube 방식의 IMS 기기의 경우 별도 drift gas 충전 필요).

FAIMS 기술은 단독기기 형태로서 on-line 또는 at-line 특정 화합물의 FAIMS 스펙트럼 fingerprinting을 이용한 물질 동정 및 감시알람 목적으로 활용될 수 있으며, 액체크로마토그래피-질량분석기에 장착하여 동중합체(isobaric) 및 이형태체(conformer) 화합물의 분리를 위한 선택성 향상 및 고감도 결과 도출을 위해 사용될 수 있다.

#### <참고문헌>

- Principles and Applications of Ion Mobility Spectrometry, Dong-Sun LEE, Analytical Science & Technology, Vol. 14, No. 1, 11A-23A, 2001
- FAIMS-White Paper(OWL-WP-1 v3.0 21-3-06), Owlstone, 2006
- UltraFAIMS customer training slides-part 1, Owlstone, 2014

# 전통과 혁신으로 기술의 한계를 뛰어넘다.



세계에서 가장 오래된 과학연구단지인 영국 케임브리지 사이언스 파크에, 케임브리지 대학의 젊은피 3인이 뭉쳐 심쿵한 이온분석장치를 만들었다. 세계에서 가장 작은 최첨단 이온 이동도 분리장치를 제작하는 작지만 강한 회사 Owlstone사를 소개한다.

‘이온 이동도 분석(Ion Mobility Spectrometry, IMS)’은 국가 방위, 법의학, 환경 및 식품 중 가스상의 극미량 이온을 고감도로 분리분석할 수 있는 기술이다. 최근 전통적인 IMS 기술의 한계를 뛰어넘는 ‘비대칭 이온 이동도 분석(Field Asymmetric Ion Mobility Spectrometry, FAIMS)’ 기술의 진보와 LC/MS와의 결합을 통한 분석한계의 향상을 배경으로 다시 한 번 활발한 응용 연구가 이루어지고 있는 기술이라 할 수 있다.

전세계에 IMS 기반의 분석장치들을 제조, 판매 및 연구하고 있는 회사가 많이 있지만 Owlstone사는 혁신적인 chip-based FAIMS 장치를 개발함으로써 타사와는 차별화된 분석의 이점을 제공한다(실제 Owlstone사의 FAIMS 장치 크기는 1원짜리 동전크기수준이다).

## Owlstone사 Chip-based FAIMS 장치의 이점

1. 유사 제품대비 100배 작은 크기의 소형화된 장치로서 휴대형, on-line 및 at-line 분석장치로의 활용이 용이하다(전력소모량 또한 적다).
2. 고전적인 IMS 장치에서는 보여줄 수 없는 이온의 거동을 1/1000 수준의 가격으로 연구할 수 있다.
3. LC/MS에 추가 장착 시, 이온 이동도에 의한 분리특성으로 동중합체(isobaric) 및 이형태체(conformer)를 분리할 수 있는 새로운 차원의 분리성능을 제공하며, 초소형의 특성으로 장착 전/후의 일반 분석 결과에 부정적인 영향을 거의 미치지 않는다.
4. 타사 대비 사용자 응용에 맞춘 소프트웨어의 customization 지원이 적극적이다.
5. 휴대형 단독 FAIMS 장치, LC/MS 인터페이스, 네트워크 시스템을 장착한 센서장치 등 다양한 제품 포트폴리오를 제공한다.

이러한 Owlstone사의 초소형 FAIMS 센서 기술은 2010년 ‘R&D Magazine’를 통해 ‘올해의 100대 과학 및 기술 혁신’

에 선정된 이래로 2013년 Nokia Sensing XCHALLENGE의 'Distinguished Award(\$120 K)' 수상 및 Federal Laboratory Consortium에서의 'Excellence in Technology Transfer award' 수상 등을 통해 전세계적으로 인정을 받고 있다. 또한 아래와 같은 산업 전반의 주요 고객사에 관련 솔루션을 활발히 제공하고 있다.



**글로벌 주요 고객사**

Industry	Customer
Security and Military	U.S. ARMY, EADS, FFI Norwegian Defense research establishment 등
Oil Companies	Baker Hughes, Shell, Chevron 등
Food and Beverage	Nestle, CocaCola, Pepsico, General Mills, Cargill 등
Government	ITRI, CSIC, LGC, Isntitut "Jozef Sefan" 등
Water Companies	Southern Water, Anglian Water, Northumbrian Water 등
Other	Sumitomo Corporation, Air Liquide, GE, CDC, Bayer, Nokia Research Center 등

영인과학은 2014년 8월, Owlstone사와 국내 독점 대리점 계약을 체결하였으며, 현재 취급 중인 제품은 다음과 같다.

	Lonestar 휴대형 가스 분석기	ultraFAIMS LC/MS 인터페이스
		
<b>특징</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FAIMS 기술을 이용한 on-line/at-line 가스분석기 및 화학물질 모니터링 장치 (시료분리 필요 없음.)</li> <li>• Parts per billion detection level(ppb)의 광범위 응용 적용성</li> <li>• 5분 이내의 초고속 정성/정량 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agilent LC/MS 전용 FAIMS 인터페이스(이온화원에 연결)</li> <li>• 현재의 크로마토그래피 및 질량분석적 분리가 어려운 화합물에 대한 새로운 분리 및 감도 성능 제공</li> </ul>
<b>응용 분야</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 물 중 metaldehyde 검출</li> <li>• 식품 중 바이오제닉 아민 검출</li> <li>• 플라스틱 용기 중의 dibasic ester 스크리닝</li> <li>• 우유 중 2,4-dichlorophenol 검출</li> <li>• Crude oil 중 methanol, acetic acid, organic chlorides 분석</li> <li>• 호흡분석을 통한 폐암 진단 등 지병 진단 외 다수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 이성질체, 동중합체, 이형태체 등의 분석 정확성 및 LOQ 향상</li> <li>• 단백질, 펩타이드의 charged states에 따른 분리</li> <li>• 충돌유발해리 전 이온의 pre-selection</li> <li>• 일부 매트릭스의 선택적 제거를 통한 감도 및 동적 범위 개선</li> </ul>



## 까다로운 식품 매트릭스의 다성분 잔류농약 동시 스크리닝 및 정량 분석법

### 도입

식료품의 잔류농약 스크리닝 및 정량분석은 식품안전에서 가장 중요하면서도 매우 힘든 응용 중 하나이다. 식품 안에는 1,000종 이상의 농약과 대사체들이 존재할 수 있기 때문에 이들을 규제 및 관리하고 있다.

유럽위원회규정(European Commission regulation, EC) 396/2005 및 부록에서는 식품 매트릭스별 잔류농약에 대하여 170,000가지 이상의 잔류허용기준(maximum residue limits, MRLs)을 설정하였고,<sup>1</sup> 다른 나라 및 지역에서도 이와 비슷한 규제들을 시행하고 있다. 대부분의 잔류 농약 스크리닝 및 정량분석은 다양한 식료품에 적용된 수백 종의 잔류물질 동시 분석법으로 진행된다.

그러므로 다양한 식품 매트릭스별 수백 종의 극미량 농약성분들을 확인 및 정량할 수 있는 신속하고 믿을 수 있는 분석법이 요구되고 있다. 참고로 잔류 농약 식별 기준과 정량분석에 대한 분

석법 밸리데이션 및 정도 관리 절차를 위한 필요조건은 SAN-CO/12571/20132와 같은 지침서에 구체적으로 명기되어 있다.<sup>2</sup>

LC/MS 전기분무이온화(Electrospray ionization, ESI)의 매트릭스 효과는 식품 시료마다 매우 다르게 나타나기 때문에 농약성분들을 정확하게 정량하기가 매우 까다롭다. 매트릭스 효과를 보정하기 위해 사용하는 정량분석용 표준물질 검정은 각기 다른 매트릭스 효과를 충분히 보정하지 못할 수 있고, 표준물 첨가법은 각 시료당 여러 번의 시료 주입이 요구되기 때문에 생산성이 좋지 않을 수 있다.

최근 동위원소 치환 내부표준법의 사용이 가장 좋은 접근으로서 활용되고 있으나, 수백 종의 타겟에 대한 적용은 현실적으로 어렵다. 또 다른 방법으로는 단순히 시료를 희석하여 매트릭스 효과를 최소화하는 것이 있으나, 유럽위원회에서 규정한 잔류허용기준 이하의 극미량 오염물질을 검출해야 하는 상황에서는 기기분석에서의 높은 감도가 더욱 요구되게 된다.

본 자료에서는 식품 시료의 수백 종 농약 스크리닝 및 정량 분석을 위한 UHPLC/MS/MS법을 소개하였다. 기기분석법은 Agilent pesticide tMRM LC/MS application kit(p/n G1733BA)를 이용하여 개발되었다. Comprehensive pesticide standard mixture(p/n 5190-0551)에 있는 모든 성분들과 함께 추가적으로 관심있는 몇 가지 농약성분들을 분석법에 포함하였다.

Agilent 1290 Infinity UHPLC 시스템과 연결한 고감도 Agilent 6495 Triple Quadrupole LC/MS 시스템에서 빠른 polarity switching을 이용한 dynamic MRM으로 분석하였다. Agilent 6495 Triple Quadrupole LC/MS 시스템은 이전의 고사양 triple quadrupole mass spectrometer 디자인에서 다음과 같은 몇 가지 부분이 개선되면서 더 뛰어난 분석 성능을 나타내었다.

- 첫 번째 질량필터(MS1) 이온 옵틱 : 선구이온 전송 증가
- 충돌관 : MS/MS 스펙트라 정확도 향상
- 이온 검출기 : 더 높은 다이노드 가속전압에서 작동
- Autotune : 속도 및 감도 최적화



또한 6495 Triple Quadrupole LC/MS 시스템은 기존 시스템에서 기술이 이미 증명된 Agilent Jet Stream 이온화원과 dual stage ion funnel을 사용한다. 감도 향상으로 피크 면적 감응이 커지고 정밀성 또한 더욱 개선되면서 더 낮은 검출한계에서 분석할 수 있게 되었다. 또한 희석을 통해 복잡한 식품 시료 추출물의 전기분무이온화 매트릭스 효과를 최소화할 수 있게 되었다. 개선된 분석법의 향상된 정밀성을 홍차시료 희석을 통하여 살펴보고자 한다.

## 실험

### 시약 및 화학물질

#### 시약 및 용매

HPLC 또는 LC/MS 등급으로 사용

#### Acetonitrile 및 methanol

Honeywell(Morristown, NJ, USA)에서 구매

#### Ultrapure water

LC-Pak Polisher와 0.22  $\mu$ m 멤브레인 필터 카트리지가 장착된 Milli-Q Integral 시스템(EMD Millipore, Billerica, MA, USA)에서 제조

#### Formic acid

Fluka(Sigma-Aldrich Corp., St. Louis, MO, USA)에서 구매

#### Ammonium formate solution 용액(5 M)

Agilent(p/n G1946-85021)에서 구매

#### 농약

대부분의 농약은 Agilent comprehensive pesticide standard mixture(p/n 5190-0551)로 사용, 추가 농약 물질들은 Fluka(Sigma-Aldrich Corp., St. Louis MO, USA)에서 구매

Comprehensive pesticide mixture의 8 그룹 mixture들을 추가 농약 혼합 stock solution과 혼합한 후 acetonitrile로 희석하여 10  $\mu$ g/mL의 250종 이상의 최종 농약 working solu-

tion을 제조하였다. 이 용액은 QuEChERS 추출물 첨가 및 정량 시료 제조에 사용되었다. 순수 acetonitrile에서 0.02~100 ng/mL 농도범위로 8개 검정 시료를 준비하였다.

### 시료전처리

홍차, 오렌지 및 토마토 시료는 지역 식료품점에서 구매하였다. Agilent BondElut QuEChERS kit(p/n 5982-5650)를 이용하여 citrate buffered QuEChERS 프로토콜에 따라 시료를 추출하였다.

균질화된 10 g의 과일 및 야채 또는 2 g의 차 시료를 50 mL 폴리프로필렌 튜브에 무게측정을 하였고, 10 mL acetonitrile을 추가하여 1분동안 손으로 힘차게 흔든 후 추출하였다. 차 시료는 추출 전 8 mL 초순수 물에 2시간동안 담겼다. Primary secondary amine을 이용한 dispersive SPE(PSA, p/n 5982-5256)로 추출물을 정제하였다. Agilent BondElut QuEChERS EN dispersive SPE tube(p/n 5982-5356H)중 graphitized carbon black(GCB)이 포함된 것으로 홍차 시료를 정제하였다. 홍차의 최종 추출물에 서로 다른 5가지 농도의 comprehensive pesticides working solution을 첨가하였고, acetonitrile로 1:5, 1:10, 1:20 및 1:100 비율로 희석하였다. 시료 주입 직전에 matrix matched standards 및 희석 작업을 하였고, 5번 반복 측정하였다.

### 장비

성분 분리는 Agilent 1290 Infinity UHPLC 시스템으로 진행하였다. 이 시스템은 Agilent 1290 Binary Pump(G4220A), Agilent 1290 Infinity High Performance Autosampler(G4226A), Sample Cooler(G1330B), 및 Agilent 1290 Infinity Thermostatted Column Compartment(G1316C)로 구성되었다. UHPLC 시스템은 Agilent Jet Stream 전기분무이온화원이 장착된 Agilent 6495 Triple Quadrupole LC/MS 시스템에 연결되었고, Agilent MassHunter Workstation 소프트웨어(B.07.00)로 데이터 획득 및 분석이 진행되었다.

### 분석법

1290 Infinity UHPLC 및 6495 Triple Quadrupole LC/MS조건은 <표 1>에 요약되어 있다. Polarity, 전구이온 및 조

(표 1) 기기 분석 조건

Agilent 1290 Infinity UHPLC 시스템															
Column	Agilent ZORBAX RRHD Eclipse Plus C18, 2.1×150 mm, 1.8 μm(p/n 959759-902)														
Column temperature	40 °C														
Injection volume	2 μL														
Speed	Draw 100 L/min, Eject 200 L/min														
Autosampler temp	6 °C														
Needle wash	10 s with acetonitrile/water(50/50: v/v)														
Mobile phase	A) 5 mM ammonium formate+0.1% formic acid B) 5 mM ammonium formate+0.1% formic acid in methanol														
Flow rate	0.4 mL/min														
Gradient program	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Time</th> <th>B%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>0.5</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>3.5</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>17.0</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>20.0</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>20.1</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table>	Time	B%	0	5	0.5	5	3.5	50	17.0	100	20.0	100	20.1	5
Time	B%														
0	5														
0.5	5														
3.5	50														
17.0	100														
20.0	100														
20.1	5														
Stop time	20.1 min														
Post time	3 min														

Agilent 6495 Triple Quadrupole LC/MS 시스템	
Ion mode	Positive and negative ESI with Agilent Jet Stream
Scan type	Dynamic MRM
Drying gas temperature	120 °C
Drying gas flow	17 L/min
Sheath gas temperature	300 °C
Sheath gas flow	12 L/min
Nebulizer pressure	30 psi
Capillary voltage	3,500(pos/neg)
Nozzle voltage	300 V(pos); 500 V(neg)
Cycle time	500 msec
Total number of MRMs	532(positive: 509/negative: 23)
Maximum number of concurrent MRMs	68
Minimum dwell time	5.10 ms
Maximum dwell time	249.09ms
MS1 and MS2 resolution	Unit

각생성이온의 확인 및 충돌 에너지의 최적 값 확인은 Agilent Pesticide tMRM LC/MS Application Kit와 Agilent MassHunter Optimizer 소프트웨어로 검색하였다. 한번의 분석 진행으로 dynamic multiple reaction monitoring(dMRM)을 이용한 양이온/음이온 동시 전기분무 이온화로 진행되었고, 최종 추출물 2 μL를 UHPLC/MS/MS에 주입하였다.

Agilent Quantitative analysis 소프트웨어에서 데이터 평가를 하였고, 검정은 neat standard solution과 선형 1x weighted 검정곡선으로 완료하였다. 홍차 매트릭스의 최저정량한계(LLOQs)는 기기검출한계(IDL)와 관련 있는데, IDL은 검출한계의 2~5 배를 초과하지 않는 저농도 시료를 반복 분석한 상대표준편차를 기준으로 계산한다.

IDL은 신뢰도 99% 수준에서 바탕 잡음으로부터 신호피크를 통계적으로 구분할 수 있는 분석물의 최소량으로 정의된다. 이 접근은 애매한 화학적 잡음 편차와 주관적으로 측정되는 신호 대 잡음비(S/N)를 피할 수 있기 때문에 일상적인 분석에 매우 알맞으며, 시료 추출물을 많이 희석할 때 분석법의 정밀성에 직접적으로 관련되어 매우 중요하다.

## 결과 및 토론

### UHPLC/MS/MS법 개발

Agilent Pesticide tMRM LC/MS Application Kit로 개발한 농약 스크리닝법은 6495 Triple Quadrupole LC/MS 시스템에 적용시켰다. 관련 있는 몇 가지 산성의 제조제들을 포함하기 위해 분석법을 확장했고, 빠른 polarity switching이 적용되었다.

성분에 따라 달라지는 충돌 에너지 및 cell acceleration voltage 조건들은 이전 모델에 적용되었던 최적 값에서 약간 조정하여 조건 최적화를 하였다. Prefilter 및 검출기는 시스템 autotune에 의해 조정되었다. 불안정한 이온 또는 ammonium 첨가이온들을 제외한 주요 타겟 성분들의 최적의 감도를 찾기 위해 MassHunter Source Optimizer 소프트웨어로 Sheath gas 온도조건을 최적화하였다.



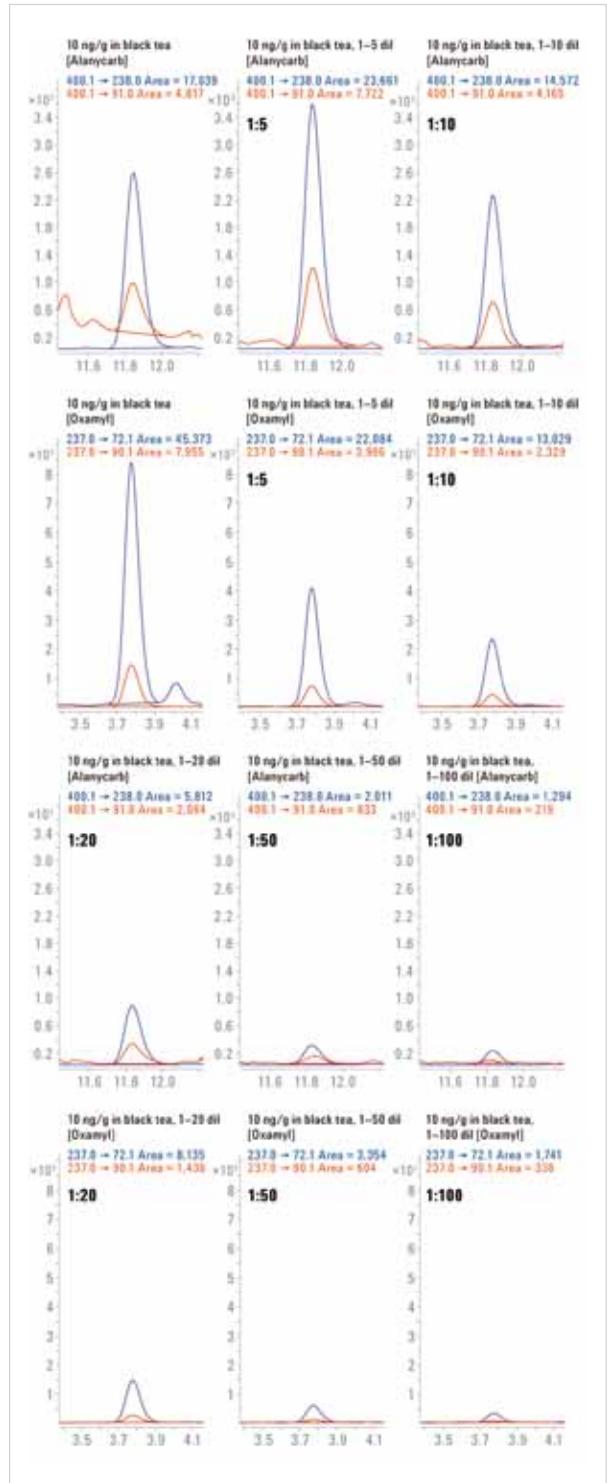
SANCO 가이드라인에서 설정된 품질기준에 따른 다양한 식품의 QuEChERS 추출물을 6495 Triple Quadrupole LC/MS 시스템에서 분석하였을 때 더 많은 농약성분들이 저농도로 검출되었다. 토마토와 오렌지 추출물에서는 1 ng/g 주입 농도에서 모든 농약이 쉽게 검출되는 반면에, 홍차 매트릭스는 시료 양이 5배 더 낮고 매트릭스가 더 복잡하기 때문에 때문에 면적 값이 약간 작게 검출되었다. <그림 3>은 홍차 매트릭스의 다양한 희석 배수에 대한 농약 검출율을 보여준다.

0.02 ng/mL 농도에 상응하는 1:100 희석배수에서 주입된 전체 농약의 67% 정도 성분들은 20% 이하의 상대표준편차로 쉽게 검출되었고, 1:50 희석배수에서 20% 정도의 성분들이 검출되었으며 1:20 희석배수에서 나머지 10% 성분들이 검출되었다. 72시간동안 분석한 결과 또한 좋은 재현성으로 검출되었다.

**샘플 추출 희석에 의한 매트릭스 효과 최소화**

매트릭스 효과를 제거하기 위한 시료 추출물 희석과정은 일반적인 테스트 실험실에 적절한 방법이다. 전기분무이온화 시 매트릭스 효과가 발생할 수 있는 원인은 제한적인 방울 표면공간에서 이온화 가능한 성분 수는 한정되어있는 가운데 매트릭스와 타깃성분이 경쟁하기 때문이다. 매트릭스 희석은 표면 공간을 넓혀 타깃성분들의 이온화 효율을 더욱 높인다. 게다가 LC/MS 시스템에 소량의 매트릭스가 주입되기 때문에, 어떠한 조건에도 잘 영향 받지 않는 견고한 분석법이 되며 장비 오염을 최소화하여 장비 가동 시간을 증가시킨다.

<그림 4>는 홍차 추출물에 alanycarb와 oxamyl을 10 µg/kg 이 되도록 첨가한 후 주입 전에 acetonitrile로 다양한 비율로 희석한 크로마토그램을 보여준다. Alanycarb는 1:5 희석에서 신호가 증가했고, Oxamyl과 1:5 이상 희석한 alanycarb는 희석 규모에 비해 피크 면적이 덜 감소했다. 완벽한 회수율을 얻는 시점까지 희석배수를 증가하여 농약 성분들의 최종 농도를 결정하였다. <표 2>는 10종의 농약성분들의 희석배수를 다르게 한 홍차 추출물에서의 회수율을 보여준다. Diuron 및 flufenoxuron은 전체적으로 매트릭스 효과가 약하게 나타났던 반면, 희석하지 않은 차의 monocrotophos 및 alanycarb는 매트릭스 효과가 매우 컸다. 절반 이상의 성분들이 최종 추출물을 1:10으로 희석할 때 70%이상의 충분한 회수율을 보였다.



<그림 4> 홍차에 alanycarb 및 oxamyl을 첨가한 후 주입 전 acetonitrile로 1:5, 1:10, 1:20, 1:50, 1:100 희석한 피크 면적 비교

(표 2) 다양한 희석 배수의 농약 시료에서 계산된 회수율, SANCO/12571/2013의 요건에 충족된 결과는 주황색으로 표기

Analytes	No dilution (n = 5)	Dilution 1:5 (n = 5)	Dilution 1:10 (n = 5)	Dilution 1:20 (n = 5)	Dilution 1:50 (n = 5)	Dilution 1:100 (n = 5)
Acetamidrid	29.4 ± 0.8	57.3 ± 1.4	67.5 ± 3.7	79.9 ± 2.9	91.8 ± 5.2	109.5 ± 3.4
Alanycarb	10.4 ± 1.3	73.9 ± 2.2	81.5 ± 14.3	85.7 ± 11.1	87.6 ± 4.7	121.7 ± 10.8
Aldicarb	36.9 ± 1.0	69.9 ± 1.4	78.0 ± 3.5	91.0 ± 4.2	95.2 ± 8.8	104.9 ± 14.1
Carbaryl	56.9 ± 1.8	80.1 ± 3.8	80.8 ± 4.1	96.1 ± 7.2	102.6 ± 6.6	116.4 ± 9.6
Dimethoate	33.9 ± 1.7	68.6 ± 2.4	84.1 ± 5.4	89.0 ± 7.9	88.2 ± 8.8	84.7 ± 7.5
Diuron	79.7 ± 4.0	90.4 ± 7.0	91.7 ± 4.9	94.9 ± 7.2	89.2 ± 7.3	100.9 ± 13.5
Flufenoxuron	95.4 ± 1.1	88.8 ± 1.6	89.4 ± 3.8	93.3 ± 5.8	100.0 ± 6.1	119.2 ± 13.9
Monocrotophos	4.6 ± 0.3	13.9 ± 0.3	21.8 ± 0.8	33.8 ± 1.1	58.5 ± 2.0	95.1 ± 5.7
Oxamyl	20.8 ± 0.7	52.6 ± 1.9	65.0 ± 2.0	79.7 ± 3.0	91.2 ± 4.6	110.6 ± 5.2
Thiamethoxam	40.0 ± 1.4	45.9 ± 0.9	46.6 ± 3.8	52.2 ± 1.7	70.9 ± 2.9	97.3 ± 2.0

용매 검정 기준의 회수율 허용범위 안에 들기 위한 매트릭스 효과를 최소화하는 방법으로, 몇몇 성분들은 1:50의 큰 희석이 필요하거나 심지어 1:100 정도의 희석이 필요했다. 1:100 희석에서는 모든 성분들이 충분한 회수율로 검출되었고 매트릭스 효과가 없는 것으로 보여졌다. 이는 Agilent Jet Stream 이온화법이 동등 기술과 비교 시 매트릭스를 제거하기 위한 희석과정의 덜 요구된다고 볼 수 있다.<sup>3</sup>

## 결론

250종 이상의 농약 및 대사체 검출을 위한 다성분 잔류물질 UHPLC/MS/MS 분석법이 개발되었다. Agilent 1290 Infinity UHPLC 시스템의 낮은 지연부피로 UHPLC 분리에서의 크로마토그램 분리능을 증가시킬 수 있는 이점과 고압에서 핸들링 할 수 있는 이점을 충분히 활용했다. 이 분석법은 높은 감도의 Agilent 6495 Triple Quadrupole LC/MS 시스템과 뛰어난 이온화 효율의 Agilent Jet Stream이 만났을 때 더 큰 혜택을 준다. 각 개별 성분의 dwell time을 최대화하기 위하여 dynamic MRM 및 빠른 polarity switching을 사용했다. 이온소스 조건을 최적화하여 전반적인 타겟 이온들의 감도를 향상시켰다.

본 분석법은 흉차 같은 복잡한 매트릭스의 농약분석에 적용되었고, 감도 향상으로 인하여 더욱 유동성 있는 시료 희석 조절이 가능했다. 희석으로 더 적어진 매트릭스가 LC/MS 시스템

에 도입되어 더 낮은 매트릭스 효과를 나타내면서 분석법의 견고성이 향상되고 장비 가동성이 증대하였다.

매트릭스 효과를 최소화하기 위해 시료 추출물의 광범위한 비율의 희석이 적용되었고, 용매 검정 기준의 70~120%의 회수율 범위 안에서 모든 농약성분들을 정량 할 수 있었다. 6495 Triple Quadrupole LC/MS 시스템의 감도 증가는 향상된 정밀성 및 우수한 견고성과 함께 European Commission 잔류허용기준이하의 가장 많은 수의 타겟 농약 정량이 가능하였고, 심지어 1:100 희석한 추출물인 경우에서도 정량이 가능하였다. 

## 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. 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](http://www.eurl-pesticides.eu/library/docs/allcrl/AqcGuidance_Sanco_2013_12571.pdf)
3. Stahnke, H, et al. Reduction of Matrix Effects in Liquid Chromatography-Electrospray Ionization-Mass Spectrometry by Dilution of the Sample Extracts: How Much Dilution is Needed? Anal. Chem. 2012, 84, pp 1474-1482(incl. supporting information).
4. Parra, N.P., Taylor, L. Why Instrument Detection Limit(IDL) is a Better Metric for Determining the Sensitivity of Triple Quadrupole LC/MS Systems. Agilent Technologies Technical Overview, publication number 5991 4089EN, 2014.



## 광산화 분해 반응과 열분해를 이용한 고분자 분석

### 개요

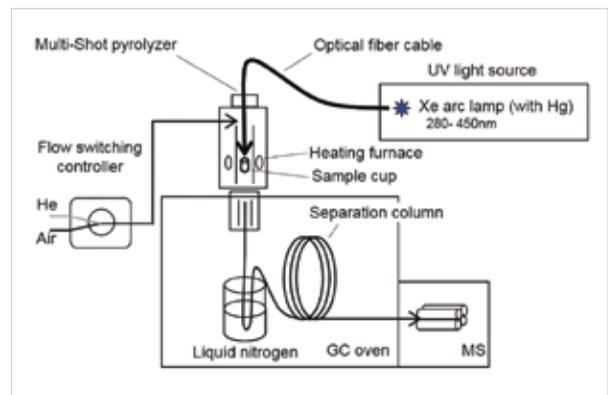
광화학적 산화 반응에 의해 저하되기 쉬운 폴리머의 성능은 폴리머 구조를 변화시키거나 UV-안정제와 같은 첨가제들을 적절하게 사용함으로써 향상될 수 있다. 이러한 광산화 분해 반응에 의해 고분자의 표면에서 발생하는 화합물 및 반응 후 남아있는 고분자의 특성 분석은 폴리머 연구에 중요한 과제가 되어 왔다.

현재까지의 연구에서는 이러한 광산화 반응을 수행하기 위해 Weather meter를 사용하거나, 직접 대기에 노출시켜 이에 대한 실험을 수행하였으나 상당히 오랜 시간이 소요될 뿐만 아니라 광산화 분해 반응 이외에 다른 요인들이 작용하는 등 여러 가지 문제를 가지고 있다.

이에 Frontier Lab사에서는 이러한 광화학적 반응과 열분해를 동시에 수행할 수 있는 micro-furnace-ultra violet(UV) irradiator를 개발하였다. 대기압 공기 중에서 극소량의 폴리머 샘플에 UV light를 조사함으로써 실제 폴리머가 대기 중에서 빛에 의해 산화, 분해되는 과정을 모사하고 그 과정에서 발생되

는 화합물을 GC/MS로 바로 분석할 수 있다. 또한, 광산화 반응을 거친 폴리머를 He 대기 하의 고온조건에서 열분해함으로써 얻어진 휘발가스 분석(Evolved Gas Analysis: EGA) 결과로부터 고분자의 열적 안정성을 평가할 수도 있다.

### UV/Py-GC/MS system의 구성



〈그림 1〉 UV/Py-GC/MS 시스템 구성

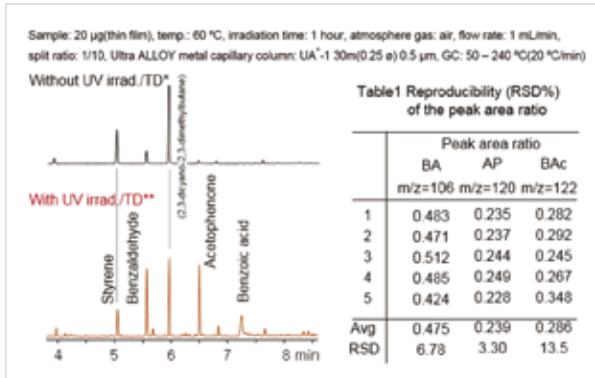
UV/Py-GC/MS의 시스템 구성은 〈그림 1〉에서 보여지는 바와 같이 Xenon(Xe) arc lamp로부터 공급되는 UV light가 pyrolyzer의 중앙을 통과하고, 샘플에 직접 조사된다. 이렇게 UV light가 조사되는 동안 어떠한 대기 환경에서든지 heating이 가능하다(40~800 ℃).

광화학적 산화 분해 반응 동안 형성된 휘발성 화합물들은 액화 질소를 사용하여 분리 컬럼의 주입구에서 냉각 trap된다. UV light의 조사가 끝난 후, 냉각 trap의 온도를 올려 응축된 휘발성 화합물들을 GC/MSD로 분석한다. 추가로 샘플 컵에 남아 있는 변성된 폴리머는 EGA-MS 또는 Py-GC/MS에 의한 분석이 가능하다.

### 광산화 분해 반응과 열분해를 이용한 폴리스티렌(Polystyrene) 분석

#### UV-light 조사 동안 형성된 휘발성 화합물의 분석

60 ℃의 공기 대기 하에서 1시간 동안 폴리스티렌(PS)에 UV를 조사하기 전과 후에 형성된 휘발성 화합물의 크로마토그

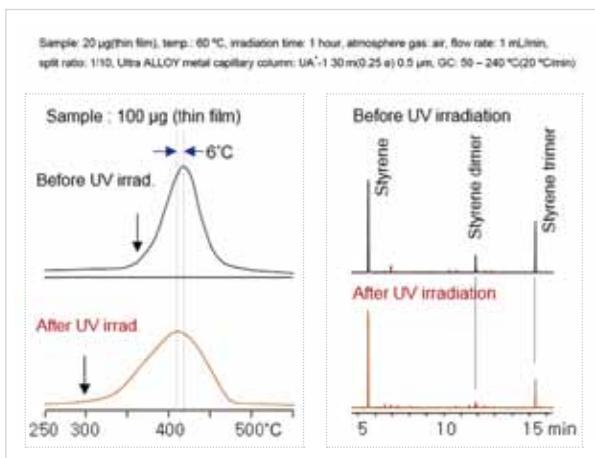


〈그림 2〉 휘발성 분해산물의 TIC

램은 〈그림 2〉에서 보여지는 바와 같다. PS의 UV 조사는 benzophenone(BA)과 acetophenone(AP)과 같은 다양한 광적/열적-산화 분해산물을 생성한다. 그 물질의 재현성의 RSD (상대표준편차)가 7% 또는 그 이하로 나타난다.

**광산화 분해된 폴리스티렌(Polystyrene, PS) 분석**

EGA와 Py-GC/MS의 분석은 UV가 조사된 PS에 대한 더욱 자세한 정보를 제공한다. EGA thermogram에서 열적 변성 시작 온도가 360 ℃에서 300 ℃로 낮아졌고 UV를 조사하기 이전보다 PS 피크 정점 온도가 6 ℃ 낮아졌음을 〈그림 3〉에서 보여준다. 그 결과는 기존 폴리머의 평균 분자량이 UV 조사된 이후에 감소되었음을 보여준다. 〈그림 4〉의 pyrograms는 styrene trimer의 피크 면적수치가 UV 조사 이후 줄어들었다고 보여준다. 이것은 PS의 평균 분자량의 감소를 의미한다.



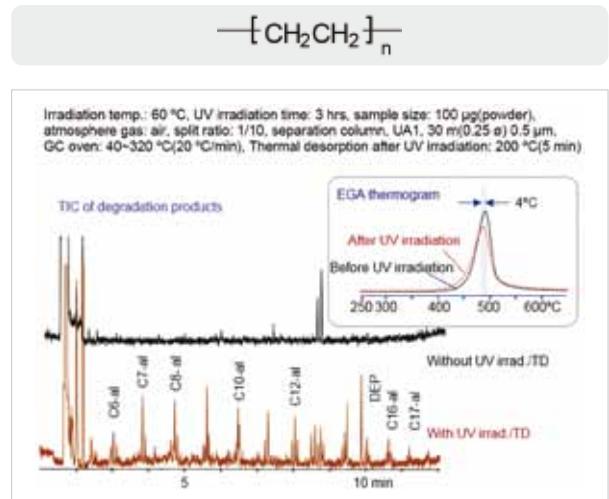
〈그림 3〉 EGA thermogram

〈그림 4〉 Pyrograms (600 ℃)

**결과 및 고찰**

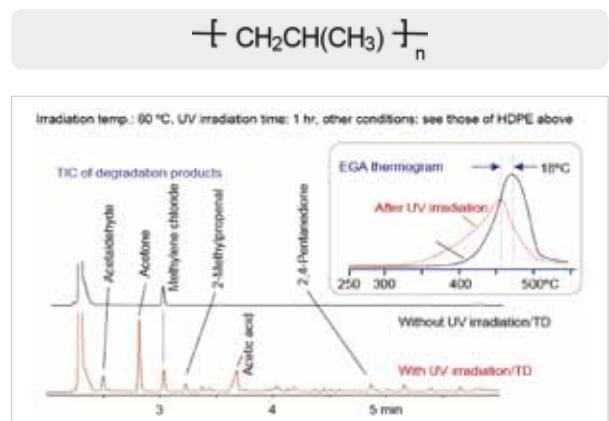
UV/Py-GC/MS를 이용한 폴리머 재료에 UV 조사후 형성된 휘발성 화합물의 분석결과는 다음과 같다.

**고밀도 폴리에틸렌(HDPE)**



UV 조사 하에, 다양한 aldehyde가 분해산물로서 검출된다. 이런 화합물들은 폴리머의 광적/열적 산화 분해에 의한 폴리머 주사슬로부터 발생된다. 분해된 폴리머의 EGA 분석결과, thermogram 피크 정점 온도가 UV 조사 후 4 ℃ 낮아졌다. 이는 폴리머의 분자량이 감소했음을 알려준다.

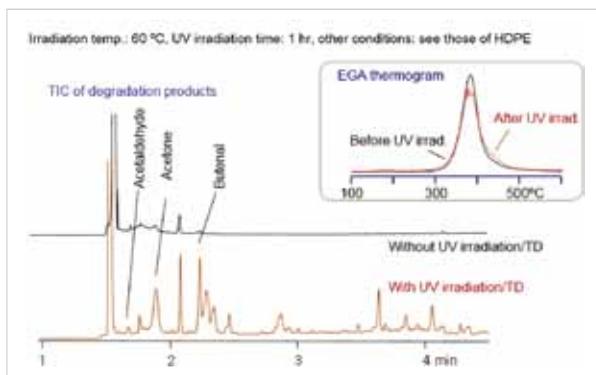
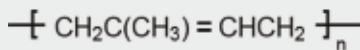
**폴리프로필렌(isotactic, PP)**



광산화 분해산물로서 acetic acid, aldehydes, ketones가 UV 조사 후에 검출되었다. EGA를 이용한 광산화 분해된 폴리머의

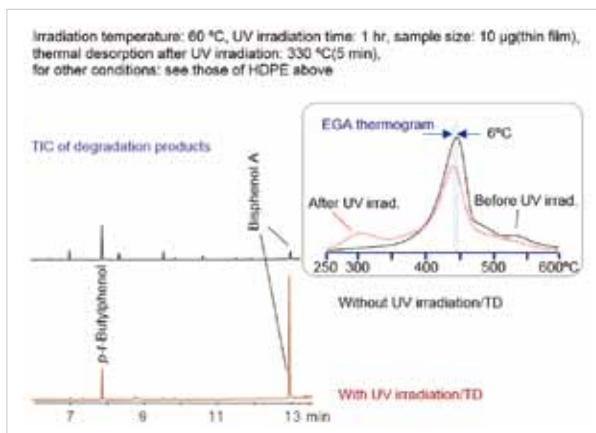
분석 결과, 폴리머 결합이 끊어지면서 EGA thermogram 피크 정점 온도가 18 °C 낮아졌고 폴리머 변성이 시작되는 온도도 400 °C에서 300 °C로 낮아졌다. 즉 UV 조사로 기존 폴리머의 분자량 감소가 야기되었음을 알 수 있다.

**천연고무(polyisoprene, NR)**



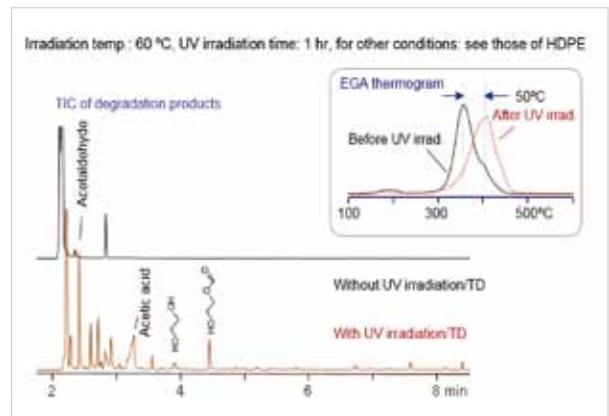
천연고무에 UV를 조사하면 광산화 분해산물로서 다양한 aldehydes, ketones, 그리고 유기화합물을 얻는다. UV 조사 후 변성된 폴리머의 EGA 분석 결과, 높은 온도에서 분해 산물들이 더 발생되었고 이는 가교결합 반응 때문에 기존 폴리머의 분자량이 증가했음을 알 수 있다.

**폴리카보네이트(PC, solution process)**



UV 조사 후 t-Butylphenol(end capping agent)과 bisphenol A(monomer)가 관찰된다. 이것은 폴리머의 카보네이트 결합의 연속적인 분리에 의해 나타난 것으로 보인다. UV 조사 후 광산화 분해된 폴리머의 EGA 분석 결과, 더 낮은 온도에서 분리가 시작되었고 그것은 폴리머 주요 사슬의 분리로 인해 평균 분자량이 감소했다는 것을 의미한다.

**폴리아세탈**

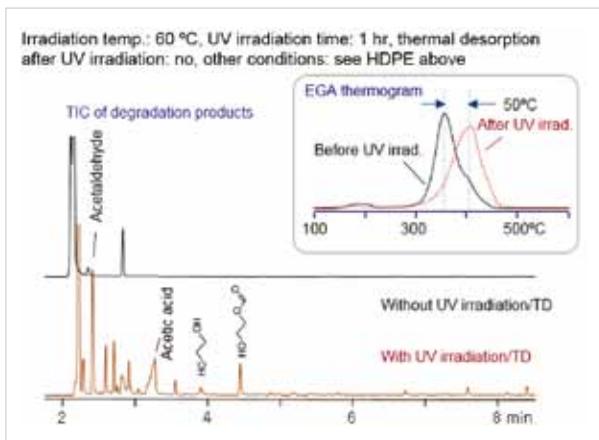


UV 조사 후, monomer(formaldehyde), trimer(trioxane)와 ethylene oxide units으로부터 형성된 ethylene glycol의 formic acid ester가 관찰되었다. 광산화 분해된 폴리머의 EGA 분석 결과, 230 °C 이하 온도에서 광산화 분해 산물이 상당히 증가하였음을 보여준다. 따라서 광산화 분해된 폴리머의 열적 안정성이 낮아졌음을 알 수 있다.

**폴리하이드록시에틸메탄크릴레이트**



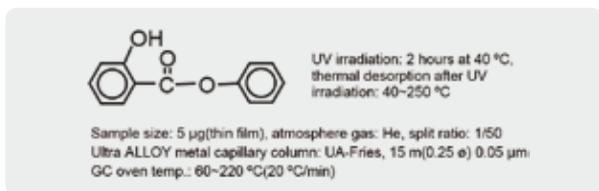
광산화 분해 산물로 acetic acid, ethylene glycol 그리고 formic acid ester가 검출되었다. 광산화 분해된 폴리머의 EGA 분석 결과, 피크 정점 온도가 가교결합 반응으로 상당히 더 높아졌음을 보여준다. 그 결과 또한 UV 조사동안 분자량의 증가를 의미한다.



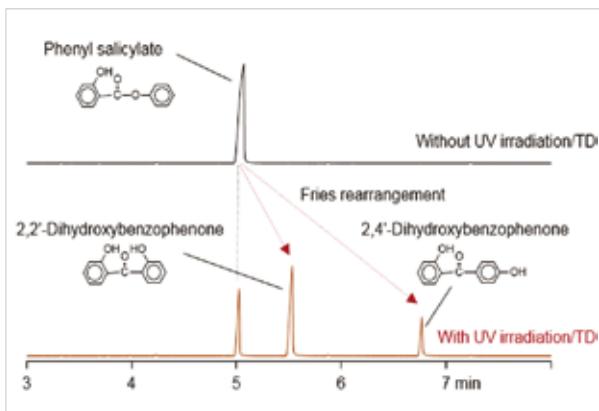
**결론**

UV/Py-GC/MS는 광산화 반응에서 발생하는 휘발성 분해 물질과 광산화 반응 후 남아있는 고분자 물질 분석이 모두 가능하다. 이러한 UV/Pyrolyzer의 도입으로 폴리머의 분해 메커니즘과 첨가제 성능평가가 요구되는 연구기관 및 기업체에 많은 도움이 될 것으로 예상된다.

**광화학 반응의 응용  
(phenyl salicylate의 fries rearrangement)**



UV가 조사되는 동안, UV 흡수제로서 흔히 화장품에 첨가되는 phenyl salicylate는 차단제 photo fries rearrangement 후 2,2'-dihydroxy-benzo-phenone과 2,4'-dihydroxybenzophenones로 검출된다. 아래 그림은 이러한 반응의 분석 결과를 보여준다.





## 제약용수의 TOC 분석 KP, JP vs. USP, EP 규정

\* KP(대한약전), JP(일본약전),  
USP(미국약전), EP(유럽약전)

KP 10 개정(2013년 초)과 JP 16 개정(2011년 초)이 발표되면서 주사용수 뿐 아니라 정제수도 TOC 분석을 하도록 규정이 변경되었다. 또한 USP, EP의 규정과 KP, JP의 제약용수의 TOC 분석규정이 다르므로, 그 차이점을 확실하게 숙지하여 규정에 적합한 TOC 분석을 해야 한다.

USP와 EP의 경우, calibration(캘리브레이션) 특정 물질은 지정하고 있지 않으며 suitability test(시스템 적합성 검사)에는 수크로오스와 벤조퀴논을 사용하도록 하고 있다. 이 물질은 다른 이온종을 포함하지 않는 물질로 직접 전도도 방식으로도 무리없이 측정할 수 있다.

그러나 KP 10 개정과 JP 16 개정에는 유기체탄소(TOC) 시험법 장치의 calibration에 KHP(Potassium hydrogen phthalate, 프탈산 수소 칼륨)을 사용하도록 되어 있으며, suitability test에는 SDBS(sodium dodecylbenzenesulfonate, 도데실벤젠설페이트 나트륨)의 탄소를 0.450 mg/L 이상 검출할 수 있는 기기를 사용하도록 하고 있다.

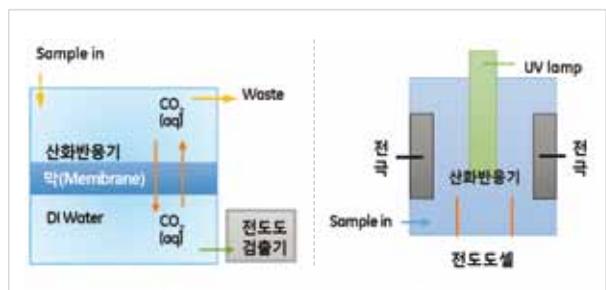
이는 이온에 의한 방해 영향을 받기 쉬운 TOC 분석법 사용을 경고하는 내용이며, 탄소와 다른 이온을 구분할 수 없는 직접 전도도 방식의 TOC 분석기는 사실상 사용이 제한된다.

→ KP, JP의 규정은 USP, EP의 규정과는 다르다는 점을 반드시 숙지하고 있어야 한다.

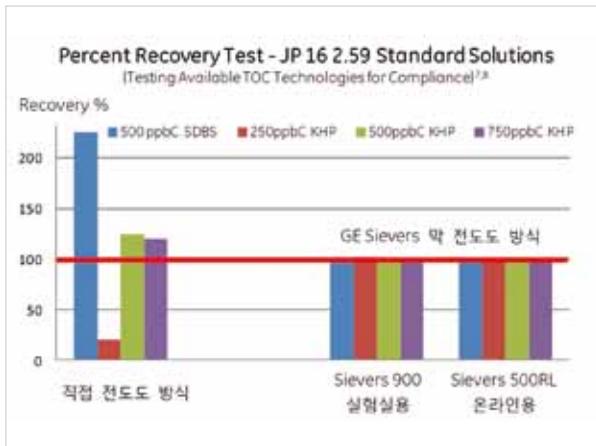
막 전도도 방식은 산화반응기와 전도도 셀이 분리되어 있어 샘플의 유기 및 무기탄소가 산화되어 생성된 이산화탄소만 선택적으로 투과시킨 후 그 이산화탄소만의 전도도를 측정한다.

그러나 직접 전도도 방식의 경우 전도도 측정 셀이 직접 전도도 셀에 닿아 있어서 이산화탄소에 대한 선택성이 없으며 샘플의 유기 및 무기탄소가 산화된 이산화탄소 외에도 샘플에 포함되어 있는 헤테로 이온(할로젠 화합물 등)의 전도도까지 측정된다.

따라서 직접 전도도 방식을 사용하는 분석기의 경우 다른 방해 이온종이 없는 샘플에만 적용 가능하다(제약 용수는 정제되어 있지만 여전히 방해 이온종이 존재한다).



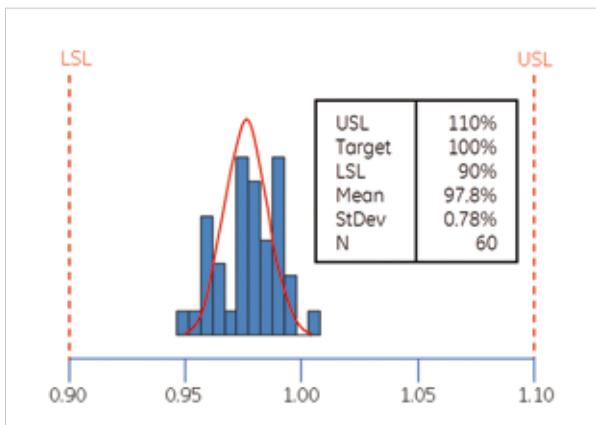
〈그림 1〉 막전도도 방식(왼쪽)과 직접전도도 방식(오른쪽)



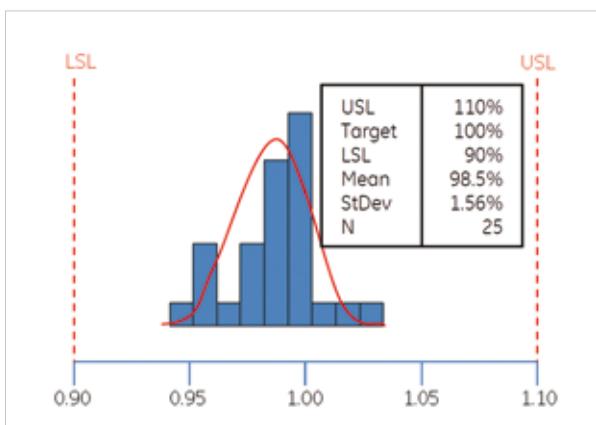
(그림 2) 직접 전도도 방식과 막 전도도 방식 TOC 분석기의 Recovery Test(회수율 테스트)

(그림 2)는 각각 직접 전도도(Direct Conductivity) 방식과 막 전도도(Membrane Conductivity) 방식의 TOC 분석기로 KP와 JP에서 규정하는 특정 표준물질, 즉 도데실벤젠설포산나트륨 및 프탈산수소칼륨 용액의 TOC를 분석한 결과이다.

막 전도도 방식은 GE사의 900 실험실용 분석기 및 500RL 온라인 분석기를 사용하였다. 이 결과에서 나타나듯이 막 전도도 방식의 TOC 분석기는 개정된 KP와 JP의 새로운 분석 필요조건에 부합한다는 것을 알 수 있다. 

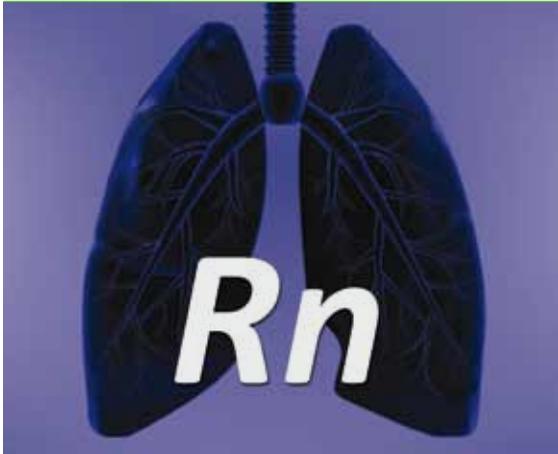


(그림 3) Sievers SDBS 표준물 회수율에 대한 Process capability (Sievers 900 TOC 분석기로 분석)



(그림 4) Sievers SDBS 표준물 회수율에 대한 Process capability (Sievers 500RL TOC 분석기로 분석)





## 폐암의 주 원인 라돈, 실내 라돈 환경 측정과 대처

### 라돈이란?

라돈은 원자 번호 86번의 무색 무취의 비활성 기체 원소로, 우라늄과 토륨의 방사성 붕괴에서 라듐을 거쳐 생성되는 방사성 동위원소이다. 라돈의 밀도는 9.73 g/L로, 공기보다 약 8배 이상 무거우며, 어는점은  $-71.15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 끓는점은  $-61.85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 이다.

라돈의 동위원소는  $\text{Rn}^{219}$ ,  $^{220}$ ,  $^{222}$ 가 있으며 우라늄과 토륨의 자연 방사성 붕괴의 중간 생성물로 생성이 되며  $\alpha$ 선 붕괴를 통하여 폴로늄(Po)이 된 후 최종적으로 납(Pb)의 동위원소가 된다.

$\text{Rn}^{219}$ 는 반감기도 매우 짧고 애초에 적은 양이 생성되기 때문에 거의 존재하지 않으며,  $\text{Rn}^{220}$ 과  $\text{Rn}^{222}$ 는 같은 속도로 생성이 되지만  $\text{Rn}^{222}$ 의 반감기가 3.82일인 반면  $\text{Rn}^{220}$ 의 반감기는 1분이 채 되지 않기 때문에  $\text{Rn}^{222}$ 가 월등히 높은 농도로 존재한다.

따라서 생활 속에 존재하는 대부분의 라돈은  $\text{Rn}^{222}$ 이며 일반적으로 라돈이라 부르는 동위원소는  $\text{Rn}^{222}$ 를 일컫는다.  $\text{Rn}^{222}$ 는

화성암 및 변성암, 석회석 등에서 발견되며 대부분이 건축 재료로 사용되고 있다. 따라서 환기가 잘 되지 않는 실내나 지하실 등에서 발견된다. 과거에는 암의 방사선 치료 등에 사용이 되기도 하였으나 현재는 더 안전한 동위원소로 대체되었다.

### 라돈의 용도

라돈은 20세기 초반까지만 해도 라돈 기체를 생체에 이식시켜 암의 방사선 치료에 사용하곤 하였으나, 이때에도  $\alpha$ 선,  $\beta$ 선은 걸러내고  $\gamma$ 선만 인체에 통과시켜 암세포를 파괴하는 방식으로 사용하였다. 하지만 건강한 세포도 손상되고 치료가 쉽지 않아 현재는 사용하지 않는다.

또한 라돈은 기름과 같은 물질에 잘 흡착되기 때문에 기름에 오염된 토양 등의 연대 측정에 사용되기도 한다. 또한 반감기가 짧은 특성을 이용하여 새로운 지각 균열을 검출하고 대지진을 예측하려는 시도도 있었다.

오래 전부터 라돈이나 라듐이 많이 들어 있는 온천수, 식수 등은 건강에 효능이 있고 류마티스 등의 치료에 효과가 있다고 하여 애용되기도 하였으나, 이 효능에 대한 과학적인 근거는 없는 상황이며 오히려 높은 농도의 라돈에 노출되면 폐암 등을 유발할 수 있다고 알려져 있다.

### 라돈의 위험성

라돈은 비흡연자 폐암 원인 1위라고 할 정도로 인체에 매우 해로운 동위원소이다.

언론 등에서도 라돈의 위험성에 대하여 지속적으로 알려지고 있다. 그러나 선진국에서는 라돈의 위험성이 시민들의 의식에 자리잡고 있는 경우가 많지만 아직 국내에서는 많은 사람들이 라돈이 무엇인지, 라돈이 왜 위험한지, 심지어 집안에서도 라돈에 피폭될 수 있다는 사실조차 모르는 경우가 많이 있다.

대표적인 발암물질 중 하나인 라돈의 위험에서 벗어나기 위한 방법들이 언론이나 많은 매체를 통해 알려지고 있다.

1. 가급적 지하 공간에서 생활하는 것을 삼간다.
2. 환기 시설을 통하여 실내 오염 물질을 밖으로 내보낸다.
3. 오래된 건물에 균열이 있는지 살펴보고 수리하도록 한다.
4. 아침에는 항상 환기를 시켜 밤사이 축적된 라돈을 배출한다.
5. 꾸준히 실내의 라돈 농도를 측정하여 실내 환경을 파악한다.

하지만 지하에만 있을 것이라고 생각되었던 라돈이 최근 연구 결과에 따르면 아파트 고층에서도 발견되고 있기 때문에 지하 생활을 하지 않는다고 하여 라돈의 위험에서 벗어났다고 보기는 어렵다.

실제로 최근에는 서울 37개의 지하철 역이 라돈 특별 위험 지역으로 지목되어 이슈가 되기도 했었는데 화강암 지반 구간을 통과한다는 공통적인 지형적 이유 때문이다. 라돈의 발생 원인이 화강암 등에 존재하는 라듐의 핵분열 때문으로 밝혀졌다. 이에 따라 위험 지역으로 지목된 역들은 환기시설 작동시간을 늘리고 연 2회 이상 라돈 수치를 측정하여 관리를 하고 있는 상황이다.

미국 환경보호국(EPA)에서는 라돈이 흡연에 이은 폐암의 주 원인이라고 발표하였으며, 실제로 폐암 환자의 약 10% 정도는 라돈 흡입에 의한 것으로 보고되어 있다.

따라서 실내 라돈 환경의 농도를 148 Bq/m<sup>3</sup> 이하가 되도록 권고하고 있으며, 라돈 수치는 실내 환경에 따라 높은 곳은 10만 Bq/m<sup>3</sup>이 검출되기도 한다. 하지만 라돈의 농도는 인체로 느낄 수 없기 때문에 라돈 측정기를 통하여 꾸준히 라돈의 농도를 확인하고 환기를 통하여 실내 환경을 관리할 수 밖에 없는 상황이다.



## 라돈 측정 장비

영인과학에서는 SARAD사의 라돈 측정 장비를 통하여 실내 및 개인 라돈 피폭 선량에 대한 솔루션을 제공하고 있다.

- 장기간 측정된 데이터를 시간대 별로 확인 가능
- 2개의 배터리로 수 개월 사용 가능
- 높은 감도를 통해 낮은 라돈 수치도 확인 가능
- 습도 등에 영향을 받지 않는 검출기 내장
- 온도 및 습도 센서 내장
- RadonVision 소프트웨어 제공 



실내 측정을 위한 라돈 모니터 - Radon Scout



## 세포검사 방법의 기원과 변천

자궁경부암과 자궁암의 진단은 약 50여년 동안 conventional cytology(CC)로 불리는 pap smear 검사(Papanicolaou 기법)로 이루어졌다. 이 smear 기법이 민감도 측면에서 제한적임에도 불구하고 검사의 도입 이후로 자궁경부암과 자궁암의 발병 빈도는 과거에 비해 현저히 낮아졌다.

CC의 민감도를 향상시키기 위해 지난 수십년간 LBC(Liquid Based Cytology) 기법을 기반으로 새로운 세포검사의 기법이 개발되어 왔다. 이를 액상 세포검사라고 한다. LBC는 2가지 중요한 이점을 가지고 있다. 하나는 만족스럽지 못한 슬라이드가 제조되는 비율을 낮춘다는 것이고 두 번째는 슬라이드를 제조하고 남은 샘플을 HPV와 같은 바이러스를 진단하는 분자생물학 분야에 적용할 수 있다는 것이다.

CC 기법과 비교했을 때 LBC 장비가 민감도를 향상시킨다는 것에 대해서 일부 논란의 여지가 있기는 하지만 LBC 장비는 많은 국가에서 개발되고 있으며, 비용을 절감할 수 있는 경제적인 측면에서도 좋은 반응을 보이고 있다. CC 기법부터 다양하게 발전해 오고 있는 세포검사의 기법에 대해 좀더 알아보고자 한다.

### 세포 검사의 시작 : Conventional Smear



(그림 1) Pap smear 검사(Papanicolaou 기법)

부인과 의사는 나무 스틱, endo-cervix 브러쉬 등을 통해 자궁경부에서 샘플링을 진행한 후, 슬라이드에 도말한다. 고정액이 들어있는 스프레이로 고정한 후 PAP 염색 및 판독을 위해 병리과로 보내진다.

향상된 성능을 가진 샘플링 도구를 사용하지 않아서 상당한 양의 샘플들이 소실되고 일부 세포만 슬라이드에 남는 경우가 많다. 더욱이 스프레이를 뿌려서 고정하다 보니 판독해야 할 세포들이 기존 위치에서 옮겨지는 현상이 발생한다. 시술자의 핸들링에 의해 도말이 진행되기에 균일한 상태의 도말이 될 수 없으며, 정상적인 고정이 이루어지지 않기도 한다.

### 초기 Liquid Based Cytology(LBC)

부인과 의사가 샘플을 채취한 후 고정액에 담은 상태로 병리과로 보내진다. 고정액에 담긴 채로 바로 고정이 진행되며, 병리과에서 도말 및 PAP 염색, 판독이 진행된다. 스프레이 등에 의한 세포 밀림 현상이 없으며, 고정액 상에서 균일하고 더 나은 고정 상태의 슬라이드 제작이 가능하다.



(그림 2) 액상세포검사(Liquid Based Cytology, LBC)

## Direct Centrifugation 방식



(그림 3) Direct Centrifugation 방식

1970년대 개발된 새로운 방식의 LBC system이다. 수작업을 통해 슬라이드 제작이 진행되며, 서클 형태의 도말 상태를 보인다. Cluster 및 점액질을 분해하기 위해 샘플링한 vial을 volt-exing 한 후 세포 밀도에 따라 샘플을 원심분리한다. 그 다음, 상층액을 제거한 후 건조 및 염색을 진행한다.

과정 중에 수작업이 많고, 검체 용기가 개방되어 있는 상태에서 원심분리 등이 진행되다 보니, 검사자의 실수에 의한 오류, HPV 공기 중 감염 등의 위험성에 노출이 되어있는 문제점들이 야기되곤 하였다. 게다가 샘플링된 세포에 대한 추가 처리과정이 없어서 슬라이드가 너무 많은 불필요한 정보를 가지고 있을 뿐만 아니라, 추출된 필요 세포의 소실 위험도 내재되어 있다.

## Semi-Automation system : B사 제품



(그림 4) Semi-Automation system

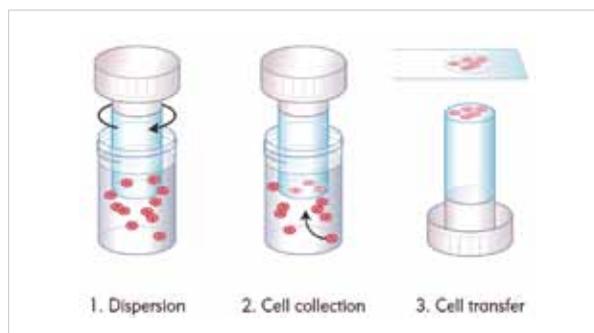
이 시스템을 통해서 세포검사를 진행하는 경우, 병리과로 보내진 전용 용기에는 샘플과 샘플링한 브러시가 포함되어 있다. 샘플

플 vial을 voltexing 한 후 large cluster를 분쇄하고, 다음 단계로의 진행을 위해 샘플을 centrifuge tube에 옮겨 담는 과정이 전용 장비를 통해 이루어진다.

이후 원심분리를 진행하고, 염증세포, 혈액, 점액질 등을 분리해낸다. 최종 pellet을 얻기 위해 다시 한번 원심분리를 진행하고, 도말 전용 장비에 슬라이드와 챔버를 장착한 후 세포 도말(또는 염색 과정까지)을 진행한다.

각 과정이 진행될 때마다 검사자의 핸들링을 통해 다음 단계로 샘플의 이동이 이루어지며, 검사에 이용되는 용기는 항상 열려 있는 상태로 진행되다 보니, 실수에 의한 오류나 HPV 감염 위험성을 가지고 있다. 점액질을 제거하는 과정에서 필요 세포의 소실 위험을 항상 주의하여야 하며, 슬라이드 간 교차 오염 위험성이 내재된 시스템이라는 문제점이 지적되고 있다.

## 또 다른 방식의 슬라이드 제작 방법 : H사 제품



(그림 5) H사 슬라이드 제작 방법

이제까지 소개되었던 방식과는 다른 방식으로 슬라이드 제작을 진행한다. 장비 내 stage에 채워진 샘플 vial을 위치시키고, 필터가 결합된 cylinder를 vial 내부에 위치한 후 회전해서 cluster와 mucus를 분산시킨다. Vacuum을 통해 세포를 필터에 흡착시킨 후 cylinder를 뒤집어서 슬라이드에 필터를 밀착시켜 도말을 진행한다.

균일한 밀도의 슬라이드 제작이 가능하며, 지름 21 mm의 cluster가 거의 없는 단조로운 원형으로 도말이 된다. Spin rotor 사



〈그림 6〉 전용 장비 : 한 장씩 제작하는 장비(좌), fully automated 장비(우)

용 및 필터로 거르는 방식으로 실험이 진행되는데, cluster 상에 포함되는 세포의 소실 가능성과 필요 세포의 탈락 가능성을 극복하지는 못한다. 장비 작동 중 세척 과정이 전무하여 교차 오염의 가능성을 가지고 있다. 그리고 슬라이드에 필터를 압착하는 과정에서 세포 내 핵의 확대를 야기할 수 있어서 관독시 주의를 요하고 있다.

### 액상세포 검사의 새로운 솔루션에 대한 필요성

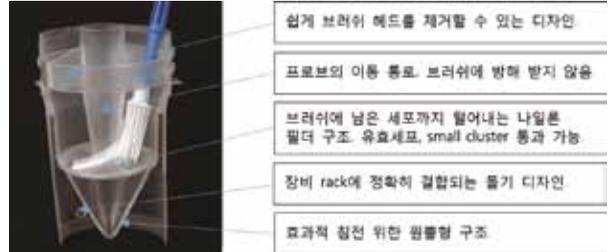
앞에서 알아본 세포 검사 방법의 변천 과정을 통해서 세포 채취에 적합한 디자인의 검사 vial, 필요 세포의 충분한 획득을 위한 목적 등에 부합하는 새로운 방식에 대한 필요성이 제기되었다. 이에 발맞추어 안전과 편의성을 갖춘 새로운 샘플 vial, 우수한 세포 보존력을 가진 비 인화성/비 독성의 고정액, 세포 유실 가능성을 배제하고 교차 오염을 줄여주는 개선된 자동화 과정을 갖춘 시스템 등 여러 종류의 새로운 액상세포검사 시스템이 발전하고 있다.

### NOVACYT사의 새로운 LBC system



〈그림 7〉 NOVACYT사의 LBC system

병리과에 도착한 샘플 vial과 슬라이드와 침전 소모품을 장비에 장착하고 전자동 장비를 구동시킨다. 슬라이드 도말 과정이



〈그림 8〉 혁신적인 디자인의 샘플 vial



〈그림 9〉 2가지 크기에 따른 장비 : 동일한 시스템, 소모품, 소프트웨어, 정비방식

끝날 때까지 모든 과정이 자동으로 진행된다. 구동 중, large cluster 분쇄를 위한 mixing이 진행되면서 세포 현탁액을 균일하게 해 준 뒤, 불필요한 부분의 제거를 위한 1차 침전이 일어난다. 이후 필요 세포를 pipetting 하여 처리 후 슬라이드에 분주하게 되며, 챔버 시스템 안에서 2차 침전이 이루어져서 슬라이드 도말이 완성된다.

액상세포검사를 진행함에 있어서 기존에 문제되었던 점들을 보완하여 출시되었으며, 기존 방식 대비 월등한 샘플 처리속도, 전자동화 시스템, 혁신적인 vial 디자인, HPV 감염에 대비한 안전성 등을 갖춘 차세대 액상세포검사 시스템으로 발전해 나가고 있다. ●

# 여유 시간에 무엇을 하십니까? 더 많은 여유가 생긴다면 무엇을 하고 싶으십니까?



Agilent가 일을 냈다!

지난 9월 24일 중국을 시작으로 전세계에 공개된 Agilent 1290 Infinity II LC는 Agilent에 기대하는 기기 성능과 견고성을 기본으로 한 차세대 UHPLC 하드웨어로서, 액체 크로마토그래피 실험실에서 염원하던 '생산성 향상'의 목표를 3차원적으로 재정의한다. 이제 '최대효율'의 기준은 '1290 Infinity II LC'다!

## 분석 효율의 극대화!

타의 추종을 불허하는 분리와 검출성능을 통해 얻어진 양질의 분석결과는 재분석에 대한 우려 없이 분석결과에 대한 궁극의 확신을 줄 수 있다.



## 실험실 효율의 극대화!



현재 보유 중인 '기기'와 '분석법'을 놓치지 않고 통합할 수 있는 초고성능의 UHPLC는 가장 빠른 시간 내에 최고 생산성과

가장 낮은 총 소유 비용을 획득할 수 있다.

## 기기 효율의 극대화!

스패너 없이 초고압 분석용 컬럼을 장착할 수 있다면, 1회 분리 속도가 아닌 시퀀스 분석의 사이클타임을 최소화할 수 있다면, 수백 개의 크로마토그램에서 단 하나의 아웃라이어를 직관적으로 찾을 수 있다면, 기기 사용자는 어떠한 응용분석에서도 가장 많은 시료를 가장 빠른 시간 내에 처리할 수 있다. 1290 Infinity II LC 안에서!



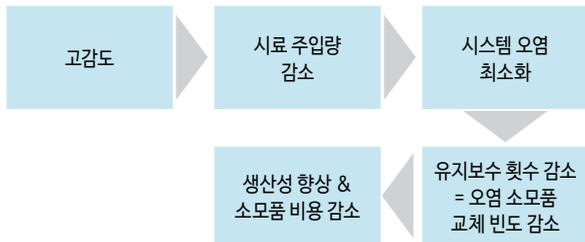
Agilent 1290 Infinity II LC와 함께 '여유가 생기면 하고 싶었던 일'을 해보세요!

## 기체 크로마토그래프/테넨질량분석기 [Agilent] 7010 Triple Quadrupole GC/MS

Agilent사 GC-QQQ에 새로운 식구가 추가되었습니다. 기존의 7000 시리즈보다 감도가 8배 향상된 7010 시리즈입니다.

GC-QQQ는 원래 고감도 정량 시스템으로 극미량의 목적 성분을 검출하기 위한 목적으로 개발되었지만 7010 시리즈의 경우, 추가적으로 또 다른 목적을 위해 감도를 더욱 강화시켰습니다. 기존의 7000 시리즈를 이용하여 분석하더라도 현재 규제대상인 특정 성분들에 대한 정량분석에 큰 어려움은 없지만 7010 시리즈의 더욱 높은 감도를 이용하여 보다 높은 생산성을 추구하고자 합니다.

분석방해성분이 많이 포함된 저저분한 시료를 주로 분석하는 GC-QQQ에 감도를 기대이상으로 높여 시료주입량을 줄임으로써 주입구 라이너/셍팁/오링 및 컬럼 교체, 그리고 이온화원 세척 등의 유지보수를 최소화시켜 생산성을 향상시키겠다는 발상, Agilent 이기에 가능한 것 아닐까요?



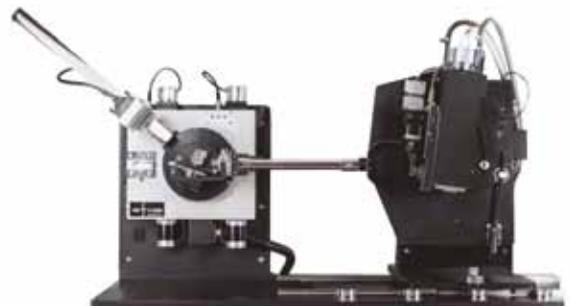
## 고성능, 다기능 X-선 회절 분석기 [STOE] STADI MP XRD

128년 역사를 가진 독일 STOE사는 전 세계적으로 최첨단 XRD 기술력과 높은 인지도를 가지고 있는 회사입니다. 대표적으로 단결정(single crystal) 및 분말 회절(powder diffraction) 응용의 제품을 출시하고 있습니다.

STOE사의 STADI MP는 고성능, 다기능 X선 회절 분석기로 견고하고 믿을 수 있습니다. 독일 다름슈타트 공장에서 제품 설계, 제조, 조립, 서비스까지 전 과정을 진행합니다. 또한 한 대의 XRD 장비로 적용되는 모든 기술(Bragg/Brentano, Transmission/ Debye-Scherrer geometry)을 적용할 수 있으며, 박막필름, 반사광 측정 등 대부분의 파우더 응용에 사용됩니다. Geometry의 조정이 간편하며 별다른 보정이 불필요합니다.

### 응용

- 정성분석 : 금속, 합금, 무기화합물, 암석광물, 유기화합물, 폴리머, 생체시료 등(회절패턴을 활용하여 데이터 파일과 비교하여 정성 분석)
- 정량분석 : 회절선의 강도를 측정하여 각 성분의 정량 분석 가능
- 격자상수 : 결정의 면간격을 정확히 측정하여 격자상수 측정
- 미소결정의 크기 측정
- 결정성의 질, 배향성 측정
- 혼합물, 화합물 구별
- 팽창 및 수축 정도 측정
- 결정 구조 해석에 활용



자료번호 66-08

## 소형의 검출기+냉각장치 일체형의 냉각 시스템 [AMETEK ORTEC] ICS(Integrated Cryocooling System)

ORTEC사에서는 액체질소를 사용하지 않고도 액체질소를 사용할 때와 동등한 분해능을 낼 수 있는 소형의 검출기+냉각장치 일체형의 새로운 냉각 시스템 ICS(Integrated Cryocooling System)를 출시하였습니다.

### 특징

- ORTEC사의 모든 GEM Series 검출기와 호환 (GMX 사용 시 제작사 논의 필요)
- LN<sub>2</sub> 없이도 LN<sub>2</sub> 냉각 수준의 분해능 유지
- 방진 기능
- 60 dB 이하의 저소음
- High Voltage Shutdown 기능으로 검출기 보호
- 유지보수 불필요
- Cooling rod 길이 선택 가능(2~12 in)
- 넓은 범위의 작동 온도(-10~40 °C)

### Specification

Dimensions	검출기에 따라 다름
Weight	18 kg
Hardened Cryostat	Yes
Compatible Endcap Windows	Aluminum, Carbon Fiber, Beryllium
Environmental	Temp. : (-10~40 °C), Humidity : non-condensing
Typical Power Consumption	70 W typical, 130 W maximum
Status Display	4 LED Lights indicates : Power, Cold, Cooler, preamp count rate
Low-Background Option	Yes
Cooler Life	> 200,000 hours
Maintenance	Easily removable, washable inlet air filter
Stand Compatibility	Optional stand(ISC-STAND) is available



자료번호 66-09

## 여성전문병원 및 중소형 병원에서의 암진단 [Novacyt] Novaprep® NPS25 자동화 기기

불과 10년 전 까지만 해도 자궁경부암, 위암, 폐암 등 각종 암 진단은 수작업으로 진행되었기 때문에 시간/인력 손실이 많았을 뿐만 아니라 검사의 정확도 또한 낮은 수준이었습니다. 프랑스 Novacyt사의 Novaprep®은 상기 암들을 보다 빠르고 효율적으로 검사할 수 있는 자동화 제품으로 병원 내 병리과의 진단 효율성을 증진할 수 있습니다.

### 특징

- 자궁경부암(Gyn mode)과 위/폐/간 등 각종 암(Non-gyn mode)들을 하나의 기기에서 모두 검사할 수 있습니다.
- 액상검체(세포)의 양에 따라 농축 또는 희석하는 기능이 있어 어떠한 형태의 검체라도 슬라이드를 손쉽게 제작할 수 있습니다.
- Multi-slide mode가 있어서, 하나의 액상검체로 4개의 슬라이드를 동시에 제작할 수 있습니다.
- 액상검체를 채취하는 vial은 타 제품들과 달리 단 2종류로 간소화되었습니다.
- 검사자의 안전을 고려하여, 검체 채취 후 폐기될 때까지 vial을 open할 필요가 없습니다.
- 기기의 크기가 작아 협소한 검사실에서도 사용이 가능합니다. (W×H×D / 57×70×60 cm)

### 장점

- 1) 검사 건수가 적은 병원, 여성전문병원/병리의원 등 특화된 병원, 대학병원에서 특정검체 전용검사 등 다양한 검사에 활용이 가능합니다.
- 2) 기기의 크기는 작지만 기존의 타 제품들보다 빠르고 더 많은 양의 슬라이드를 정확히 제작할 수 있습니다(16개의 슬라이드/45분).
- 3) Gyn(자궁경부암) 검사의 경우, 전처리 과정 없이 vial을 그대로 장착하여 검사할 수 있는 유일한 Full-Automation 기기입니다.



# Agilent GC Column 교체하기



❶ GC 컬럼 교체 시 필요한 소모품입니다. 컬럼 너트, 패럴, 컬럼커터, 스페너가 필요합니다.



❷ GC 시료 주입구를 이용하여 컬럼에 너트와 패럴을 연결합니다.



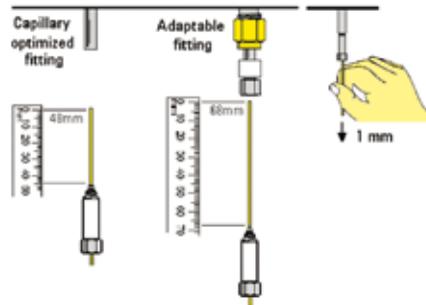
❸ 스페너를 이용하여 컬럼에 너트와 패럴을 임시로 고정합니다.



❹ 고정된 컬럼을 풀어 컬럼을 커팅합니다. 커팅하는 이유는 패럴 등을 넣을 때 컬럼이 오염될 수 있기 때문에 오염 방지를 위해 커팅합니다.



❺ 컬럼 길이를 조절하여 연결합니다(4~6 mm).



⑥ GC 검출기에 컬럼을 연결할 때 시료주입구와 동일하게 컬럼 너트를 고정합니다.



⑦ 고정된 컬럼을 끝까지 밀어넣습니다.



⑧ 컬럼을 고정하기 전에 아래쪽으로 1 mm 정도 뺍니다(컬럼 고정 시 컬럼 손상 방지).



⑨ 스패너를 이용하여 고정합니다.

자세한 사항은 'YOUTUBE'에서 '영인과학'을 검색하시면 동영상으로 확인하실 수 있습니다.



# Agilent GC/MS ChemStation 라이브러리 만들기

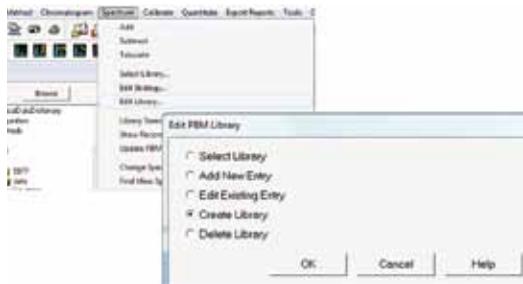
## 새로운 라이브러리 만들기

Agilent GC/MS ChemStation 라이브러리 만들기는 다음의 두 과정을 통해 진행된다.

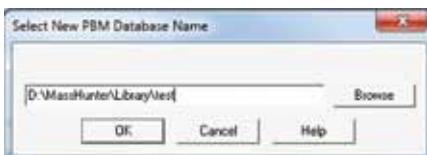
1. Create Library
2. Adding Spectra

### Create Library

1. Spectrum ⇒ Edit Library ⇒ Create library를 클릭하고 OK를 누른다.



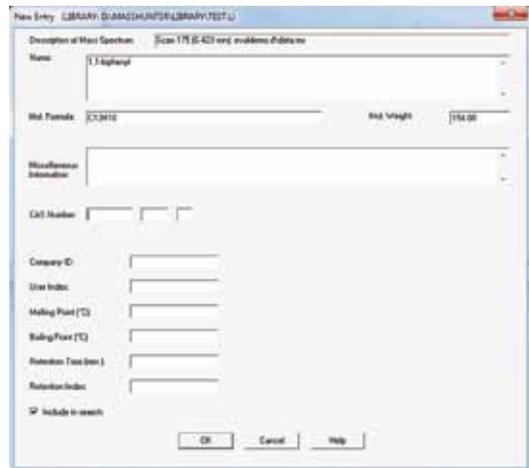
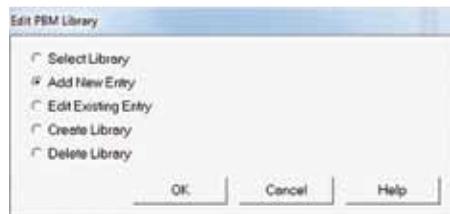
2. 새로운 라이브러리의 이름을 입력하고 OK를 클릭한다. (ex: test)



### Adding Spectra

1. 라이브러리에 추가할 스펙트럼을 불러온다.
2. Spectrum ⇒ Edit Library ⇒ Add new Entry를 클릭한 후 OK를 눌러서 추가할 스펙트럼의 정보를 입력하는 창을 볼

러와서 입력한다. Name과 Mol. Weight는 꼭 입력해야 한다. Mol. Formula를 입력하면 Mol. Weight는 자동으로 계산된다.



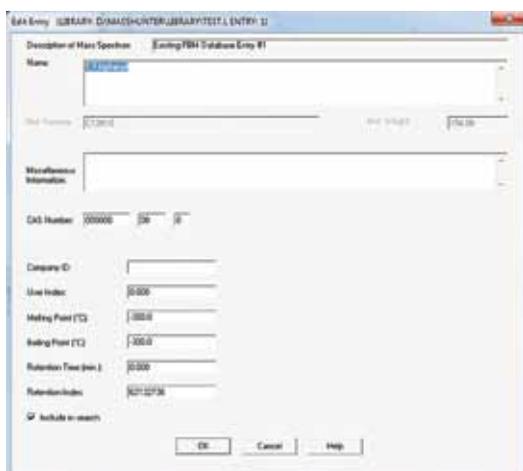
- ※ 스펙트럼이 추가될 라이브러리의 이름은 New Entry title bar에서 확인할 수 있다.
- ※ Mol. Weight는 정확히 입력되어야 하며, 잘못 입력하는 경우 추가되지 않을 수 있다.

### [참고] Mol. Weight 입력방법

1. Mol. Formula를 입력하면 Mol. Weight는 자동으로 계산된다.
  2. Mol. Formula를 모르는 경우 Mol. Weight만 입력한다.
  3. 모두 모르는 경우, 9999를 입력한다. 이 경우, Mol. Weight를 무시하고 검색한다.
3. OK를 누른 후, update Library에서 OK를 클릭하면 스펙트럼이 추가된다.

## 라이브러리에 등록된 성분의 정보 수정하기

1. Spectrum ⇒ Edit Library ⇒ Select Library에서 수정하고자 하는 라이브러리를 선택한다.
2. Spectrum ⇒ Edit Library ⇒ Edit Existing Entry를 클릭하여 수정하고자 하는 성분의 Entry Number를 입력한다.
3. 입력된 정보를 수정 후 OK를 클릭한다.  
(Mol. Formula와 Mol. Weight는 수정할 수 없다.)



### [참고]

라이브러리에 등록된 하나의 compound를 삭제할 수는 없다. 하지만, Include in Search에 체크하지 않으면 라이브러리 검색 시 해당 성분은 포함하지 않고 검색한다.

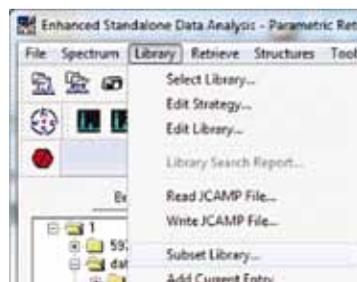
## 라이브러리에 등록된 스펙트럼을 다른 라이브러리로 복사하기

라이브러리에 있는 스펙트럼을 그대로 복사하여 다른 라이브러리 또는 새로운 라이브러리에 추가할 수 있다.

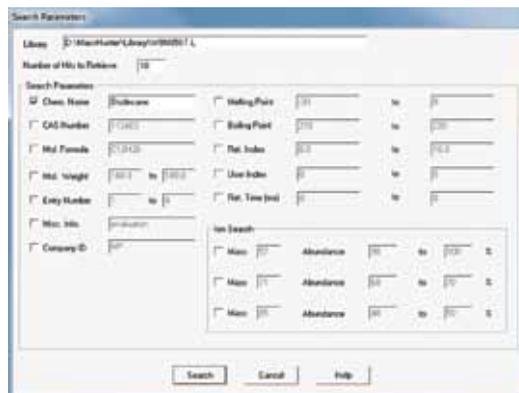
1. Parametric Retrieval 메뉴 창을 불러온다.



2. Subset Library를 클릭한다.



3. 아래와 같은 Search Parameters 창이 뜨면, 복사할 스펙트럼을 찾기 위해 검색할 라이브러리와 검색 정보를 입력한 후 Search를 클릭한다.



4. 검색된 스펙트럼을 추가할 라이브러리를 선택한다. 새로운 라이브러리를 만들어서 추가하거나, 기존에 만들어진 라이브러리에 추가할 수도 있다.



5. Create Library를 선택 후 새로운 라이브러리를 만들거나, Append To Library를 선택 후 기존 라이브러리를 선택하면 위에서 검색된 스펙트럼이 해당 라이브러리에 추가된다.

# 식품공전에 등재된 PCR을 이용한 대장균 시험법



## 식품공전 및 미생물 시험법

식품의약품안전처는 '식품위생법'에 따라 국민보건상 필요하다고 인정하는 때에는 판매를 목적으로 하는 식품 및 식품첨가물의 제조, 가공, 사용, 조리, 보존의 5가지 방법에 관한 기준과 그 식품 및 식품첨가물의 성분, 기구, 용기, 포장의 제조방법에 관한 규정 등을 정하여 고시한다. 식품공전 및 식품첨가물 공전은 이를 정리해 놓은 기준서이다.

식품위생법에 따라서 식품위생감시원이 검사대상으로부터 일부의 검체를 채취하여 기준 규격 적합 여부, 오염 물질 등에 대한 안전성 검사를 실시한다. 그 결과에 따라 행정 조치 등이 이루어지게 되므로 검사대상 선정, 검체 채취, 취급, 운반, 시험 검사 등은 효율성을 확보하면서 과학적인 방법으로 수행하여야 한다.

식품의 미생물 시험에 있어서 제일 유의하여야 할 점은 검체 중의 미생물의 상황이 시시각각으로 변하여 증식하거나 사멸하는 수가 있으며 원래 검체 중에 함유되어 있던 미생물 외에 별개의 미생물이 시험조작 중 오염될 수 있다는 것이다.

무균 상태에서 검체의 채취가 이루어진 후, 확인하고자 하는 미생물의 종류에 따라서 시험법이 달라진다. 보통 해당 미생물의 종류에 맞게 적절한 조건의 한천 배지를 만들어 채취한 검체를 접종하여 배양 후 집락 수를 계산하여 유무를 판단한다.

## 식품 공전에 등재된 PCR을 이용한 미생물 시험법

지난해 PCR을 이용한 미생물 시험법이 식품공전에 등재되었다. 특히 장출혈성 대장균 시험법은 PCR을 이용하여 배로독소 유전자를 검출하는 시험법이다.

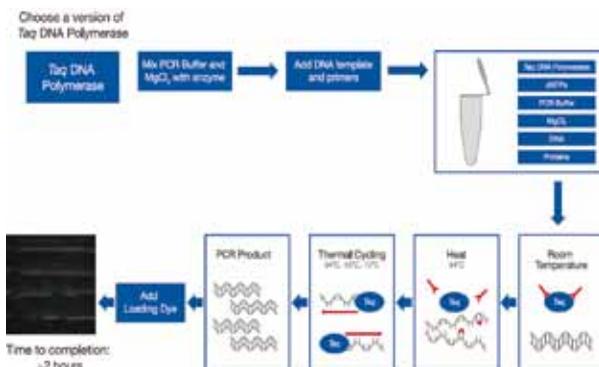
따라서 신속검사를 위한 스크리닝 목적으로 증균배양 후 배양액에서 배로독소 유전자 확인 시험을 실시하여 배로독소(VT1 또는 VT2) 유전자가 확인되지 않을 경우 불검출로 판정할 수 있다. 하지만 배로독소 유전자가 확인된 경우에는 반드시 분리 및 확인 시험을 실시하여야 한다.

## PCR 시험법

PCR은 Polymerase chain reaction의 약자로 중합효소 연쇄반응이라고 한다. DNA 사슬 중 목적하는 일부분만을 대량으로 증폭시키는 방법으로 1985년에 개발된 시험법이다. 현재 유전물질을 조작하여 실험하는 대부분의 과정에서 사용하고 있는 검사법으로 검출을 원하는 특정 표적 유전물질을 증폭하는 방법이다.

중합효소 연쇄 반응에 의해 소량의 유전물질로부터 염기 순서가 동일한 유전물질을 많은 양으로 증폭할 수 있으므로 인간의 DNA 뿐만 아니라 세균이나 바이러스, 진균의 DNA에 적용하여 감염성 질환의 진단 등에 사용할 수 있다.

특히 지난해 PCR 시험법을 이용한 미생물 검출법이 식품공전에 등재되어 이제 식품 분석기관에서도 PCR 시험법을 이용한 실험이 필수가 되었다.



Life Technologies의 PCR system에서는 식품 분석기관을 대상으로 프로모션을 실시하고 있으며, 식품공전 PCR 시험법과 관련된 PCR 장비(thermal cycler)부터 필요한 시약까지 공급하고 있다.

특히 ProFlex thermal cycler의 경우 3개의 독립 블록으로 구성되어 있어 동시에 서로 다른 3개의 프로토콜을 사용할 수 있으며, 8.4인치 대형 터치스크린 방식으로 사용방법이 편리한 장점이 있다.

## 패키지 구성

제품명	제품번호	수량
ProFlex 3x32 well PCR system	4484073	1 ea
MicroAmp 8-Cap Strip	N8010535	2 ea
MicroAmp 8-Tube Strip, 0.2 mL	N8010580	2 ea
AmpliAq Gold DNA Polymerase	4311806	1 ea
Sequence Detection Primer	4304970	1 ea



세포배양  
표면기술의  
선두주자



## 과학기기 바이오 전문기업, 영인프린티어가 제안하는 세포연구 솔루션

영인프린티어는 2014년부터 Corning사의 서울/경기/인천 지역 공식 대리점으로서 세포배양에 필요한 Plastic ware를 포함한 다양한 실험실 소모품을 공급하게 되었다.

영인프린티어에서 제공하는 주요제품은 Corning® Cell Culture Products, BioProcess, Liquid Handling Products, Corning Equipment이다.

Corning사의 모든 플라스틱 제품은 USP Class VI 등급으로 제조하고 ISO9001: 2008 인증을 획득하였다. 모든 Cell Culture Products는 Nonpyrogenic Certification 인증을 받아 Endotoxin Level을 0.1 EU/mL 이하로 유지하여 동일한 환경에서 세포 배양으로 안정된 실험 결과값을 유지하게 한다.

또한 Lot Number Traceability 체계를 통하여 Flask와 Roller Bottle에 각각의 Lot Number가 주어져 모니터링과 추적이 용이하여 관리를 체계적으로 할 수 있다. Corning사가 Life Science 분야에서 일등 신뢰를 받고 있는 이유는 이러한 철저한 관리 체계 시스템 때문이다.

### 대표 제품군

Corning사의 세포 배양과 바이오 프로세스 플라스틱 제품의 표면은 CellBIND, Ultra-Low Attachment, Tissue culture Treated 등의 표면처리 방법을 통하여 세포 배양 환경에 따른 다양한 제품 선택이 가능하다.

### Cell Culture Products 세포배양제품 (Flask/ Dish/ Multiple Well Plate)

#### Flasks

- Cap 종류 선택 가능 : Plug Seal/Vent/Phenolic Style
- Neck 종류 선택 가능 : Straight/Canted/Angled
- Shape 선택 가능 : Triangular/Rectangular/Straight/Lobo

**Dishes :** Vent를 통한 가스교환

**Multiple Well Plate :** 오염방지를 위한 Nonreversible Lid



**BioProcess**  
**(Roller Bottles®/CellSTACK® Culture Chambers)**



**Roller Bottles** : One Piece로 이음새 없이 제작

**CellSTACK Culture Chambers**

EPO, Interferon 등의 유용 단백질 생산과 백신 생산, Banking을 위한 Cell의 대량 배양에 유용

영인프런티어와 Corning사가 함께하면 세포 종합 연구가 한 번에 가능하다. 영인프런티어는 세포 연구를 위한 피펫에이드, 세포용 원심분리기, 세포 관찰용 현미경, 마이크로플레이트 리더기 등의 다양한 제품군을 구비하여 Corning사의 실험실 소모품과 함께 종합 바이오 솔루션이 가능하다.

**Liquid Handling Products(Pipets/Bottles/Centrifuge Tubes)**



**Stripepte Serological Pipets**

Anti-Drip Tip : 표면 장력을 증가시켜 Dripping 감소

**Centrifuge Tubes**

Cap 종류 선택 가능 : Plug Seal cap/CentriStar cap



피펫에이드



Serological Pipet



원심분리기



Centrifuge Tube



마이크로플레이트 측정기



Microplate



생물 현미경



Dish

# 영린기기 비타민 전용분석 시스템



## 비타민이란?

1900년대 초까지만 해도 동물의 성장과 생명유지에 필요한 성분은 다섯가지(탄수화물·단백질·지방·무기질·물)라고 생각되어왔다.

그러나 이 모든 영양물질을 고루 포함시켜 순수하게 조제된 사료로 사육시킨 동물이 정상적으로 성장하거나 생존하지 못함을 알게 되면서, 여러 나라에서 동물의 생명유지에 필수적인 신비한 물질에 대한 연구가 활발해졌다. 그 결과 1912년 폴란드의 화학자 C.퐁크는 쌀겨로부터 항각기(抗脚氣)의 효과가 있는 성분을 분리해 내는 데 성공하였다.

그리고 이 물질 내에는 아민(amine:질소를 함유하는 유기물질)이 함유되어 있다는 것이 밝혀짐에 따라 이 유기물을 vitamin이라고 명명하였다. 이는 라틴어의 생명을 의미하는 vita와 amine의 합성어로 생명유지에 필수적인 물질이란 뜻의 이름이다.

그러나 그 후, 다른 화학자들에 의하여 모든 비타민에 아민이 함유되어 있지는 않음이 밝혀지면서 vitamin의 마지막 e자를 제거할 것을 제안하였고 지금까지 통용되어 오고 있다.

## 비타민 분석이 어려운 이유

체내에서 합성되지 않는 비타민은 식품으로 섭취를 해야 한다. 이 때문에 시중에서 판매되는 식품이나 의약품 중 비타민을 함유한 제품들을 쉽게 찾아볼 수 있고, 비타민의 정량과 정성분석은 이 업계에서 중요한 부분을 차지하고 있다.

비타민은 불안정한 화합물로 산화되기 쉽고, 전처리 과정 중 파괴되기도 한다. 예전에는 분광광도법/미생물학적 방법을 이용하여 분석하였으나, 최근에는 재현성있는 데이터를 얻기 위하여 HPLC를 이용하여 분석하는 방법이 많이 사용하고 있다.

### 1) 다양한 비타민 종류

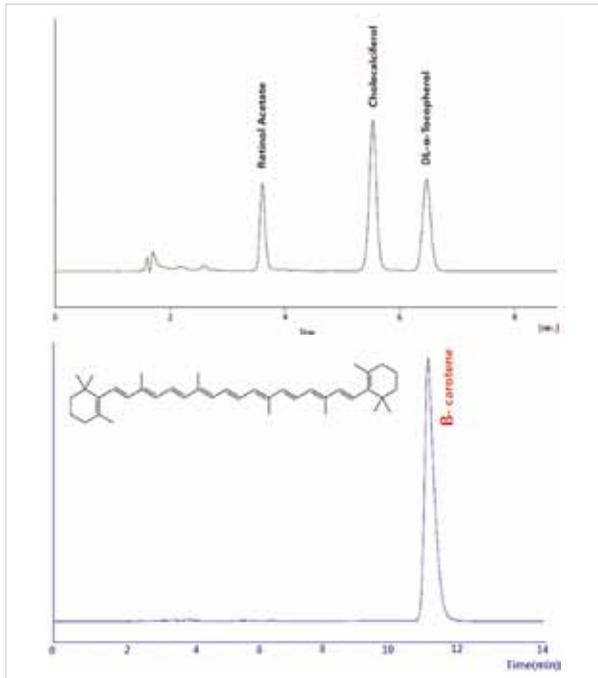
크게 수용성/지용성으로 나누어지나, 각각 여러 종류로 세분화되어 있다. 종류별로 이동상 조건도 차이가 있으며, 전처리 각 단계마다 많은 노하우가 필요하다.

### 2) 복잡한 시료 전처리

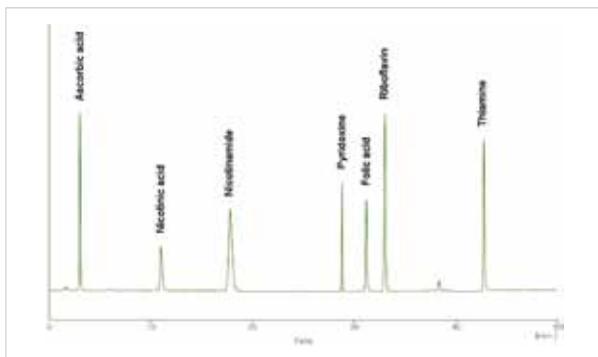
기본적으로 식품공전, 대한약전, 기타 고시 등을 참고하지만, 시료의 상태에 따라 변형이 필요하다.

### 3) 여러 비타민 동시분석의 어려움

몇 가지는 함께 측정할 수 있으나, 대부분 전처리 때문에 각각 실험해야 한다. 수용성 비타민의 경우 이동상의 pH/혼합 용매 등에 따라 peak 모양과 용출 순서가 달라진다.



(그림 1) 역상(Reverse Phase)으로 분석한 지용성 비타민



(그림 2) 수용성 비타민-동시분석

### 영린기기 비타민 전용분석 시스템이 제공하는 특장점

- 1) 소프트웨어 언어 한글/영문 선택 가능하다.
- 2) 소프트웨어에 주요 비타민 분석방법과 크로마토그램이 첨부되어 있어 초보자도 쉽게 분석을 진행할 수 있다.

### 가. 다양한 비타민 분석방법 수록

Method1_비타민 E.ABM	해 소 영 린 기 기
Method2_비타민 K.ABM	해 소 영 린 기 기
Method3_수용성비타민_MeOH.ABM	해 소 영 린 기 기
Method4_수용성비타민_ACN.ABM	해 소 영 린 기 기
Method5_지용성비타민ADEK.ABM	해 소 영 린 기 기
Method6_판토텐산.ABM	해 소 영 린 기 기
Method7_비타민 B12.ABM	해 소 영 린 기 기
Method8_지용성비타민 분석_AD2D3E.ABM	해 소 영 린 기 기

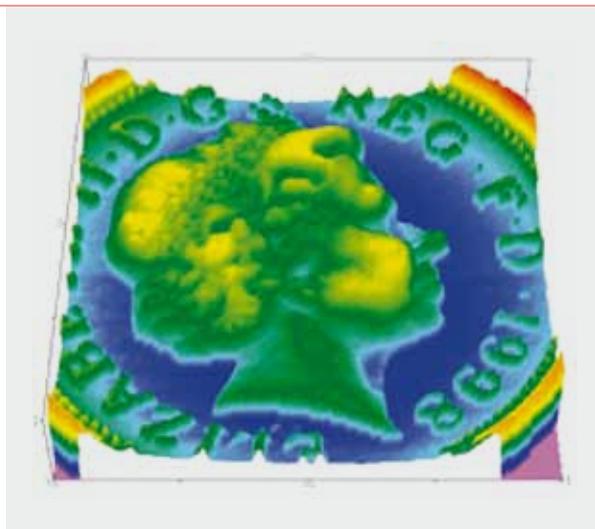
### 나. 다양한 비타민 분석 크로마토그램 수록

Data10_Nicotinamide분석.pdf
Data11_비타민A분석.pdf
Data12_수용성비타민분석.pdf
Data13_타블렛중 비타민B12분석-스위치.pdf
Data14_캡슐중 비타민D3분석-스위치.pdf
Data1_비타민 E분석.pdf
Data2_비타민 K1분석.pdf
Data3_수용성비타민분석_MeOH.pdf
Data4_수용성비타민분석_ACN.pdf
Data5_지용성비타민 분석_ADEK.pdf
Data6_판토텐산 분석.pdf
Data7_비타민B12분석-300ppb.pdf
Data8_지용성비타민 분석_AD2D3E.pdf
Data9_비오틴 분석.pdf

- 3) 편리한 유지보수  
(품질 무상 보증기간 2년/고객 요청 후 24시간 이내 서비스)
- 4) 기기 구매 전 시료 분석 및 필요 시 기기 데모가 가능하다.
- 5) 확립된 분석 방법에 따른 정확한 응용지원을 제공한다.



# 일함수(Work function) 측정 Kelvin Probe System



## 소개

일함수(Work function)란 물질의 바닥 상태에서 한 개의 전자를 떼어내는데 필요한 최소의 에너지를 일컫는다. 모든 원소는 금속/비금속을 가리지 않고 에너지(빛 또는 열)를 받으면 원자 외곽의 자유 전자가 떨어져 나오는 열전자(광전자) 방출 현상이 생긴다.

이때 전자가 떨어져 나오기 위한 에너지가 일함수(Work function)이다. AMETEK Princeton Applied Research사의 VersaSCAN 제품은 Probe와 샘플 표면의 에너지 level의 차이를 측정하는 방식으로 일함수(Work function)를 측정한다.



〈그림 1〉 일함수 측정 장비(VersaSCAN)

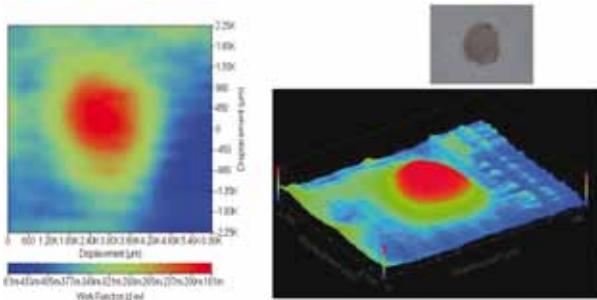
VersaSCAN은 비접촉 방식으로 샘플과 측정하는 probe 사이의 거리를 100  $\mu\text{m}$  이하로 가깝게 위치하여 시료 표면을 국소 분석(Local measurement)한다.



VersaSCAN의 위치 시스템은 압전 모터(Piezoelectric motor)를 기반으로 50 nm의 뛰어난 감도와 100×100 mm의 넓은 샘플 측정이 가능하다.

## 일함수 측정장비(VersaSCAN)의 특징점

- AMTEK사의 Signal Recovery 7230 Lock-in Amplifier와 연결하여 미세 신호 측정과 노이즈 제거가 가능하다.
- 100×100 mm의 넓은 샘플 측정 범위를 제공하고, 50 nm의 높은 감도를 제공한다.
- 실험 결과값은 2D 그래프와 3D 이미지로 제공된다.
- 실험 조건 설정이 간편하고 연속적인 실험 세팅이 가능하다.



(그림 2) 실험 결과값(2D 그래프와 3D 이미지)

### 일함수(Work function) 응용

- 복합 소재 개발 연구
- 태양전지, OLED 소재 개발
- 부식(corrosion) 연구

### 일함수 측정 이외 사용 가능한 VersaSCAN 테크닉 종류

#### SECM(Scanning Electrochemical Microscopy)

SECM은 샘플 표면에서 산화, 환원 반응을 측정하여 표면의 결함 등을 분석하는 테크닉으로 샘플 표면의 한 점에서 다양한 전기화학 테크닉(CV, Tafel 등)의 측정이 가능하다. 측정은 용액 내에서 이루어져야 하며, 측정 size는 probe 사이즈에 따라 달라진다.

- ※ 응용분야 : 생물학적 센서, 연료전지 촉매, 부식 메커니즘, Liquid-Liquid Interfaces, Porous Membrane study

#### SVET(Scanning Vibrating Electrode Technique)

SVET는 용액 중에서 샘플 표면의 전위를 측정해서 표면의 결함 등을 분석하는 장비이다. 용액과 샘플 표면 반응의 크기를 측정해서 표면(코팅 층)의 결함을 분석하는데 주로 사용된다.

- ※ 응용분야 : 마이크로 갈바닉 부식측정, 코팅층 결함검사, 부동태 특성 평가, 금속재료의 공식 부식 연구, 복합재료의 갈바닉 전위 측정

#### LEIS(Localized Electrochemical Impedance Spectroscopy)

전기화학 테크닉 중 EIS(임피던스 측정방법)를 이용하여 샘플 표면의 임피던스 분포를 분석하여 표면의 결함 등을 측정하는 장비이다. 임피던스는 표면의 결함을 측정하는 좋은 테크닉으로 널리 사용되는 방식이다.

- ※ 응용분야 : 무기/유기물 코팅연구, 국부부식 연구, 코팅층 결함 검사, 부식 억제제 연구 등

#### SDC(Scanning Droplet Cell)

SDC 측정 원리는 SECM 측정원리와 동일하며, 차이점은 용액 중에서 샘플을 측정하는 SECM과는 달리 펌프를 이용하여 용액을 흘려줌으로써, 샘플이 용액의 유속에 따라 변화하는 실험이나 계속해서 새로운 용액으로 바뀌어서 실험해야 할 경우에 측정하는 테크닉이다.

- ※ 응용분야 : 표면 산화물 분석, 코팅 연구, 공식 부식 연구, 유속에 따른 국부부식 연구



# 수질 중 맛, 냄새물질 분석



여름철 수온의 상승과 강수량 감소에 따른 하천 및 호소수의 조류 발생으로 수돗물 냄새 민원이 증가하고 있다. 남조류의 일종인 아나베나(Anabaena)의 대사과정에서 분비되는 Geosmin이 먹는 물에서 흙 냄새를 유발하는 원인물질로 농도가 증가하고 있다. 또한 곰팡이냄새를 유발하는 2-MIB도 증가하고 있는 추세이다.

현재 정수장에서는 맛, 냄새 유발물질인 Geosmin과 2-MIB를 제거하기 위해 염소와 활성탄을 투입하고 있으나 앞으로는 전국 정수장에 단계적으로 고도정수처리시설을 설치할 계획이다. 이에 전국 환경관련 대학연구소, 건설사와 엔지니어링업체에서 정부과제로 고도정수처리시설 연구를 하고 있으며 팔당을 취수원으로 사용하는 수도권과 낙동강을 취수원으로 사용하는 경상도 지역의 정수장에서는 고도정수처리 공사가 진행 중이다.



Geosmin과 2-MIB는 20 ppt 이하로 기준을 정하고 있기 때문에 고도정수처리 공사를 진행하고 있는 건설사들과 엔지니어링업체에서는 환경관련 대학교에 분석을 의뢰하고 있다. 결과값에 대한 신뢰도 문제 등의 이유로 인하여 최근 공인인증기관에 의뢰를 맡기고 있다.

랩프런티어는 먹는물분석 공인인증기관으로서 2009년부터 수도권 지역 정수장 수질감시항목을 분석하고 있으며 최근 고도

처리공사를 진행하는 건설사들로부터 Geosmin과 2-MIB 분석을 의뢰받고 있다. 정부과제로 고도처리시설 Pilot-Plant를 진행하고 있는 대학교 수질 연구실이나 건설사 연구소에서 분석이 어려운 Geosmin과 2-MIB 분석을 랩프런티어와 공동으로 진행할 수 있다.

〈표 1〉 현재 공사 중 및 도입 예정인 정수장(14개소)

취수장	정수장	주체	시설용량 (m <sup>3</sup> /일)	정수 방법	진행 단계	준공 예정일
팔당 상류	시흥	수공	101,000	AOP+F/A	설계중	'14.09
	수지	수공	916,000	전오존+F/A	설계중	'15.06
	광암	서울시	400,000	후오존+GAC	공사중	'12.12
팔당 하류	암사	서울시	1,600,000	후오존+GAC	공사중	'14.12
	구의	서울시	250,000	후오존+GAC	공사중	'13.12
	뚝도	서울시	750,000	후오존+GAC	공사중	'15.12
	고촌	김포시	137,000	전오존+F/A	공사중	'12.02
	부평	인천시	580,000 (175,000)	AOP+GAC	- (설계중)	'22 ('14.12)
	강북	서울시	1,000,000	후오존+GAC	공사중	'13.12
	용인	용인시	100,000	후오존+GAC	설계예정	
	안산	안산시	83,000	AOP+GAC	설계중	'16.12
	덕소	수공	450,000	전오존+F/A	설계중	'13.12
	일산	수공	250,000	전오존+F/A	설계중	'15.12
	와부	수공	215,000	전오존+F/A	설계중	'13.12

※ GAC : Granular Activated Carbon, BAC : Biological Activated Carbon  
 ※ AOP : Advanced Oxidation Process, F/A : Filter-Adsorbed

수질 분석 관련 문의는 랩프런티어 영업2팀(031-460-9069)으로 연락해 주시기 바랍니다.

# 실험실의 기본, 효율적인 실험실 가구 배치



실험실 구축의 기초인 실험실 가구는 연구목적, 연구장비 종류, 연구원수, 예산 등 다양한 연구소 여건에 맞춰 알맞은 실험대를 선택하고 동선에 맞춘 설치가 진행되어야 하는 가장 기본적인 면서 중요한 부분이다.

## 실험대 선정 기준

- 규격에 맞는 안전성이 확보된 실험대 및 유틸리티
- 실험목적 및 각 실험장비에 맞는 실험실 디자인
- 프로젝트 변경 또는 확장 등에 유연한 유틸리티

## 다양한 실험대 유형

유형	장점
Stainless steel	- 내약품성, 내충격성 우수 - 불을 사용하는 실험실에 적합 (식품영양학과, 조리실습실, 페인트 관련 실습실 등)
Phenolic laminate	- 다양한 두께, 사이즈, 색상 가능 - 단위가격에 비해 내화학성, 내습성, 내열성, 내구성 우수
Ceramic	- 1200℃에서 구워내 열에 강함 - 내화학성, 내열성, 내오염성, 내습성 우수

## 실험대 선정 및 가구 설치 과정



와이에스엔에서는 세계 안전규정에 부합하는 실험대를 선별하여 취급하며, 안전규정을 바탕으로 실험가구 설치 및 설계를 진행하고 있다.

실험실 가구 및 실험실 컨설팅에 관련한 문의는 와이에스엔 LCB팀 (031-460-9391)으로 문의바랍니다.

Seminar  
세미나

## 최신 분석기술 세미나 실시



매년 전국을 순회하며 진행하고 있는 영인 최신 분석기술 세미나가 2014년 10월 22일 대전, 29일 울산, 11월 4일 서울, 5일 부산에서 각각 개최되었습니다. 올해 영인 최신 분석기술 세미나는 예년과 다른 새로운 내용으로 진행되었습니다.

기존에는 신제품 소개 또는 세미나 전후로 이슈화되는 응용 소개를 중심으로 세미나 내용이 구성되었다면, 올해는 정성분석과 정량분석 전반을 아우르는 토털 솔루션의 개념으로 세미나가 진행되었습니다.

이는 2004년부터 최신 분석기술 세미나를 진행해 오면서 느낀 점과 고객들이 피드백해 준 설문 내용을 모두 고려하여 기획된 내용이었습니다. 그리고 영인과학에서는 내년에도 역시 더 많은 고객에게 더 가까이 다가가기 위해 더욱 깊은 고민을 시작하였습니다. 올해 세미나에 참석해 주신 많은 고객들께 감사드리며, 내년에도 많은 관심과 참여를 부탁드립니다.

## Agilent 1290 Infinity II LC 신제품 런칭세미나 개최



지난 11월 26일과 27일, 대전과 서울에서 80여명의 귀한 고객을 모시고 Agilent 1290 Infinity II LC 신제품 런칭 세미나를 진행하였습니다. Agilent LC가 생산되고 있는 독일 Waldbronn에서 온 내사자 2명이 강사로 초빙되었습니다.

이들은 40년 이상의 Agilent 액체크로마토그래프 기술혁신의 노력이 진정한 Universal LC인 1290 Infinity II LC를 통해 어떻게 결정되었고, 이를 통해 현재와 미래의 LC 실험실에 어떠한 도움을 줄 수 있는지를 3가지의 효율 스토리를 통해 소개하였습니다.

1290 Infinity II LC 실측모형, 터치스크린에 의한 Virtual LC 툴 및 함께 출시된 관련 소모품(A-Line Supplies)의 실물 전시품 등을 함께 볼 수 있어서 참석 고객의 호응과 적극적인 상담이 이루어진 세미나가 되었습니다.

## 식품 중 방사능 측정 세미나 실시



지난 10월 28일~29일 2일간 영인과학에서는 HPGe based Gamma Ray Spectroscopy System을 사용한 식품 중 방사능 측정을 주제로 식품 중 방사능 측정 세미나를 실시하였습니다.

이번 세미나에서는 각 시도 보건환경연구원, 식품 관련 기업, 원자력연구원 등에서 참석하였으며 방사선 기본 이론, 알파/베타/감마선의 측정 장비, 분석소프트웨어 기능 및 사용법, 분석 방법, 유지보수 등에 대한 내용으로 진행되었습니다.

식품 중 방사능 측정 세미나는 연 1회 진행되고 있으며, 교육자료는 영인과학 홈페이지([www.youngin.com](http://www.youngin.com))의 ORTEC User Forum에서 받아보실 수 있습니다.

Exhibition  
전시

## 대한병리학회 2014년 가을학술대회 전시

2014년 대한병리학회 제66차 가을학술대회가 10월 16일(목)~17일(금) The-K 서울호텔에서 개최되었습니다. 대한병리학회 회원 및 관계자들의 참여로 성황리에 학술대회가 진행되었으며, 총 26개 전시 참가업체에서 다양한 신기술 및 제품을 소개하였습니다. 대한병리학회 학술대회는 병리과에서 주관하는 학술대회 중 가장 큰 행사이며, 1,000명이 넘는 병리의사 회원들의 활발한 발표와 최신 학술 및 연구 정보의 교류가 이루어지는 풍성한 학술의 장이 되고 있습니다.



영인과학에서는 Novacyt사의 자동화 액상세포검사 시스템인 NPS25 Processor와 Vial을 전시 및 소개하는 시간을 가졌습니다. 도말 시스템, 판독 원리, 안전한 검체 취급 요령 등 기존 경쟁사 제품들과 차별화된 부분들에 대한 관심이 높았습니다. 높은 수준의 알찬 학술 내용과 다양한 전시 참가업체의 전시물 등을 통해 유익한 시간을 함께할 수 있었습니다.

Workshop  
워크숍

## 마이크로웨이브 시료전처리 시스템 및 수은분석기 유지보수 workshop

영인과학에서는 GC, LC, 총유기탄소(TOC) 분석기 등 다양한 제품의 유지보수 워크숍을 주기적으로 진행하고 있습니다. 지난 12월 11일~12일, CEM사 MARS 6 마이크로웨이브 시료전처



리 장비와 Teledyne Leeman Labs사 Hydra II C 수은분석기를 사용하시는 고객님을 모시고 무기분석 관련 워크숍이 진행되었습니다.

이번 워크숍은 마이크로웨이브 시료전처리 장비와 수은분석기의 이론과 시스템 구성, 다양한 분석법 제시, 실습, 유지보수 등 4개의 주제로 강의를 진행되었습니다. 고객들의 전처리 경험에 따라 사용법 숙지 정도는 달랐으나 대체적으로 교육에 대해 만족하였으며, 특히 사내 데모 장비를 활용한 실습에 대한 만족도가 가장 높았습니다.

CSR  
영인  
사랑나눔

## 13회 영인사랑나눔, 충북 괴산 송면중학교에서 열려



지난 11월 21일, 13회 영인사랑나눔 행사가 충북 괴산 송면중학교에서 진행되었습니다. 영인과학, 영화과학, 영인프린터, 에이티프린터, 랩프린터, 와이엔씨사이언스 등 계열사에서 모인 13기 사랑나눔단 16명과 30명의 미래과학자 새싹들이 함께 한 금번 행사는 Hot plate, 크로마토그래피 실험기자재 기증과 함께 현미경과 열화상 카메라 등 첨단과학을 체험해 볼 수 있는 다채로운 과학교실로 꾸며졌습니다.

# ● 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 66호 내용 중 필요하신 자료가 있으시면 체크해 주십시오.

우편이나 e-mail로 신속하게 자료를 보내드리겠습니다.

- 자료번호 66-01 까다로운 식품 매트릭스의 다성분 잔류농약 동시 스크리닝 및 정량 분석법
- 자료번호 66-02 광산화 분해 반응과 열분해를 이용한 고분자 분석
- 자료번호 66-03 제약용수의 TOC 분석 - KP, JP vs. USP, EP 규정
- 자료번호 66-04 폐암의 주 원인 라돈, 실내 라돈 환경 측정과 대처
- 자료번호 66-05 세포검사 방법의 기원과 변천
- 자료번호 66-06 기체 크로마토그래프/텐덤질량분석기, Agilent사 7010 Triple Quadrupole GC/MS
- 자료번호 66-07 고성능, 다기능 X-선 회절 분석기, STOE사 STADI MP XRD
- 자료번호 66-08 소형의 검출기+냉각장치 일체형의 냉각 시스템, AMETEK ORTEC사 ICS(Integrated Cryocooling System)
- 자료번호 66-09 여성전문병원 및 중소형 병원에서의 암진단, Novacyt사 Novaprep® NPS25 자동화 기기
- 자료번호 66-10 식품공전에 등재된 PCR을 이용한 대장균 시험법
- 자료번호 66-11 세포배양 표면기술의 선두주자, CORNING
- 자료번호 66-12 영린기기 비타민 전용 분석 시스템
- 자료번호 66-13 일함수(Work function) 측정, Kelvin Probe System
- 자료번호 66-14 수질 중 맛, 냄새물질 분석
- 자료번호 66-15 실험실의 기본, 효율적인 실험실 가구 배치

※ 독자카드를 보내주시는 분들 중 의견이 채택된 분께는 소정의 기념품을 보내드립니다.

## 2015년 한해도 큰 희망과 함께 시작하세요.

새로운 한해를 시작한다는 것은  
다양한 색채의 삶을 맞이한다는 것입니다.

365일간의 마라톤이 시작된 것이지요.  
잠시 쉬면서 개운함을 느끼기도 하고,  
다시 뛰어야 한다는 부담감으로 답답하기도 합니다.

내림막의 여유로움도 느끼고  
또 다시 만나게 되는 오름막의 힘겨움도  
피할 수는 없습니다.

하지만 중간 중간 만나게 되는 시원한 바람과  
탁 트인 경치, 그리고  
무언가를 열심히 하고 있는 자신에 대한 뿌듯함으로  
계속 나아갈 수 있겠지요.

2015년 한해도 알록달록 그림을 그리듯  
매일을 행복하고 즐겁게 보내도록  
노력하시면 좋겠습니다.

편집자



**영인과학**

135-891 서울시 강남구 압구정로 28길 22 구정빌딩 6층 | 전화 : 1544-1344 | 팩스 : 02-519-7400 | [www.youngin.com](http://www.youngin.com) | [youngin@youngin.com](mailto:youngin@youngin.com)