

# 영인 Lab.Highlight

75호

2017년 3월 발행

# 새롭게 선보이는 New Product 4



## 세계 최초 GC용 VUV(Vacuum Ultraviolet) 검출기

- 선택성(selective)이 우수한 범용적(universal) 검출기
- GC 검출기 30년 역사상 가장 파괴적인 검출기
- 비파괴 분석법으로 빠른 분석, 우수한 감도 제공
- 분리 분석이 어려운 화합물의 정성, 정량, 분류
- 파장 범위 : 120~430 nm



aquapuri 5 series  
Water Purification System

## 국내 유일 물탱크없는 직수형 super 초순수 제조장치

- 시간당 최대 60 L까지 고속 생산 가능 (1 L/min)
- 필요한 생산수의 선택과 조합을 통한 고객맞춤 통합형 초순수 시스템 제공
- 인체공학적 디자인 (Magnetic door, USB port, One button handy)
- 업계 최초 장비 상단에 5" TFT LCD Touch Screen 장착



## X-ray tube를 이용한 성분 분석기

- 가장 빠르고 가벼운 XRF(1.5 kg)
- 가장 강력한 Tube power(10 W)
- 최고의 Detection resolution 제공(135 eV)



## 고분해능(High Resolution) ICP-MS

- 10,000 이상의 고분해능
- Deflector ion optic에 의한 고감도
- 손쉬운 운영의 LinkScan Software

## C o n t e n t s

4

### 초청 칼럼

60년간의 연구소 생활

10

### 스페셜 칼럼

SBSE-TDU-GC/MS를 이용한  
수질 중 오염물질의  
신속하고 간편한 고감도 분석법 개발

15

### 특별 기획

Agilent MassHunter Software 전격 해부(3)  
Quantitative Analysis

18

### 최신 분석 동향

식품 중 잔류동물용약품 시험법의  
동시 분석 대상 확대

20

### 고분자

식품 포장재 내  
고분자 첨가제 등 유해성분 분석

22

### 화학

크로마토그램의  
지문인식 소프트웨어

24

### 식품

식품 및 사료 중 잔류농약 분석에  
JetClean을 적용하면?

28

### 임상

HbA1c(Hemoglobin A1c) 분석적, 임상적 양상

30

### 식품

식중독 균과 바실러스 균주동정을 위한  
지방산 조성 분석

37

### 스스로 하는 기기 진단

Agilent HPLC Flowcell 교체하기

38

### 세계 첨단 기업

GC에서 선택할 수 있는 가장 강력한 새로운 도구  
VUV 검출기, VUV Analytics사

40

### Product Story

42

### 영인계열사 소식

56

### 영인뉴스

58

### 독자카드

59

### 생활의 싹표

영인 Lab.Highlight 75호에 게재된 글과 사진의 무단 복제를 금합니다.



페이스북



트위터



유튜브



옐로아이디

# 60년간의 연구소 생활



글 | 이광우 이학박사  
(주)리가스 회장  
유엔아이 대표  
한국분석과학회 고문  
전 한국과학기술연구소(KIST) 차장  
전 한국표준과학연구원(KRISS) 연구위원

## 화학과를 선택하기까지

중학교에서 생물학이 재미있어 보여 특별활동으로 생물 동호회에 가입하고, 현미경으로 파리 다리 모양을 보고 노트에 그려보기도 하고 토끼를 사육하기도 하였으나 겨울방학 중에 사료를 주지 않아 개학 후 토끼들이 뼈만 앙상하게 남은 것을 보고 생물은 나의 길이 아니구나 싶었다.

고등학교에서 화학교사가 시원하게 강의해 주고 기본 화학 방정식만 외우고 나니 아주 쉽게 여겨져 서울대 사대 화학과를 진학하게 되었다. 대학교에서는 전공과목인 화학관련 과목을 이수하였으나 졸업 시기에 교사 발령이 쉽지 않았다. 그래서 서울대 대학원에 입학하여 1961년 3월경에 분석화학을 전공하고자 미국에서 고체 물리학을 전공한 최규원 박사 밑으로 들어갔다.

### \* 최규원 선생님

일본 동북대에서 고체물리학을 전공하고, 서울대 화학과에 계시다가 미국 OO대학교에서 NMR 박사학위를 따고 1961년 3월경 서울대 화학과에 복직하였다. 최고수님은 고체물리, 물리화학, 분석화학 등 모든 분야에 통달한 분으로 기억된다. 최고수님의 1차 제자는 오준석, 양재현 박사님이었고, 2차로 최명준과 내가, 그다음으로 손현수, 김창홍, 이후성, 김하석, 정진 등이 그 뒤를 이었다.

최교수님은 금속연료 종합 연구소(RIMM)이 KIST에 흡수된 후에도 여러 관직을 제외받았으나 이를 거절하고 KIST 반도체 연구실에서 제자들과 같이 연

구를 계속 하는 진짜 학문하는 분이셨다. 대학원 시절 최고수님과과의 추억으로 는 연구실에서 교수님과 함께 진달래 담배 공초를 피운 적이 있었다. 교수님께서는 담배는 기호품이기 때문에 함께 피우는 것을 좋아하셨다.

두 번째 기억은 교수님이 제자의 논문을 학회에서 대신 발표하는 중에 연구 결과의 해석에 있어 교수님과 나의 의견이 서로 다름을 공개 석상에서 발표하는 진짜 학문하는 사람으로 기억된다. 돌아가시기 2년 전 대전에 오셔서 저녁 식사 후 제자들과 같이 노래방에 갔는데 엄격하기로 유명한 최고수님이 마이크를 끝까지 놓지 않고 열창하시던 모습이 생생하다.

## 금속연료 종합 연구소(RIMM: Research Institute of Metal & Metallurgy) 시절

5.16 직후 대한중석(주)의 사장으로 임명된 장지량(공군) 장군, 상공부 광무국장 최형섭 박사, 서울대 최규원 교수님이 주축이 되어 그 해 7월 1일 금속연료 종합 연구소를 설립하고 서울 명동 대한중석(주) 옥상 가건물 100여평에 입주했다. 연구원으로는 해외에서 갓 학위를 딴 오준석, 강웅기, 오재현 박사 등이 주축이 되고, RIMM의 공동 투자 회사인 대한중석, 대한철강, 한국(장항)제련 등에서 파견된 박면용 등과 대학원생인 우리는 “조수(Assistant)”로서 낮에는 강의를 듣고 주로 밤에 연구소에 나와 연구를 했다.

통의동으로 옮긴 후(약 500평, 각 층 100평) 1층에는 19구명 탄 등 석탄의 효율적 이용에 관한 연구를 수행하고, 2층에는 금속 제련, 3층에는 광물 선광, 4층에는 화학 분석실, 5층 옥상 가건물에 행정 분야가 입주하였다.

화학 분석실은 광물 선광, 금속 제련 연구의 시료 분석 지원과 투자회사의 시료 분석 지원을 담당하였다. 본인은 화학분석법 개발과 10여명의 화학분석요원을 감독하고 연구 결과 정리 등 총괄 업무를 수행하였다. 1965년 KIST가 설립된 직후 분석요원으로 파견된 김택제, 이원, 전희봉과 분석기능원 5~6명 외 이화여대 화학과 등에서 온 연구생 4명이 화학분석 훈련을 실시하였다. 1967년에는 KIST 분석실에 도입될 분석기기를 선정해 준 후 Colombo 계획에 따라 호주 QLD 대학으로 유학 길에 올랐다.



금속연료 종합 연구소 시절 모습

화학 분석실에는 그 당시 최신의 분석기기였던 XRD, polarograph(Hg drop, cyclic voltammetry), 비색분석기로 Beckman DU, 연구용으로 Cary 14, Recording UV-Visible spectrometer, CHN Analyzer(원소 분석) 등이 있었다.

대학원 석사과정 연구실험은 대한중석의 RIMM에서 오준석, 최규현 박사 지도 하에 Molybdenum (V)의 SCN 착물을 합성하고 원소분석, IR, UV-Visible spectrum으로부터 그 구조를 규명하였다.

KIST 분석요원의 서투른 hole pipet 사용방법 때문에 죄 없는 지도교수까지 들먹이며 눈물을 흘릴 정도로 야단을 쳐서 지금도 그 분에게 미안하게 생각을 하고 있다.

RIMM에서의 추억을 떠올려 보면 최형섭, 최규원 박사님은 낮에는 공적인 직장에서 근무하고 퇴근하면서 꼭 연구실을 들러 주요 결과의 검토 지시를 하였다. 두 최 박사님은 목소리도 크고 위 아래층에 들릴만큼 호탕하게 웃으셨다. 또한 밤에 일하는 연구원들의 사기진작을 위하여 격려도 아끼지 않으셨다.

### 호주 QLD 대학에서의 박사과정

1967년 12월 8일에 해외 수학 명령을 받고 6년간 사귀던 현재 아내와 1주일 만에 결혼식을 올리고 즉시 출국하기로 하였으나 여권 수속, 건강진단 평가 등으로 다음 해 1월 중순에 호주로 떠났다. Sydney에서 3개월간 어학연수를 받고 Brisbane

에 있는 University of Queensland에 도착하여 Colombo 직원과 같이 Emmanuel college에 입주하게 되었다. 그 당시 박사학위를 공부하러 왔는데 college에 입주시켜 의아하게 생각하였는데 호주, 영국 등에서는 학생기숙사를 college라고 부른다는 것을 알았다.

다음날 화학과의 무기화학분야를 총괄하는 Plowman 교수를 면접한 후 lecturer인 B. Chiswell 연구실에 배정되었다. 같은 실험실에 Ken Verrall이 2년 전부터 박사과정을 하고 있었는데 주제는 'DMAA(2-dimethylarsino-aniline)의 전이 금속의 착물 합성 및 구조 규명'이었다. 나는 위 리간드(ligand)에 2-X-Benzaldehyde와 반응시켜 Tridentate Schiff base ligand 합성과 금속 착물 합성, 구조를 확인하는 과제를 부여 받았다. 그 당시 호주의 박사과정은 미국과 같이 강의, 숙제, 시험 등이 없이 순수한 연구실험 결과를 평가하여 학위를 수여하기 때문에 나와 같이 영어가 짧은 사람에게는 강의 수강 없이 연구만 할 수 있어 정말 다행이었다.

첫 연구는 DMAA 합성과 Salicylaldehyde의 Schiff base ligand를 합성하고 Co(II) or Co(III)의 착물 합성과 구조 예측 등을 단시간 내에 끝내 그 결과를 J. Aust. Chem. Soc.에 투고하고 나서야 정규 박사과정 학생으로 인정이 되었다.

이제 본격적으로 6종의 Tridentate ligand를 합성하고 Ni(II), Co(II), Cu(II), Mn(II)등의 신규 배위 화합물 합성을 하였다.

#### 분자식은

M Ln Am,  
M은 Ni(II), Co(II), Mn(II), Fe(II),  
Ln은 As-N-X 3개의 donor atom ligand

#### 여기에서,

X=O, -OCH<sub>3</sub>, -S, -SCH<sub>3</sub>, N(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, NHCH<sub>3</sub> 등  
A=Cl, Br, NO<sub>3</sub>, ClO<sub>4</sub>, SO<sub>4</sub> 등  
n=1,2 m=0,1,2,...

처음 합성한 몇 가지 화합물의 CHN 분석결과로부터 분자식을 각각 예측하고자 하였으나 잘 되지 않아 CHN 분석전담기

사와 상의하였더니 조용히 자기 방에 불러 내 합성 시료를 현미경으로 보게 해 주었다. 관찰해 보니 얻어진 화합물 외 거름 종이 섬유와 먼지 등이 관찰되어 순수한 화합물이 아닌 혼합물이어서 CHN 비율을 정할 수 없음을 알게 되었다. CHN 분석 담당자에게 크게 민망하여 먼지 등 이물질이 들어갈 수 없는 착 화합물 합성장치를 고안하였다.

착 화합물 합성장치는 25 mm 구경의 30 cm 유리관 중앙에 Fritted glass를 고정하고 양 끝은 수놈의 24/40 joint를 붙였다. Fritted glass의 양쪽에는 10 mm 유리관을 연결하고 그 중앙에 3 way valve에 붙여 진공펌프에 연결할 수 있게 하였다. 전위금속 착 화합물 합성은 Heating mantle의 반응 flask(250 mL, 24/40)에 filter 몸체를 고정하고 모든 금속 염 용액과 ligand 용액을 filter를 통해 반응기에 들어가도록 하였다. 착 물 합성은 10~20분간 가열 반응시킨 후 Heating mantle에서 반응기 몸체를 분리하고 자연 냉각으로 합성 착 물의 크기를 키운다. 그리고 반대편에 24/40 flask를 끼운 다음 반응기 몸체를 180도 회전시켜 합성된 착 물을 Fritted glass에서 거른 후 휘발성 유기 용매에 씻고, 진공으로 계속 뽑아 자연 건조 후 각각 유리병에 옮겨 진공 데시케이터에서 완전히 건조하였다.

#### 각종 신규 합성 착 화합물은

1. CHN 분석 결과로부터 화학식을 추정하고
2. Nitrobenzene 등에 녹여 전기 전도도를 측정하여 비 이온성, 이온성 일 때는 양이온, 음이온 비율을 결정하고
3. 자기장이 있을 때와 없을 때의 시료 무게 차이로부터 magnetic susceptibility를 구하여 high-spin, low-spin 착 물로 판정하고,
4. 합성 화합물을 곱게 갈은 후 거름종이 위에 압착 도포한 후 UV-Visible 영역에서 solid reflectance absorption spectrum 으로부터 착 물의 배위 수(4-, 5-, 6-coordinate)를 결정하였다.

이상의 각종 측정 결과와 타 연구자의 연구 결과와 비교하여 그 당시 잘 알려져 있지 않는 5-coordinate complex(Trigo-

nal Bipyramid와 square pyramid) 금속 착 물 200여 가지가 얻어졌다.

다른 사람들이 연구한 결과물인 논문의 주요 내용을 연구초록 카드(10x15 cm)를 만들어 기록하였다. 카드 상단에 1 cm 간격으로 4 mm의 구멍이 뚫린 것으로 저자, 논문지명, 논문 제목을 상단에 기록하고 하단에 중요한 결과를 요약 정리하였다. 상단의 각 구멍마다 key word를 배당한 다음 초록의 주요 key word에 해당하는 구멍의 상단을 V자로 잘라 내었다. 내가 합성한 착 물의 주요 결과와 타 연구 결과를 비교할 때 주요 key word 구멍에 철사를 끼우고 살살 털면 해당 key word 것만 아래로 떨어지게 하였다. 이렇게 2차, 3차 key word를 추출하여 3~5개 정도의 초록 카드와 상호 비교, 최종 의사 결정에 사용함으로써 논문 작성에 크게 도움이 되었다. 요즘 대학원 학생들은 이런 초록 카드를 사용하지는 않는 것 같다.

호주에 온 후 약 1년이 지나자 향수병에 걸려 귀국하고 싶은 생각이 들었다. 하지만 같은 지도 교수 밑에서 흰머리가 희끗한 50대 노 신사가 석사과정을 하겠다는 것을 보고 더 빨리 학위 과정을 끝내려고 짐사람을 호주로 오도록 하였다.

호주 대학원생들은 주중에만 일하기 때문에 나와 내내는 주말에 점심과 저녁 도시락을 싸 들고 같이 연구실에 나와서 일을 하였다. 짐사람은 RIMM에서 같이 근무한 적이 있어 내 연구에 많은 지원을 하였고, 보통 호주 대학원생이 5~7년이 걸리던 학위 취득을 3년 안에 끝낼 수 있었던 이유에 짐사람의 역할을 무시할 수 없다.

짐사람이 오기 전에 Brisbane에 사는 유일한 한국인이었던 나와 최철순(수의학)은 술이 먹고 싶어 작은 가게에서 "ginger beer"라는 상표를 보고 진짜 맥주인 줄 알고 사 먹고선 실망한 적이 있었다. 짐사람이 합류한 후에는 매 주말마다 소꼬리 5 kg씩 하루 종일 고아서 한국 연수생 유부남 7명 정도와 같이 값싼 포도주를 마시고 노래도 부르면서 향수병을 달래는 것이 일상이었다.



학위 후 45년만에 만난 지도교수

### KIST에서의 연구시절

1971년 5월에 학위 논문을 제출하고 귀국한 후 KIST의 화학 분석실 차장으로 임명되었다. RIMM에서 훈련시킨 김택제 및 이원이 각각 유기분석과 무기분석 분야를 맡고 있어 나는 위 두 사람과 같이 KIST 내/외부에서 의뢰를 받은 시료 분석에 약 6년간 종사하게 되었다.

KIST에서 일할 때 그 당시 최고액의 연구비(50만불)를 과기처 장관이 배당해 주어 한국 책임자 양재현 당시 소장, 미국 책임자 김영배 박사 팀이 각각 희토류 금속 제조와 희토류 자석 개발을 분담하여 수행하였다. 한국팀에는 나와 김창홍 등이 모나자이트로부터 희토류 화합물을 만들고 흑연 도자기를 사용하여 고온(1,000 °C 이상)에서 용융염 전기분해로 Misch metal(혼합 희토류 금속)을 제조방법을 연구하였다. 그러나 사용 재료와 참여연구원의 경험 부족으로 여러 번의 실험에서 약 200 g의 금속을 얻었으나 성공적인 결과를 얻지는 못했다.

또 다른 실패 과정은 그 당시 국산 담배 대신 수입된 'KENT' 담배를 많이 피우는 것을 보고 박정희 대통령이 최고 과학 기술 능력이 있는 KIST에서 담배 개발을 지시했다. KENT 담배 수준의 담배를 개발하기 위해 나와 김택제 등이 전매청 관련 연구원과 2~3개월을 같이 국산 담배 잎으로 KENT 담배를 모방하려고 담배 잎, 향료, 감미료 등의 조합을 시도하였으나 시제품이 풋내가 나고 그 품질을 향상시키지 못하고 철수한 적도 있다.

또 한 사건은 토요일 퇴근하여 이발과 목욕을 하고 집에 있는데 실험실에 급히 들어오라는 전갈을 받았다. 사무실에 들어가니 정정한 젊은 사람(청와대 소속)이 나의 인적 사항을 묻고 내가 서명한 KIST 분석 성적서를 제시하였다. 사건인 즉, 인천 소재 동양화학에서 수입소금을 사용하여 Soda ash를 제조하는데, 수입소금을 외부로 유출하고 있다는 정보를 입수하고 각 공정마다 시료를 채취하여 KIST에 의뢰한 것이었다.

KIST 발행 성적서의 각 성분의 양으로부터 공정 단계별 Material balance를 아무리 계산해도 안되었다. 그 이유는 상부에서 하도 독촉하여 분석결과를 현장에서 계산하여 전화로 이원 팀장이 분석 결과를 잘못 불러 주었는지 내가 잘못 받아 적은 건지는 몰라도 숫자가 앞뒤로 뒤바뀌고, 소수점도 한 칸씩 잘못 기록되어 있었다. 그래서 KIST 화학 화공 전문가 7명이 현장에서 다시 시료를 채취하고 재분석하여 Material balance가 맞아 수입된 원료가 외부로 유출되지 않았음을 증명한 사건이 있었다.

### 한국표준과학연구원 시절

1971년경 갓 출발한 한국표준연구소로 이적하여 기존 연구직 요원 3명과 Tempo 보고서에서 추천한 장치들의 기기 규격을 작성하여 AID 자금으로 도입하기 위한 작업을 하고 있었다. 11개 분야 중 10개는 물리 분야였고 나머지 1개인 화학분석실을 담당하게 되었다. 도입 기기의 규격을 작성 완료한 후 연구직 연구원 3명과 같이 미국 표준연구소(NBS, 현 NIST)에 3개월간 훈련을 받으러 갔다. 나는 Center for analytical chemistry의 각 분야를 돌아 다니면서 필요한 정보를 얻고, 새로 추가할 기기의 선정, 규격 작성, 기기 도입을 진행하였다.

교육 훈련 중 John Taylor 박사의 Quality assurance of chemical measurement를 청강하고, NBS 지하 복도에 버려진 잉여 책 중에서 Standard reference material and meaningful measurement(NBS SP 408)와 Analytical chemistry: Key to progress on national program을 입수하여 공부했는데, KRISS 재직 기간 및 그 후에도 이들 책이 내가 하는 일

의 Bible이 되었다. 귀국 후 KIST 석사 출신 연구원 3명을 뽑아 각각 XRF, AA, GC 분야를 미 표준연구원에서 6개월간 연수시켰다.

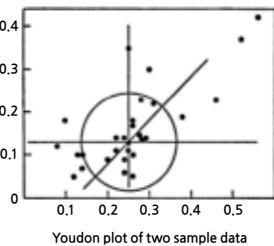
표준과학 연구원 재직(78~98년) 기간 중 50여 과제를 수행하였는데 그 중 특이한 것 몇 가지를 소개하고자 한다.

### 1. 공해 측정용 표준가스 국산화

이 과제는 1980년에 소 내 자체 과제로서 그 당시 환경청에서 실시하고 있던 공장 연돌 가스 측정을 자가 측정 대행업소로 하여금 대행 중에 있었는데, 국내에서 가스 분석의 기준이 되는 표준 가스의 개발이 시급하였다. 먼저 청계천 뒷골목에서 미군이 CO<sub>2</sub> 소화기로 쓰다 버린 고물 고압용기 몇 개와 국산 압력계 등으로 가스 혼합장치를 조립하여 개발을 시작하였다. 가스 무게 측정 천칭과 GC 등이 도입되고 CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO의 표준가스를 개발하여 환경 관리 기관 및 산업체에 보급하기 시작하였으며, 현재도 KRISS가 주요 표준가스를 국내에 보급하고 있다. 김진석 박사가 KIRSS에서 온 이후 가스 분석 능력이 크게 향상되어 표준가스 국제 공동분석을 주관하고 있으며, KRISS의 가스 분석 능력을 세계 최고 수준으로 유지하고 있다.

### 2. 수질 오염 물질의 분석 정도 관리

1980년 초에 환경부 이OO 장관의 요청으로 각 시도 보건 연구원, 지방 환경청 및 자가 측정 대행업소 등 200여 기관에 대한 수질분석 분석정확도에 대한 수질분석 분석정확도 조사를 의뢰 받았다.



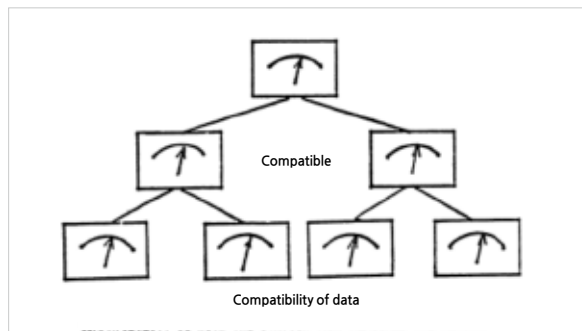
주요 유해금속인 Hg, Cu, Pb 등의 표준 용액으로 2개씩 조합하여 6종의 공동 분석 시료 용액을 사용하여 200여개 분석기관에 2개씩 보내고 분석결과를 받아 주로 Youdon plot으로 정리하였다.

해석은 각 금속별 2개 시료의 측정값을 X-Y 축에 점을 찍고 허용오차 범위(5%)의 원을 그리면 각 측정소의 측정정밀도 및 정확도를 예측할 수 있다. 200여개 공동분석 참여기관

의 결과를 당시 환경부 과장급 이상 앞에서 보고하였으나 그 내용이 외부에 유출될 경우 큰 문제가 생길 것으로 판단하여 모든 보고서를 현장에서 수집, 소각해 버렸음을 그 뒤에야 알았다. 환경청은 자체적으로 내부에서 정도관리를 실시하고 있다.

### 3. 금속 표준시료의 국산화

국내 금속산업에서 XRF 등 분석기기 정량선 작성용과 습식 분석의 내부 정도 관리용 시료의 제조를 1983년부터 5년간 국가연구비로 수행하였다. 연차별로 저 합금강, 고 합금강, 스테인리스, 황동 등의 표준시료를 개발하였다.



철강 표준시료는 제조 규격 확정 후 창원에 있는 한국 특수강(주)에서 제조하였다. 약 50년간의 소요량으로 각 규격 당 소형 1 ton 규모로 Ingot를 만들고 상하 1/4을 절삭하여 버리고, 중간 ingot를 double forging으로 bullet를 만들고 다시 압축 인발하여 직경 30 mm의 환봉을 만들었다. 제작된 환봉은 KRISS에 가져와서 외피를 직경 25 mm가 될 때까지 절삭 제거하고 XRF 분석기기 등에 맞게 20 mm 두께로 잘라 금속 시편을 만들었다.

각 시편은 균질도를 조사하고 각종 분석법을 적용하여 각 성분 함유량을 정하고 또한 철강 관련 분석실에 보내서 공동분석을 실시하였다. 환봉 일부는 serrated tool로 좁쌀알 크기로 가공하여 습식 분석용 표준 시료로 사용하도록 하였다. 철강공동분석은 연 2회 약 10년간 실시하여 그 결과 보고서를 산업현장의 분석지도자에게 되돌려 주어 현장 기술자의 분석 능력을 향상하도록 하였다.



KRISS에서 검증 표준시료는 현재 산업제 등에 보급되어 있으나 미 가공된 환봉 등이 그대로 있는지, 아니면 고철로 처분하였는지는 알 수가 없다.

#### 4. 산업체 분석요원의 교육 훈련

표준가스 및 금속시료가 개발됨에 따라 산업체 분석요원의 측정 능력 향상을 위하여 가스분석교육 연 2회, 금속분석교육 연 1회, 2박 3일 과정으로 10여년간 계속하였으며, 이를 위한 교육교재 10여권도 발간/배포하였다. 그간 KRISS 화학분석교육을 이수한 1,000여명의 현장 분석 요원이 현장에서 품질 관리 등에 크게 기여한 것으로 판단된다.

#### 5. 화학 측정의 측정보정

산업현장에서는 원재료, 중간제품, 최종제품까지 공정관리와 제품 품질관리를 수행하고 있지만 분석실에서 측정과정 관리와 얻어진 결과의 숫자 값에 대한 평가 등 측정보정이 꼭 있어야 한다.

이에 대한 내용은 학회, 분석과학회지에서 발표된 적이 있는데, 그 내용이 방대하기 때문에 여기서 언급할 수는 없고, John Taylor의 Quality assurance of chemical measurement 책을 모든 화학 측정자는 필독하고 이를 따르기를 권한다(인터넷에서 원문 다운로드 할 수 있음).

#### 6. 원자력 발전소 수질분석 정도 관리 사업

원자력 발전소는 초 순수를 이용하여 발전하는데 배관 등의 결함으로 냉각수(해수)가 초 순수에 유입될 수 있기 때문에 오염 여부를 계속 자동 분석 관리하는 것은 발전소 안전 보장에 필수적이다. 따라서 발전소 분석기기의 보수 유지, 초 순수 중 미량 성분(1 ppm 이하)의 분석용 표준액 보급 및 현장 방문 기술 지원의 내용으로 1985년경부터 시작하여 내가 퇴직한 후 이종해 박사가 계속하고 있으며, 연 10억 이상인 이 과제는 앞으로 계속될 것으로 생각된다.

#### 표준가스 전문생산 회사, ㈜리가스 창업

1989년, 연구 연가를 받아 호주에 있을 때 김대중 정부가 들어서고 과거 공무원들이 “과거처 산하 연구소의 정년을 65세에서 60세로 하겠습니다.”에 따라 강제 퇴소하게 되었다. 다행히 친구들의 투자와 내 표준가스 기술을 합쳐 (주)리가스(Research Institute of Gas Analytical Science)를 1989년 9월에 창업하였다.

첫번째 수행 업무는 정부 연구과제로 laser로 Lasik 수술 시 반드시 필요한 excimer laser 가스를 개발 완료하고, 석유화학 표준가스/액을 베트남 및 여수 석유과학단지에서 보급하기 시작하였다. 해마다 생산 요원, 가스분석요원이 늘어나고 있고 각종 표준가스를 생산/보급 하고 있으며 현재 분석검증요원 15명, 생산 요원 10여명 등 40여명이 일하고 있다.



(주)리가스에서도 10여 국가 연구 과제를 수행하였다.

(주)리가스(www.rigas.co.kr)는 상온에서 증기압이 있는 모든 유, 무기물질의 표준가스를 제조하고, 분석 검증할 수 있는 능력을 보유하고 있으며, 타사 등에서 제조된 연돌 가스 표준가스에 대한 공인 분석 성적서를 발행하고 있다.

#### 마무리하며...

약 60년간 연구소 근무 중 60여개의 국가 연구과제 책임자로 일하면서 30여편의 국외 논문과 50여편의 논문을 국내 학술지에 발표하고 5개의 특허도 받았다. 그 중 표준가스 및 금속 표준시료 개발로 국민 훈장, “목련 장”까지 받았으나 나의 연구결과가 국가 발전에 얼마나 기여하였는지 잘 모르겠다. 그러나 앞으로 하고 싶은 일이 너무 많아 걱정이 된다. 후배들이 화학 측정을 할 경우, 의미가 있고 쓸모있는 정확한 결과를 얻도록 측정 과정의 관리와 측정결과를 평가하여 자기가 측정된 결과를 보증할 수 있는 자세를 갖추 국가 과학 기술 발전에 기여해 주기를 바란다. 🍀

# SBSE-TDU-GC/MS를 이용한 수질 중 오염물질의 신속하고 간편한 고감도 분석법 개발



글 | 김윤석 박사 (K-water 수질연구센터)

염료, 목재 및 제지산업 등 다양한 분야에서 제조 원료로서 사용되는 클로로페놀류(chlorophenols)는 특히 산업에 의한 오염물의 분해 부산물로 토양이나 수질과 같은 환경에서 검출되며 발암성 물질로 알려져 있다. 특히 분자량이 상대적으로 큰 클로로페놀류는 환경 중에서 잔류성을 가지고 있기 때문에 이들 물질에 오염된 토양이나 음용수가 인간에게 영향을 미칠 수 있다.

미국 환경청(US EPA)은 클로로페놀류 중 2-chlorophenol(2-CP), 2,4-dichlorophenol(2,4-DCP), 2,4,6-trichlorophenol(2,4,6-TrCP), pentachlorophenol (PCP)를 우선 조사대상의 페놀류로 분류하고 있다<sup>3</sup>.

수질 중 이런 클로로페놀류를 분석하기 위해서는 추출방법으로 액체-액체 추출(liquid-liquid extraction, LLE)<sup>4</sup> 및 고체상 추출(solid phase extraction, SPE)<sup>5</sup> 등 다양한 추출법이 적용되고 있다. 하지만 이러한 분석법들은 인체에 해로운 화학용매를 다량 사용하게 되고 분석용 시료량 또한 적지 않은 양이 필요하다. 더불어 분석 시간이 많이 소요되는 단점이 있다.

클로로페놀류의 물리화학적 특성상 휘발성이 낮고 극성이 커

서 분석시험을 할때 회수율이 높지 않은 경향이 있고, 분석기 기인 기체 크로마토그래프(GC)의 주입구나 컬럼 등에 흡착하여 검출감도가 낮게 나타난다<sup>6</sup>. 이러한 단점을 보완하기 위해 고체상 미량추출법(solid-phase microextraction, SPME)이 개발되었다. 이 분석법은 빠르고 간편하며, 노동력을 최소화할 수 있고, 적은 양의 시료를 사용하며 유기용매를 사용하지 않는 친환경적인 장점으로 인해 환경시료부터 생체시료에 이르기까지 다양한 시료의 분석에 적용되고 있다. 하지만 SPME 전처리법은 유기성 오염물질의 흡착제로 사용되는 PDMS(polydimethylsiloxane)의 코팅된 양이 적어 headspace로 수질 중에 함유된 유기성 오염물질을 흡착하여 분석하는 방식에는 높은 분석 감도를 기대하기가 어렵다<sup>8</sup>.

본 연구에서는 SBSE(stir bar sorptive extraction)를 이용하여 클로로페놀류 5종(2-CP, 2,4-DCP, 2,4,6-TrCP, 2,3,4,6-tetrachlorophenols(2,3,4,6-TeCP), PCP)에 대하여 신속하고 간편하며, 감도 높은 분석법을 검토하였다.

클로로페놀류 표준물질은 o2si (USA)에서 구매하였으며, methanol에 희석해서 분석하였다. 본 실험에 사용된 초순수는 3차 초순수를 사용하였고, sodium chloride는 Junsei(Japan)에서 구매하였고, 300 °C에서 4시간 구운 후

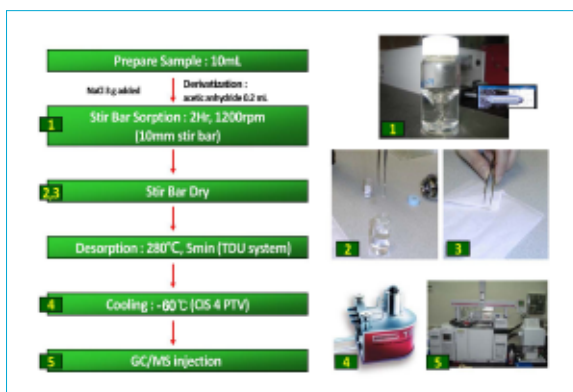
사용하였다. Acetic anhydride는 Sigma-Aldrich (USA)의 순도 99% 이상의 용액을 구매하여 분석에 사용하였다.

수질 시료에서 클로로페놀류의 추출법인 SBSE는 과거 많은 연구가 보고되었다<sup>9</sup>. 본 연구에서는 in-situ acylation법을 적용한 SBSE 추출법을 검토하였다. 전처리에 사용된 twister (1 cm, Gerstel, Germany)는 내부에 자석이 장착된 유리막대에 PDMS가 32  $\mu$ L 코팅되어 있는 것을 사용하였다

시료 10 mL를 20 mL vial에 취한 후 표준물질을 희석하고 twister를 넣어 1,200 rpm으로 120분 동안 회전시켜 추출하였다. 추출 후에 twister는 수분을 제거한 다음 유리관에 넣어 TDS 시스템(Gerstel GmbH)을 이용하여 탈착시켜 기체 크로마토그래프/질량분석기(GC/MS, Agilent 7890A/5975C MSD)로 분석하였다.



〈그림 1〉 시험에 사용한 twister (1 cm)



〈그림 2〉 The process of chlorophenols in water with TDU-GC/MS

분석 조건은 〈표 1〉에 자세히 나타내었다. GC의 컬럼은 DB-5 (30 m  $\times$  0.25 mm  $\times$  0.25  $\mu$ m)를 사용하였으며, oven 조건으로는 50  $^{\circ}$ C로 시작하여 5분간 holding 후 10  $^{\circ}$ C/min의 비율로 280  $^{\circ}$ C까지 승온하였다. 승온 후 280  $^{\circ}$ C에서 5분간 holding 후 분석하였다.

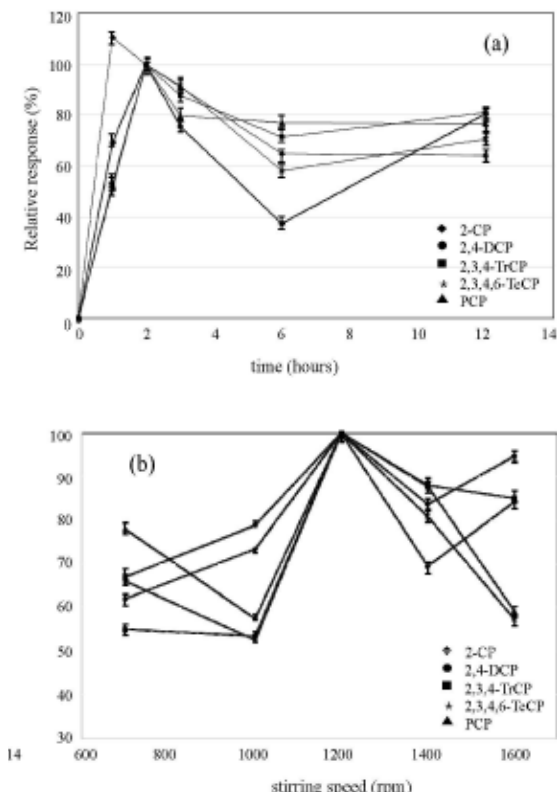
주입구 TDU 부분은 40  $^{\circ}$ C로 시작하여 0.5분간 holding 후 60  $^{\circ}$ C/min의 비율로 280  $^{\circ}$ C까지 승온하였으며, 승온 후 5분간 holding하였다. 주입구의 CIS4는 -60  $^{\circ}$ C의 온도에서 시작하여 5분간 holding 후 12  $^{\circ}$ C/sec의 비율로 300  $^{\circ}$ C까지 승온하였다. 승온이 된 후 10분간 holding 후 splitless 모드로 주입하여 분석하였다.

MSD에서는 SIM(Selected ion monitoring) 모드를 이용하여 분석하였으며 2-CP의 경우 m/z 128, 64, 2,4-DCP는 m/z 162, 64, 2,4,6-TrCP는 m/z 196, 132, 2,3,4,6-TeCP는 m/z 196, 132, PCP의 경우 m/z 266, 165를 선택하여 분석하였다. 이온화는 EI, 70 eV로 이온화하였고, source는 150  $^{\circ}$ C, transfer 온도는 230  $^{\circ}$ C로 하여 분석하였다(표 1).

SBSE 방법의 최적화를 위하여 최적 추출 시간, 회전속도, NaCl 투입양 등에 대해 조사하였다. 클로로페놀류 표준물질을 증류수에 10  $\mu$ g/L로 희석한 다음 추출 시간을 1시간 단위로 나누어 흡착시킨 뒤 TDU-GC/MS로 분석하였다.

〈표 1〉 Analysis conditions of TDU-GC/MSD

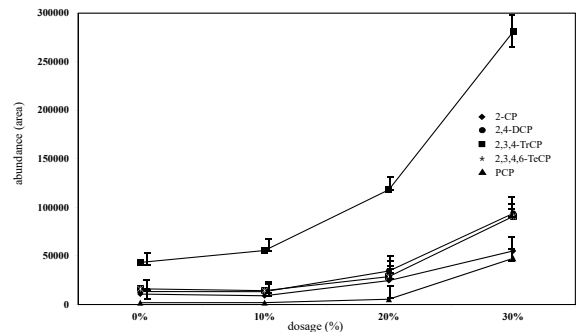
Condition for GC (Agilent)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>GC capillary column                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- DB-5, 30 m × 0.25 mm × 0.25 μm (L × ID × film thickness)</li> </ul> </li> <li>Temperature conditions                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Injection port (TDU) temp. : 40 °C (0.5 min) → 60 °C/min → 280 °C (5 min)</li> <li>- Injection (CIS4) temp. : -60 °C (5 min) → 12 °C/sec → 300 °C (10 min)</li> <li>- Injection mode : Splitless</li> <li>- Oven temp. : 50 °C (5 min) → 10 °C/min → 280 °C (5 min)</li> </ul> </li> <li>Carrier gas : He &gt; 99.9999%</li> </ul>	
Condition for MSD (Agilent)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ionization : EI, 70 eV</li> <li>Data acquisition : SIM mode</li> <li>Selected ion :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>2-CP - m/z 128, 64</li> <li>2,4-DCP - m/z 162, 98</li> <li>2,4,6-TCp - m/z 196, 132</li> <li>2, 3, 4, 6-TrCP - m/z 232, 166</li> <li>PCP - m/z 266, 165</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Source temp. : 150 °C</li> <li>Transfer temp. : 230 °C</li> <li>Filament Emission Current : 20 μA</li> <li>Mass Calibration : FC-43 tuning</li> <li>m/z 69, 131, 219, 414, 502, 614</li> </ul>



〈그림 3〉 The evaluation of chlorophenols depending on adsorption time(a) and stirring speed of twister(b)

〈그림 3〉(a)에서 x축은 흡착 시간이고, y축은 2시간 흡착한 면적 값을 기준으로 비율로 나타내었다. 클로로페놀류 중 2-CP를 제외한 4종은 모두 2시간까지 흡착율이 증가하다가 점점 흡착율이 떨어지는 것을 볼 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 5종의 대상물질을 동시분석 하기 위해 최적 추출시간을 2시간으로 결정하였다.

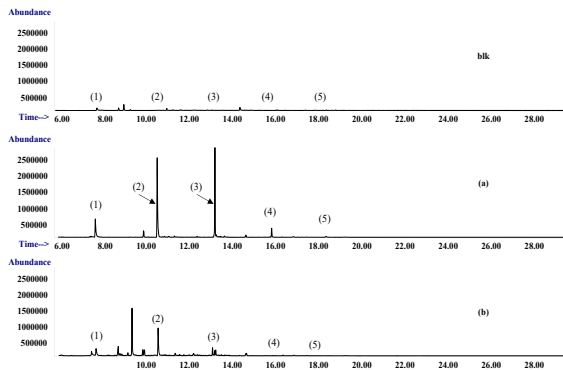
〈그림 3〉(b)는 twister의 회전속도(rpm)의 차이에 따른 흡착율을 비교하였다. x축은 rpm이고, y축은 1,200 rpm의 면적을 기준으로 각 rpm의 측정 결과값의 비율로 나타내었다. 1,200 rpm에서 가장 효과적인 결과를 얻었으며 1,000 rpm은 1,200 rpm에 비해 50% 수준으로 흡착이 되는 것을 알 수 있었다. 또한 NaCl 함량에 따른 염석 효과를 비교하기 위하여 NaCl 무첨가부터 10%, 20%, 그리고 30%를 각각 용해하여 비교분석하였다. 그 결과 NaCl을 첨가하지 않은 결과에 비해 30% 주입한 결과가 약 6배 정도 각 피크의 면적값이 증가하였다(〈그림 4〉). 이와 같이 분석하고자 하는 시료의 양과 물질에 따라 전처리 조건이 달라질 수 있으므로 각각의 분석 물질에 따라 최적의 추출 조건을 선정해 주어야 할 것으로 판단된다.



〈그림 4〉 The variation of each compound based on salt dosage in water samples

클로로페놀류를 분석함에 있어 정수에서 다른 유기물의 방해가 얼마나 받는지 살펴보기 위해 위에서 결정된 최적 추출 조건으로 현장시료에 적용하여 회수율을 살펴본다. 증류수와 정수에 각각 5 μg/L로 표준물질을 spiking 하여 2시간 동안 1,200 rpm 그리고 30%의 NaCl을 용해

한 후 TDU-GC/MS로 분석하였다. 그 결과, 초순수에 비해 정수에서 클로로페놀류 5종 중 2종, 2-chlorophenol와 2,4-dichlorophenol은 평균 41% (n=4)의 회수율로 검출되었고, 나머지 3종은 10% 이하의 회수율을 보였다.



〈그림 5〉 Comparison of chromatogram of spiked chlorophenols in water samples, blank (blk), tap water (a) and distilled water (b), respectively. (1) 2-chlorophenol (2-CP), (2) 2,4-dichlorophenol (2,4-DCP), (3) 2,4,6-trichlorophenol (2,4,6-TrCP), (4) 2,3,4,6-tetrachlorophenol (2,3,4,6-TeCP), (5) pentachlorophenol (PCP)

클로로페놀류는 휘발성이 낮고 극성이 커서 회수율이 좋지 않으며, 위의 실험을 통하여 현장 적용이 어려움을 확인하였다. 이러한 이유로 많은 논문에서는 대부분 유도체화를 하여 분석한다<sup>10</sup>. 유도체화를 함으로써 클로로페놀에 있는 -OH 기의 극성을 비극성 기능기로 전환시키면 용해도가 감소하여 추출율이 좋아지고 휘발성과 분리능이 증가하며, 열적으로 안정하여 검출감도와 선택성이 높아진다. 이번 실험에서는 acetic anhydride를 이용한 유도체화 방법을 선택하였다. 본 연구에서는 acetic anhydride 200  $\mu$ L와 NaCl 3 g 주입하여 최적화하였다. 본 방법에 의해서 얻어진 검출한계와 정량한계는 각각 4 ~ 8 ng/L과 13 ~ 25 ng/L로 양호하였으나, 유도체화를 하지 않은 경우는 이보다 약 10~50배 정도 낮은 검출감도의 결과를 보였다.

〈표 2〉 The QA/QC for chlorophenols with TDU-GC-MS by SBSE

Compounds	Derivatization	LOD <sup>1)</sup> ( $\mu$ g/L)	LOQ <sup>2)</sup> ( $\mu$ g/L)
2-chlorophenol	normal	0.1098	0.3497
	acylation	0.0042	0.0133
2,4-dichlorophenol	normal	0.4551	1.4493
	acylation	0.0042	0.0133
2,4,6-trichlorophenol	normal	0.0377	0.1201
	acylation	0.0078	0.0248
2,3,4,6-tetrachlorophenol	normal	0.1147	0.3654
	acylation	0.0069	0.0219
pentachlorophenol	normal	0.0841	0.268
	acylation	0.0063	0.0201

<sup>1)</sup> LOD (limit of detection) = SD (n=7)  $\times$  3.14

<sup>2)</sup> LOQ (limit of quantitation) = SD (n=7)  $\times$  10

개발한 분석방법을 이용하여 원수, 정수 그리고 실험실 초순수를 구분하여 일반적인 액액추출법과 비교하였다(〈표 3〉). 그 결과, 모든 시료에서 변동계수(CV, coefficient of variance)가 1.3% 이하로 매우 양호한 결과를 나타냈으며, 회수율은 80% ~ 101% 로 거의 모든 시료에서 우수한 결과를 나타내었다. 하지만, 액액 추출법에 의한 분석결과는 SBSE 분석법보다 더 낮은 정확도와 재현성을 나타내어 SBSE를 이용한 방법은 클로로페놀류 분석에 적합하다고 판단하였다.

〈표 3〉 Comparison of the recovery and variation for chlorophenols between LLE method and developed method in this study

Compounds	(n=5, unit : %)						
	this study		LLE(liquid-liquid extraction) method				
	Recovery	CV	organic solvent volume 10mL		organic solvent volume 100mL		
		Recovery	CV	Recovery	CV	Recovery	CV
Distilled water	2-Chlorophenol	99	1.3	19	38	74	4
	2,4-Dichlorophenol	100	1	23	42	78	2
	2,4,6-Trichlorophenol	99	0.9	24	38	82	2
	2,3,4,6-Tetrachlorophenol	97	0.7	14	23	84	7
	Pentachlorophenol	87	1.1	6	32	81	23
Raw water	2-Chlorophenol	99	0.5	36	36	71	13
	2,4-Dichlorophenol	99	0.5	48	34	78	6
	2,4,6-Trichlorophenol	97	0.8	57	41	88	4
	2,3,4,6-Tetrachlorophenol	90	0.7	46	61	95	4
	Pentachlorophenol	80	0.5	34	87	101	12
Tap water	2-Chlorophenol	100	0.8	36	23	71	6
	2,4-Dichlorophenol	101	1.3	43	18	82	6
	2,4,6-Trichlorophenol	99	0.7	48	17	91	5
	2,3,4,6-Tetrachlorophenol	90	0.8	39	15	107	11
	Pentachlorophenol	80	1.2	23	25	131	20

본 연구에서는 2-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol, 2,4,6-trichlorophenol, 2,3,4,6-tetrachlorophenol 그리고 pentachlorophenol 등 총 5종의 클로로페놀류 분석을 위해 신속하고 간편하며, 검출감도가 높은 SBSE 추출법을 개발하였다. TDU-GC/MS로 클로로페놀류 5종을 분석할 때, 많은 용매를 사용하지 않으며 소량의 시료인 10 mL를 사용하여 신속하고, ng/L수준의 저농도까지 정확하게 분석할 수 있었다. Twister를 사용한 클로로페놀류의 최적 추출시간은 2시간과 회전속도는 1,200 rpm로 결정되었다. 하지만, 위의 방법만으로는 현장시료의 적용성이 떨어지므로 유도체화 후 분석이 필요하며 유도체화를 위해 acetic anhydride를 이용하였으며, NaCl을 주입하여 분석하는 것이 약 6배 이상 검출효율이 좋은 것으로 나타났다.

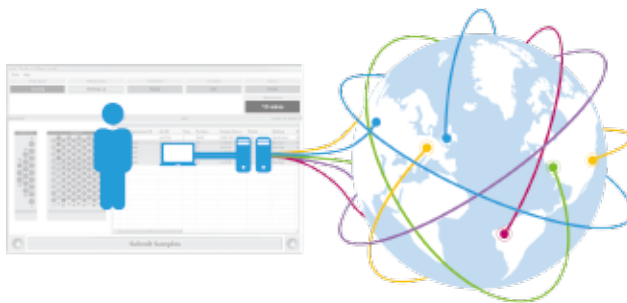
Acetic anhydride 200  $\mu$ L와 NaCl 3 g을 주입하여 검출한계와 정량한계를 측정해 본 결과, 4 ~ 25 ng/L 수준으로 매우 우수한 결과를 보였다. 또한 일반분석법인 액액추출법과 비교하여도 월등히 높은 감도로 분석이 가능하였다. 따라서 SBSE를 이용한 수질 중 클로로페놀류 분석은 매우 높은 효과를 나타내는 것으로 판단되었다.

개발한 SBSE-TDU-GC/MS를 적용한 클로로페놀류 분석방법은 기존의 복잡했던 클로로페놀류 전처리를 간편하고 신속하게 정성, 정량 가능하므로 여러 가지 유기물 분석에도 높은 활용도가 예상된다. 🌱

#### 참고문헌

- 01** Xing, L., Liu, H., Giesy, J.P., Zhang, X., Yu, H., 2012. Probabilistic ecological risk assessment for three chlorophenols in surface waters of China. *J. Environ. Sci.* 24, 329-334.
- 02** Jin, X., Gao, J., Zha, J., Xu, Y., Wang, Z., Giesy, J. P., Richardson, K. L., 2012. A tiered ecological risk assessment of three chlorophenols in Chinese surface waters. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 19, 1544-1554.
- 03** Holopainen, S., Luukkonen, V., Nousiainen, M., Sillanpää, M., 2013. Determination of chlorophenols in water by headspace solid phase microextraction ion mobility spectrometry (HS-SPME-IMS). *Talanta* 114, 176-182.
- 04** EPA method 625, Base/Neutrals and acids: <http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/tes>
- 05** M. N. Sarrion, F. J. Santos, M. T. Galceran, "Determination of chlorophenols by solid-phase microextraction and liquid chromatography with electrochemical detection", *J. Chromatography A*, (2002), 947, p. 155-165
- 06** Gyo-beom Park, Sueg-geun Lee, "Determination of phenols in water by derivatization and GC/MS", (2005), Vol. 18, No. 6, p. 453-459
- 07** Tae-woo Kang, Hee-soo Pyo, Jong-ki Hong, "Development of an analytical method of organochlorine pesticides in human bloods using head space-solid phase microextraction coupled with gas chromatography/mass spectrometry", *Analytical science & technology*, (2008), Vol. 21, No. 4, p. 259-271
- 08** Chang-dong Seo, Hee-jong Son, Jong-moon Jung, Jin-taek Choi, Seong-ho Jang, "Analysis of UV Filters in water using stir bar sorptive extraction (SBSE) and GC/MS-MS", *Journal of Environmental Science International*, (2014), 23 (6), p. 1037-1047
- 09** Migaku Kawaguchi, Norihiro Sakui, Noriya Okanouchi, Rie Ito, Koichi Saito, Hiroyuki Nakazawa, "Stir bar sorptive extraction and trace analysis of alkylphenols in water samples by thermal desorption with in tube silylation and gas chromatography-mass spectrometry", *J. chromatography A*, 2005, 1062, p. 23-29
- 10** Jong-ki Hong, Hyup Kim, In-girl Baek, Do-gyun Kim, Jung-joo Seo, Jong-bok Seo, Bong-chul Chung, Hee-soo Pyo, Kyung-rae Kim, Yong-hwa Kim, "Analytical determination of alkylphenols, chlorophenols and bisphenol A in biota samples using gas chromatography/mass spectrometry", *Analytical science & technology*, 2000, 13, 4, p. 484-493

# Agilent MassHunter Software 전격해부(3) Quantitative Analysis

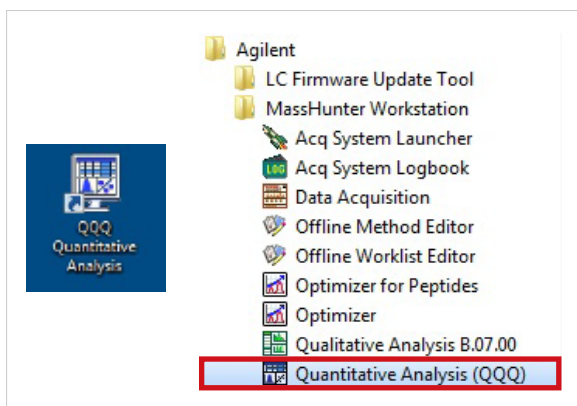


## MassHunter Software

### MassHunter Software 연재 시리즈

1. Data Acquisition
2. Qualitative Analysis
3. Quantitative Analysis
4. Q-TOF User를 위한 필수 기능

Quantitative Analysis는 분석이 끝난 후 정량과 보고서를 동시에 생성할 수 있어서 Agilent 유저들이 가장 친숙하게 쓰는 소프트웨어일 것이다. 이번 시리즈에서는 Quantitative Analysis의 다양한 기능들에 대해 알아보도록 하자.



〈그림 1〉 MassHunter Quantitative Analysis

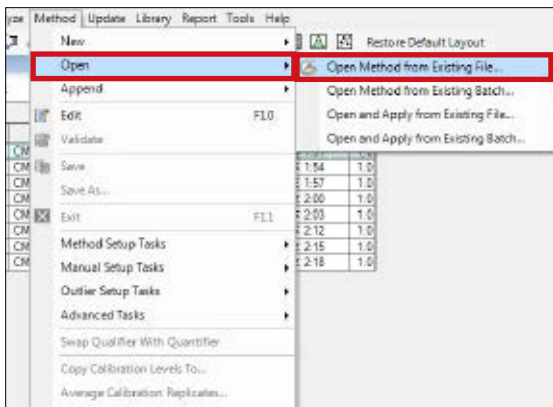
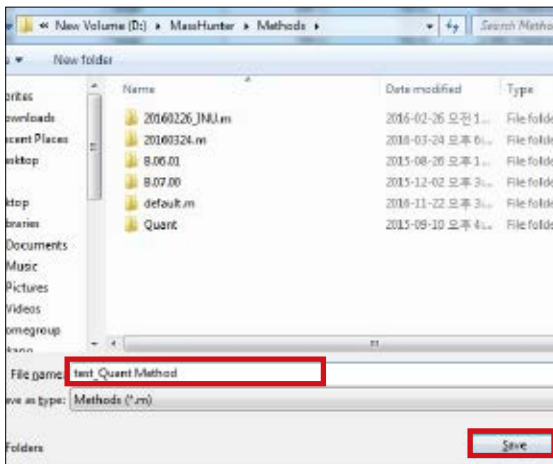
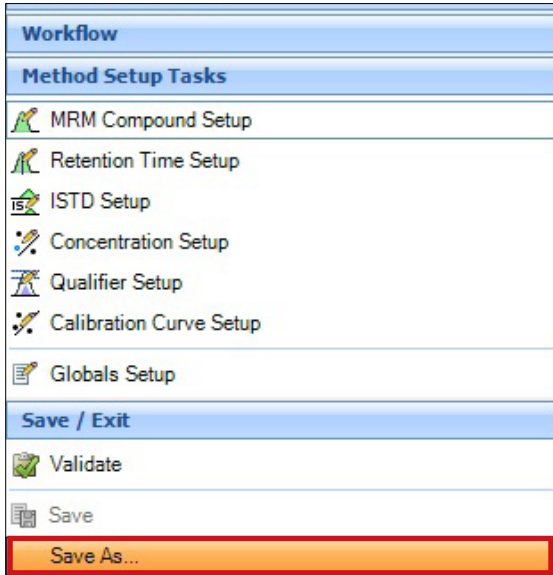
### Method 만들기

**적용 가능 시스템: LC/MS/MS, GC/MS/MS**

매번 동일한 분석물질을 분석하고 정량한다면 Quantitative Analysis를 어떻게 사용하는가? 물론 Agilent MassHunter software는 유저가 접근하기 쉽도록 개발되었기 때문에 매번 동일한 패턴의 방식으로 정량까지 하는 시간은 오래 걸리지 않는다. 하지만 그마저 소요시간을 절약하길 원한다면 동일한 정량 파라미터들이 셋팅되어진 Method를 미리 만들어 정량하고자 할 때마다 적용시키면 끝이다.

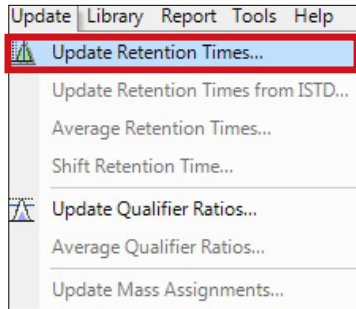
먼저, Method를 하나 만들어야 하므로 Method → New → New Method from Acquired Data를 클릭하여 정량하고자 하는 데이터 파일 중에 제일 고통도의 Calibration 데이터 파일을 불러온다. 그럼 자동으로 다음 화면으로 넘어갈 것이다. 다음 과정은 정량하기 위해 필요한 파라미터들을 셋팅할 수 있다. 셋팅이 끝났다면 Save As를 클릭하여 Method를 저장한다.

Method를 만들었으니 정량으로 넘어가도록 하자. 정량하는 방법과 동일하게 File에서 New Batch를 만든다. 그리고 정량하고자 하는 데이터 파일을 추가하도록 하자. Acquisition에서 Type과 level를 설정하지 않았다면 반드시 다음 과정으로 넘어가기 전에 설정하도록 한다(설정하지 않는다면 정량 파라미터들이 적용되지 않는다). Method-Open-Open Method from Existing File를 클릭하여 미리 만들어 둔 Method를 찾아 클릭한다. 그러면 정량은 버튼 하나로 끝난다.



〈그림2〉 Method 만들기

만약에 Retention Time(RT)이 흔들렸다면 어떻게 해야 할까? 매번 RT가 달라질 때마다 Method를 만들어 준다? 정



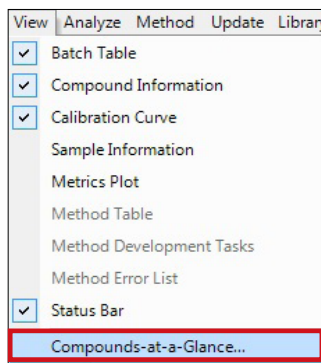
〈그림 3〉 Retention Time 업데이트하기

답은 “Update-Update Retention Time”에 있다. 이 기능은 틀어진 Retention Time을 update 해 줌으로써 틀어진 Retention Time을 보정해 줄 것이다.

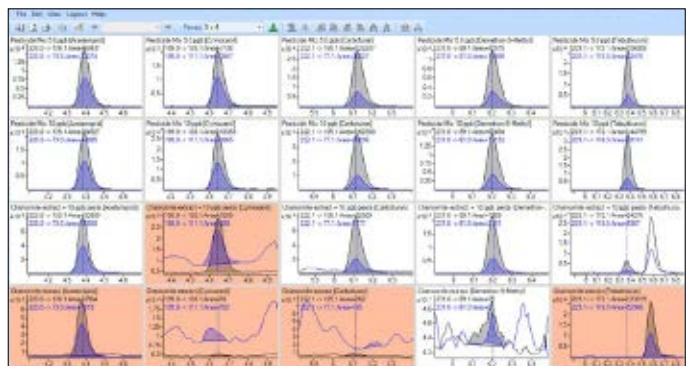
### Compounds-at-a-glance

#### 적용 가능 시스템: LC/MS/MS, GC/MS/MS

정량한 결과를 한눈에 그림으로 보고 싶다면 “Compounds-at-a-glance” 기능을 사용해 보는 것은 어떨까? Compounds-at-a-glance는 최대 100개까지 한 눈에 확인할 수 있으며



Layout-Outlier에서 필터하고자 하는 부분들의 파라미터를 체크하고 적용시켜 보자. 파라미터 기준에 적합하지 않는 샘플은 빨간색으로 표시되므로 다중 동시분석한 결과를 한 눈에 모니터링 할 수 있다.



〈그림 4〉 Compounds-at-a-glance



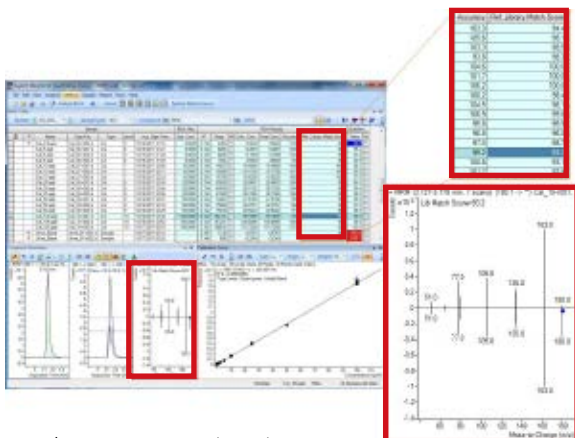
## tMRM (Triggered MRM)

### 적용 가능 시스템: LC/MS/MS

일반적인 MRM (Multiple Reaction Monitoring) 방식은 두 개의 Product ion 중 하나는 정량용으로 나머지 이온은 정량용 이온값 결과에 대한 정성확인용으로 사용된다.

검출되었을 경우, 이전 분석방법에서는 확실한 정성적인 증거를 위해 재분석하여 얻어진 스펙트럼과 표준물질 결과를 비교해야 하는 번거로움이 있었다. 하지만 Agilent의 tMRM (Triggered MRM) 기능으로 이 작업을 한번에 해결함으로써 고감도 정량분석은 물론 확실한 정성 결과를 제출할 수 있어 분석자의 고민과 분석시간을 매우 단축시킬 수 있게 되었다. tMRM 분석은 기존 MRM 방식처럼 분석자가 보고자 하는 규제 농약 성분들을 method에 지정한 후 일차적으로 검출하기 시작한다. 특정 성분들이 규제치 이상의 감도(threshold)를 초과하는 시점에서는 이차적으로 자동으로 그 성분에 대한 나머지 Product ion들의 MRM이 함께 작동하여 MS/MS 라이브러리와 비교할 수 있도록 Product ion 스펙트럼이 구성되는 Data dependent 분석 방식이다. 각 물질마다 총 10개의 조각 이온을 추가할 수 있다.

각 성분에 대한 dwell time을 최소화면서 나머지 조각 이온들에 대한 MRM을 최대한 획득하여 Product ion 스펙트럼을 구성하기 때문에 라이브러리 검색을 사용함으로써 확실한 정성확인이 가능하다.



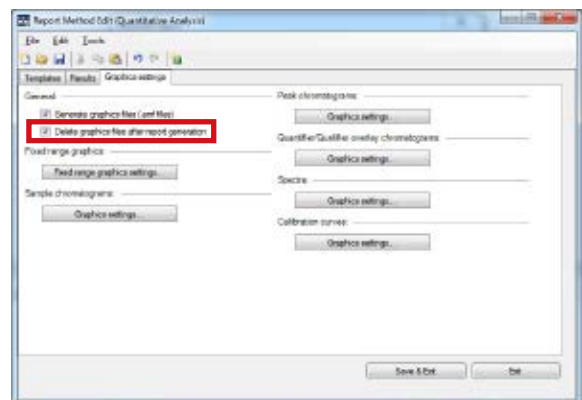
〈그림 5〉 Triggered MRM (tMRM)

## Report 작성시 필요한 Tip!

Agilent에서 제공되는 Report Template은 유저들이 Template을 새로 디자인해야 하는 시간을 줄여주고 목적에 따라 Template을 선택할 수 있도록 되어 있기 때문에 유저들 사이에서 선호되는 부분 중에 하나라고 볼 수 있다.

분석물질이 많아질수록 Report 생성 시간이 길어진다는 것은 이미 알고 있을 것이다. 이것을 조금이라도 줄이고자 한다면 Excel보다 PDF Template를 사용하는 것을 권장한다. 그 방법이 유저분들의 시간을 조금이라도 줄여 줄 것이라 믿는다.

또한, Report가 완성이 되면 Excel이든 PDF 든 데이터 폴더에서 자동적으로 저장된 것을 확인할 수 있다. Report에 포함된 이미지들은 Report 뿐만 아니라 데이터 폴더에 개별적으로 저장된다는 사실을 모르는 유저들이 더 많을 것으로 짐작된다. 데이터 용량을 조금이라도 줄이고 싶다면 Report method를 만들때, Graphics settings 부분에서 Delete graphics files after report generation를 체크하고 method를 저장한다면 조금이라도 데이터 용량을 줄일 수 있을 것이다. 저장용량에 상관이 없는 유저라면 문제가 없지만 용량을 조금이라도 줄이고자 한다면 Report 작성시 이 기능을 사용하고 있는지 한번 확인해 볼 필요가 있다. 🗑️



〈그림 6〉 Report Method Edit

# 식품 중 잔류동물용의약품 시험법의 동시 분석 대상 확대



그 동안 국내에서 식품 중 잔류하는 동물용의약품은 잔류농약에 비해 유해성에 대한 인식이 다소 약하였으나 동물치료나 예방용으로 사용하는 약품이 식품 중에 잔류하여 사람에게 위해할 가능성이 있고 지속적인 섭취를 통한 병원성균의 항생제 내성, 내분비 교란 등의 사례를 통해 국민건강과 직결된 문제라는 인식이 점차 일반화되고 있다.

실제로 다수의 동물용의약품에 의한 심각한 급성독성의 위험성은 확인되지 않고 있지만, 현재까지 디에틸stil베스트롤, 니트로푸란계 약물 및 클로람페니콜 등 몇몇 약물들의 발암성 확인으로, 선진국을 비롯한 여러나라에서 해당 약물의 사용이 금지되어 왔다. 최근까지 국내에서도 식약처 고시 제2016-154호를 통해 이프로니다졸이 추가된 총 18종에 대한 동물용의약품(표 1)을 불검출로 규제하고 있으며, 국내 허가되어 있으나 잔류허용기준이 없는 동물용의약품에 대한 기준이 필요함에 따라 175종에 대한 식품 중 잔류허용기준(maximum residue limit, MRL)이 마련되어 있다.

이와 같이 식약처는 지속적으로 동물용의약품의 잔류허용기준품목을 확대해 가고 있으며 2017년 1월 13일 고시된 식품의약품안전처 공고 제2017-017호 행정예고안에서도 클라노부틴 등 동물용의약품 18종에 대한 잔류허용기준 추가 신설을 계획하고 있다.

이와 같이 식약처는 동물용의약품에 대한 잔류허용기준 품목을 확대하고 규제를 강화함과 동시에 시험 결과에 대한 신뢰도 확보 및 국민에게 안전한 식품을 공급하고자 국내외 취급되고 있는 동물용의약품에 대한 개별시험법과 동시다성분 분석법에 대한 연구를 지속적으로 추진하고 있다.

지난 2015년 10월 29일, 식품의약품안전처 공고 제2015-78호에서 처음으로 동물용의약품의 정성시험법에 물리·화학적 시험법 신설을 통해 LC-MS/MS를 이용한 축산물 중 동물용의약품 50종, 수산물 중 동물용의약품 45종에 대한 동시다성분시험법을 각각 고시하였으며, 최근에 이르러서는 <표 2>와 같이 축산물 중 동물용의약품에 대해 항균제 78종, 구충제 20종, 비스테로이드성 항염증제(NSAIDs) 9종으로 세분화하여 LC-MS/MS를 이용한 동시다성분시험법을 고시하고 있다.

mg/kg 이하의 미량 분석이 요구되는 식품 중 잔류 동물용의약품 분석에 있어 다성분분석법은 개별 분석법에 비해 각각의 성분에 대한 분석의 정밀도나 신뢰성이 다소 떨어질 수 있겠으나 적절한 분석기준을 만족하면서 분석효율에 중점을 두어 개발되어 잔류동물용의약품의 Screening 목적에 매우 적합하다. LC-MS/MS 장비의 발달과 범용화와 함께 식약처에서 고체상추출법, QuEChERS법, 초음파추출법 등 다양한 전처리법을 활용하여 적정의 전처리법을 개발함으로써, 이와 같이 지속적으로 다성분분석법을 일반시험법으로 개정/신설하고 있다는 점에서 매우 주목할 만 하다. 🌐

<표 1> 식품 중 검출되어서는 아니 되는 동물용의약품

번호	식품*1 중 검출되어서는 아니 되는 물질
1	니트로푸라존(푸라졸리돈(Furazolidone), 푸랄타돈(Furaltadone), 니트로푸라존(Nitrofurazone), 니트로푸란토인(Nitrofurantoin), 니트로빈(Nitrovin) 등) 제제 및 대사물질 ◎ 잔류물의 정의 : 3-amino-2-oxazolidinone(AOZ), 3-amino-5-morpholinomethyl-2-oxazolidinone(AMOZ), semicarbazide(SEM)*2, nitrofurazone <sup>3</sup> , 1-aminohydantoin(AHD), nitrovin
2	클로람페니콜(Chloramphenicol) ◎ 잔류물의 정의 : Chloramphenicol
3	말라카이트 그린(Malachite green) 및 대사물질 ◎ 잔류물의 정의 : Malachite green과 Leucomalachite green의 합을 malachite green으로 함
4	디에틸stil베스트롤(Diethylstilbestrol, DES) ◎ 잔류물의 정의 : Diethylstilbestrol
5	디메트리다졸(Dimetridazole) ◎ 잔류물의 정의 : Dimetridazole과 2-hydroxymethyl-1-methyl-5-nitroimidazole(HMMNI)의 합을 Dimetridazole로 함
6	클렌부테롤(Clenbuterol) ◎ 잔류물의 정의 : Clenbuterol
7	반코마이신(Vancomycin) ◎ 잔류물의 정의 : Vancomycin
8	클로르프로마진(Chlorpromazine) ◎ 잔류물의 정의 : Chlorpromazine
9	티오우라실(Thiouracil) ◎ 잔류물의 정의 : 2-thiouracil, 6-methyl-2-thiouracil, 6-propyl-2-thiouracil 및 6-phenyl-2-thiouracil의 합을 thiouracil로 함
10	콜치신(Colchicine) ◎ 잔류물의 정의 : Colchicine
11	피리메타민(Pyrimethamine) ◎ 잔류물의 정의 : Pyrimethamine
12	메드록시프로게스테론 아세테이트(Medroxyprogesterone acetate, MPA) ◎ 잔류물의 정의 : Medroxyprogesterone acetate
13	카바독스(Carbadox) ◎ 잔류물의 정의 : Quinoxaline-2- carboxylic acid (QCA)
14	답손(Dapsone) ◎ 잔류물의 정의 : Dapsone, monoacetyl dapson의 합을 dapsone으로 함
15	올라퀸독스(Olaquinox) ◎ 잔류물의 정의 : 3-methyl quinoxaline- 2-carboxylic acid (MQCA)
16	로니다졸(Ronidazole) ◎ 잔류물의 정의 : Ronidazole과 2-hydroxymethyl-1-methyl-5-nitroimidazole(HMMNI)의 합을 Ronidazole로 함
17	메트로니다졸(Metronidazole) ◎ 잔류물의 정의 : Metronidazole과 1-(2-hydroxyethyl)-2-hydroxymethyl-5-nitroimidazole(Metronidazole-OH)의 합을 Metronidazole로 함
18	이프로나다졸(Ipronidazole) ◎ 잔류물의 정의 : Ipronidazole과 1-methyl-2-(2'-hydroxyisopropyl)-5-nitroimidazole(ipronidazole-OH)의 합을 Ipronidazole로 함

\*주1. 축산물 및 동물성 수산물과 그 가공식품에 한한다.  
\*주2. 니트로푸라존의 대사물질인 세미카바자이드(semicarbazide, SEM)는 비가열 축산물 및 동물성 수산물(단순절단 포함, 갑각류 제외)의 가식부위에 한하여 적용한다.  
\*주3. 갑각류에 한해 적용한다.

<표 2> 동물용의약품 동시 다분석 항목

동물용의약품 물리·화학적 시험법		
축산물 중 동물용의약품 동시 다분석 항목	향균제 78종 동시 다분석	나프실린, 날리디스산, 노르플록사신, 노보비오신, 다노플록사신, 답손, 모노아세틸답손, 독시사이클린, 디클록사실린, 디플록사신, 락토파민, 로니다졸, 록시스트로마이신, 리팍시민, 링크마이신, 마보플록사신, 메트로니다졸, 발네몰린, 버지니아마이신, 벤질페니실린, 사라플록사신, 설파구아니딘, 설파독신, 설파디메톡신, 설파디아진, 설파메라진, 설파메타진, 설파메톡사졸, 설파메톡시피리다진, 설파모노메톡신, 설파퀴놀살린, 설파클로르피리다진, 설파클로로진, 설파티아졸, 설파페나졸, 설파속사졸, 세파졸린, 세파피린, 데스아세틸 세파피린, 세파렉신, 세팔로니움, 세포페라존, 세프퀴논, 세프티오퍼, 데스후로일 세프티오퍼, 스피라마이신, 시프로플록사신, 아목시실린, 암피실린, 에리스로마이신, 엔로플록사신, 오르메토프림, 오비플록사신, 오픈플록사신, 옥사실린, 옥소리산, 옥시테트라사이클린, 울레안도마이신, 조사마이신, 클렌부테롤, 클로람페니콜, 클로르테트라사이클린, 클룩사실린, 클린디마이신, 타이로신, 테트라사이클린, 플라스토마이신, 트리메토프림, 티아몰린, 티알페니콜, 틸다피로신, 틸리코신, 페플록사신, 플로르페니콜, 플로르페니콜아민, 플루메린, 올라퀸독스(MQCA, 3-methyl quinoxaline-2-carboxylic acid), 카바독스(QCA, quinoxaline-2-carboxylic acid)
	구충제 20종 동시 다분석	나클로사미드, 니트록시닐, 도라멕틴, 라폭사니드, 레바미졸, 모란텔, 목시멕틴, 비저오놀, 아버멕틴, 에마멕틴, 에프리노멕틴, 아버멕틴, 옥시클로자니드, 클로르셀론, 클로르플루아주론, 클로산텔, 피란텔, 프라지관텔, 플루아주론, 셀라멕틴*
	스테로이드성 항염증제 9종 동시 다분석	디클로페낙, 멜록시캄, 아세틸, 살리실산, 카프로렌, 케토프로렌, 톨페낙산, 파라세타몰, 페날부타존, 플루닉신
수산물 중 동물용의약품 동시 다분석 항목		날리디스산, 노르플록사신, 독시사이클린, 디플록사신, 링크마이신, 설파구아니딘, 설파독신, 설파디메톡신, 설파디아진, 설파메라진, 설파메타진, 설파메톡사졸, 설파메톡시피리다진, 설파모노메톡신, 설파퀴놀살린, 설파클로르피리다진, 설파클로로피리다진, 설파티아졸, 설파페나졸, 설파속사졸, 세파렉신, 세프티오퍼(ceftiofur), 데스후로일세프티오퍼, 스피라마이신, 시프로플록사신, 아목시실린, 암피실린, 에리스로마이신, 엔로플록사신, 오르메토프림, 오픈플록사신, 옥소리산, 옥시테트라사이클린, 조사마이신, 클로람페니콜, 클로르테트라사이클린, 클린디마이신, 카타사마이신, 테트라사이클린, 트리메토프림, 티아몰린, 티알페니콜, 페플록사신, 프라지관텔, 플로르페니콜, 플로르페니콜아민, 플루메린

**출처**

- 식품의약품안전처 잔류동물용의약품 분석법 실무해설서
- 식품의 기준 및 규격 일부개정고시\_식약처 고시 제2015-78호/제2016-064호/제2016-106호/제2016-154호/제2017-017호

# 식품 포장재 내 고분자 첨가제 등 유해성분 분석



EU Directive 2002/72/EC에 따르면, 식품과 접촉하는 포장재는 잠재적 유출가능한 성분을 시험해야 한다. 규제성분으로는 부타디엔과 같은 휘발성 유기화합물, 페놀과 같은 중간휘발성 유기화합물, 그리고 휘발되지 않는 화합물 등이 있다. 이러한 성분들을 분석하는 방법으로 휘발성 유기화합물의 경우, 헤드스페이스 샘플러(HSS)-기체 크로마토그래프(GC)가 사용된다. 중간휘발성 유기화합물과 휘발되지 않는 화합물은 다른 분석법을 이용해야 하고, 일부 성분들의 경우 액체 크로마토그래프(HPLC)가 사용된다. 하지만 일부 첨가제들은 완전한 무극성을 가지기도 하고, 분자량 또한 300 이상으로 매우 클 경우도 있다.

이러한 성분들의 분석에는 초임계 액체 크로마토그래피(SFC; Supercritical Fluid Chromatography)가 뛰어난 성능을 나타낼 수 있다. 나아가, UV 발색단을 포함하지 않는 성분들의 경우, 질량분석(MS) 기술이 필요할 수 있다. 본 자료에서는 식품 포장재에 사용되는 일반적인 고분자 첨가제를 SFC/MS를 통해 분석한 예를 소개하고자 한다.

## 표준물질 준비

서로 다른 종류의 일반적인 고분자 첨가제 6성분을 선택하여 메탄올에 녹여 50 µg/mL 농도로 준비하였다. 각 성분별 상세 정보는 <표 1>과 같다.

<표 1> 표준물질 성분별 상세정보

Name	Abbrev.	Formula	MW (g/mol)	Ion APCI (+)	Ion mass (-)	Ion APCI (-)	Ion mass
Diisodecyl Phthalate	DiDP	C <sub>20</sub> H <sub>38</sub> O <sub>4</sub>	446.66	M+H	447	N/A	N/A
Irganox 1010	I1010	C <sub>27</sub> H <sub>186</sub> O <sub>12</sub>	1177.67	M+H+NH <sub>3</sub>	1195	M-H	1176
Tinuvin 440	T440	C <sub>32</sub> H <sub>48</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	435.64	M+H	436	M-H	434
Tinuvin 234	T234	C <sub>33</sub> H <sub>23</sub> N <sub>2</sub> O	447.63	M+H	448	M-H	446
Erucamide	ERU	C <sub>22</sub> H <sub>42</sub> NO	337.58	M+H	338	N/A	N/A
Irgafos 168	I168	C <sub>17</sub> H <sub>35</sub> O <sub>2</sub> P	646.90	M+H	647	N/A	N/A

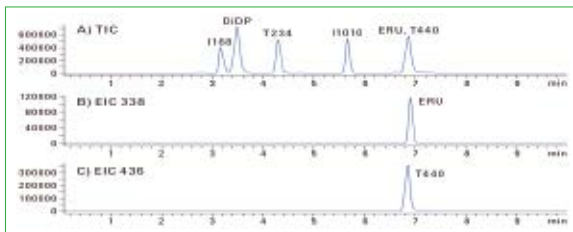
## 분석기기

본 실험에 사용된 분석기기는 Agilent사 1260 Infinity Analytical SFC 시스템이며, 검출기로는 Agilent사 6130 Single Quadrupole LC/MS를 사용하였다. 동일한 고정상을 가지는 순상컬럼 2개(Agilent ZORBAX RX-SIL; 4.6×250 mm, 5 µm)를 연결하여 총 컬럼길이를 50 cm로 하였다. 20 mM ammonium formate가 첨가된 메탄올을 modifier로 사용하였고, MS 검출방식은 APCI 이온화원을 통한 positive mode로 하였다.

## SFC-APCI-MS positive mode를 활용한 고분자 첨가제 분석결과

본 실험에 사용된 고분자 첨가제 6성분은 포장재 제조에 있어 각 공정별로 사용되는 대표적인 화학물질이다. Diisodecyl Phthalate는 가소제, Irgaphos 168은 안정제, Irganox 1010은 산화방지제, Tinuvin 234와 Tinuvin 440은 UV흡수제, Erucamide는 정전기/들러붙음 방지제로 각각 사용된다. SFC-APCI-MS positive mode를 활용한 고분자 첨가제 표준물질 분석은 <그림 1>에서와 같이 10분 내 우수한 분리능

을 나타내었다. 다만, Erucamide와 Tinuvin 440의 경우 크로마토그래피에서 분리되지 않았는데, 두 성분은 서로 다른 질량값을 가지기 때문에 <그림 1>의 (B)와 (C)에서와 같이 EIC(Extracted Ion Chromatogram)를 통해 분리할 수 있다. SFC/MS 분석의 재현성을 시험하기 위해 고분자 첨가제 표준물질을 6회 연속분석하였고, 그 결과를 <표 2>에 나타내었다. 피크머무름시간은 0.5% 이하의 재현성으로 매우 우수한 결과를 나타내었고, 피크면적은 5~10%의 재현성을 나타내었다.



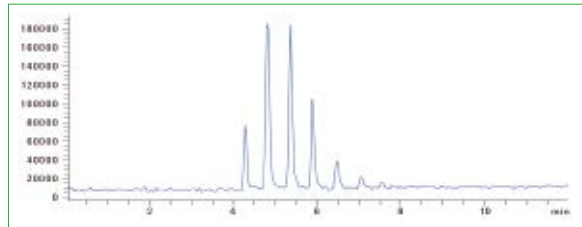
<그림 1> SFC-APCI(+)-MS를 활용한 고분자 첨가제 표준물질의 TIC(A)와 EIC(B, C)

<표 2> SFC-APCI(+)-MS를 활용한 고분자 첨가제 표준물질의 6회 반복분석 재현성

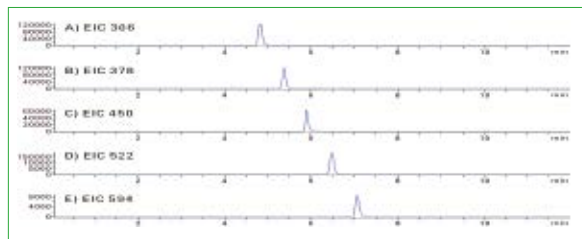
Ion	Retention time		Peak area	
	Average	% RSD	Average	% RSD
I168	647	3.168	1870000	9.62
DiNP	447	3.489	4995000	8.23
T234	448	4.296	3702500	8.08
I1010	1195	5.670	2417500	7.60
T440	436	6.832	2622500	8.00
ERU	338	6.899	599875	7.99

### 식품 포장재 추출 시료에 대한 스크리닝

식품 포장재로 사용되는 고분자 물질로부터 유출될 수 있는 유해성분 분석에 대한 SFC/MS 분석 가능성을 알아보기 위한 실험을 진행하였다. 식품 포장재로 사용되는 고분자 물질에 대한 시료전처리로는 우선 1.5 g의 시료를 20 mL 바이알에 넣는다. 바이알에 85/15 물/에탄올 10 mL를 넣고, 40 °C로 설정한 오븐에 24시간 방치한다. 이후 바이알에 담긴 시료를 꺼내고, 추출된 시료를 SFC/MS로 분석한다.



<그림 2> 물/에탄올로 추출한 고분자 물질의 SFC-APCI(+)-MS 분석 결과



<그림 3> 질량값 72 차이를 가지는 화학 동족체들의 EIC

SFC-APCI-MS positive mode로 분석한 TIC(Total Ion Chromatogram)은 <그림 2>와 같다. 첫번째 피크는 산화방지제로 알려진 성분 중 하나로 판명되었다. 두번째 이후 피크들의 질량값을 측정된 결과 306, 378, 450, 522, 594로 나타났으며, 각각의 EIC는 <그림 3>과 같다. 각 피크는 모두 질량값 72 차이를 가지고 있으며, 이는 대표적인 poly-THF 올리고머의 화학 동족체들인 것으로 해석될 수 있다(THF; Tetrahydrofuran, MW 72 g/mol).

### 결론

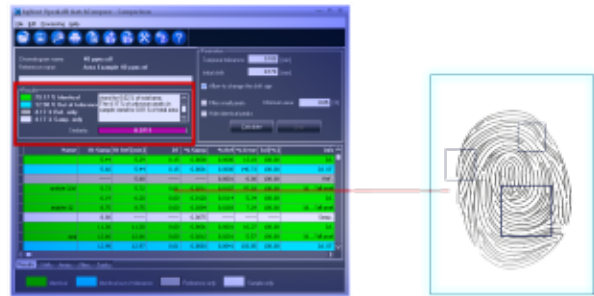
일반적으로 식품 포장재로 사용되는 고분자 물질의 추출물은 GC/MS 또는 HPLC/UV를 통해 분석할 수 있다. 하지만, 이러한 분석법들이 모든 유해성분들을 검출할 수 있는 것은 아니며, 특히 휘발성이 낮거나, UV 발색단을 가지고 있지 않은 성분들의 경우, 더욱 어려움을 겪게 된다. 본 자료에서는 Agilent 사 1260 Infinity SFC와 Agilent사 6130 Single Quadrupole LC/MS 시스템이 GC/MS 또는 HPLC/UV로 분석하기 어려운 성분들의 스크리닝 및 정량분석에 유용한 대안으로 활용될 수 있음을 보여주고 있다. 이를 통해 식품 포장재로부터 유출될 수 있는 고분자 첨가제 등 유해성분(일반적으로 분자량 200~1,500) 분석에 SFC/MS의 활용을 기대해 본다. 🌐

# 크로마토그램의 지문인식 소프트웨어

일반적으로 QA/QC를 담당하는 부서에서는 품질의 우수성 (quality)도 중요하지만 품질의 일관성(consistency) 또한 매우 중요하게 작용한다. 이는 제조공정상에 유입되는 원재료에도 적용되고, 생산완료된 완제품에도 모두 적용된다.

만약 원재료 및 완제품의 품질에 어떤 변화가 나타났다면 크로마토그래피 기술을 이용한 기기(기체 크로마토그래프/GC, 액체 크로마토그래프/LC) 분석 담당자들에게 어떤 질문이 쏟아질까? '어느 시료에서 문제가 일어난거야?', '어떤 성분이 문제인데?', '농도는 얼마나 되고?'. 이때 GC, LC 분석 담당자들이 가장 먼저 활용하는 방법은 문제가 나타난 시료의 크로마토그램 피크들과 일반적인 상황에서 얻어진 크로마토그램의 피크들을 서로 겹쳐 비교해 보는 것이다. 하지만 여기에도 어려움이 있다. 이러한 크로마토그램 피크대 피크 비교방법은 분석자의 경험과 전문성에 따라 약간은 주관적일 수 있으며, 소요되는 시간 또한 매우 오래 걸릴 수 있는 것이다.

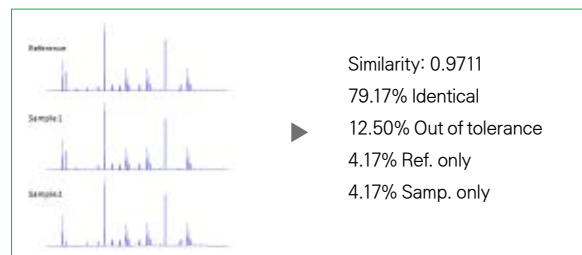
한 범죄사건 현장에서 얻어진 범죄자의 지문을 경찰 데이터베이스에 저장된 지문들과 비교 검색하여 범죄자를 찾듯, 크로마토그램들을 서로 비교하여 달라진 품질을 쉽게 인식할 수 있을까? 그렇다면 특정한 상황에서 얻어진 GC, LC 크로마토그램을 정상상태의 크로마토그램과 비교하여 어떤 성분이 얼마나 달라진 것인지를 자동으로, 객관적으로, 쉽게 비교분석할 수 있을 것이다. Agilent사 OpenLAB CDS MatchCompare는 자동화된 소프트웨어로 크로마토그램 피크대 피크



비교에 소요되는 시간을 획기적으로 단축할 수 있으며, 통계적 기법을 이용해 객관적인 수치로 비교분석 결과를 도출한다.

## 객관적인 크로마토그램 비교결과 도출

시료1과 시료2에서 얻어진 크로마토그램을 참고용 표준 크로마토그램과 비교분석하려면 기존에는 크로마토그램을 1:1로 하나씩 비교해야만 하였다. 하지만, Agilent사 OpenLAB CDS MatchCompare 소프트웨어를 이용하면 시료1에서 얻어진 크로마토그램과 참고용 표준크로마토그램, 시료2에서 얻어진 크로마토그램과 참고용 표준크로마토그램을 순차적으로 자동화하여 비교분석할 수 있다. <그림 1>은 Agilent사 OpenLAB MatchCompare 소프트웨어를 활용한 크로마토그램 비교분석 결과예로 오른쪽에 나타난 수치는 시료1에서 얻어진 크로마토그램과 참고용 표준크로마토그램을 비교분석한 정보이다.



<그림 1> MatchCompare 소프트웨어를 활용한 크로마토그램 비교분석 결과예

여기서 Similarity는 유사도로 소프트웨어 내 내부계산식을 통해 얻어진 두 크로마토그램의 유사성을 나타낸다. 정확히

일치하는 경우 1로 표기된다. % Identical은 두 크로마토그램에서 일치하는 피크 갯수의 %값을 나타낸다. 일치하는 피크 여부의 판단은 일반적으로 피크머무름시간과 면적값을 비교하여 일치여부를 결정한다. % Out of tolerance는 미리 설정한 피크면적값 에러범위를 벗어나는 피크 갯수의 %값을 나타낸다. % Ref. only는 참고용 표준크로마토그램에서만 나타나는 피크 갯수의 %값을 나타내며, % Samp. Only는 시료에서 얻어진 크로마토그램에서만 나타나는 피크 갯수의 %값을 나타낸다.

Agilent사 OpenLAB CDS MatchCompare 소프트웨어는 Agilent사 GC, LC를 제어하는 OpenLAB CDS ChemStation 또는 OpenLAB CDS EZChrom에 추가설치 가능하다. <그림 2>는 MatchCompare 소프트웨어가 설치된 화면으로 ChemStation 메뉴 내에 MatchCompare 메뉴가 새로 생성된 것을 볼 수 있다.



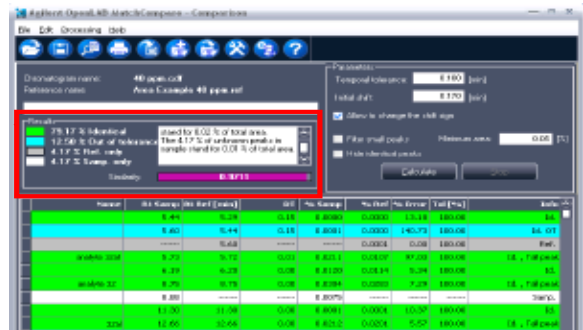
<그림 2> MatchCompare 소프트웨어가 설치된 ChemStation 메뉴 구성

크로마토그램의 비교분석은 MatchCompare 메뉴에 있는 'Compare current chromatogram'을 클릭함으로써 자동으로 진행된다. 분석결과는 앞서 설명한 정보와 함께 그래픽으로도 표현되어 쉽게 일치/불일치 정도를 인식할 수 있도록 도와준다.

### 크로마토그램 비교결과 종합

시료1에서 얻어진 크로마토그램과 참고용 표준크로마토그램을 피크대 피크로 비교분석함에 있어 각 피크별 상세결과 종합예를 <그림 3>에 나타내었다. 피크대 피크 상세비교분석 결과는 쉽게 인식할 수 있도록 4가지 색으로 표현된다. 초록색

으로 표시된 피크는 Identical을 의미하며, 해당피크가 두 크로마토그램에서 일치함을 나타낸다. 청록색으로 표시된 피크는 Identical out of tolerance를 의미하며, 해당피크가 두 크로마토그램에서 모두 나타나지만 오차허용범위를 넘어선 것을 의미한다. 회색으로 표시된 피크는 Reference only를 의미하며, 해당피크가 참고용 표준크로마토그램에서만 존재함을 의미한다. 흰색으로 표시된 피크는 반대로 Sample only를 의미하며, 해당피크가 시료의 크로마토그램에서만 존재함을 의미한다.



<그림 3> MatchCompare 소프트웨어를 활용한 피크대 피크 비교분석 결과예

한 식품업체에서 새로운 향료 첨가물 납품처와 계약을 하였다. QA/QC 실험실은 갑자기 바빠지기 시작했다. 천연향료라고 하는 이 원재료에 대한 품질을 확인해야 하기 때문이다. 일반적인 유해성분이 포함되어 있는지 여부도 분석해야 하고, 천연향료인지 인공향료인지도 확인해야 한다. 예전과 같으면 새로운 향료 첨가물 시료를 기체 크로마토그래피(GC) 또는 액체 크로마토그래피(LC)로 분석하고, 결과를 출력하여 기존에 실험실에서 분석한 몇 개의 참고용 표준크로마토그램들과 하나하나 눈으로 보면서 차이점을 찾아내려고 하였을 것이다.

Agilent사 OpenLAB CDS MatchCompare 소프트웨어는 동일한 작업을 자동화할 수 있으며, 손쉽게 시료의 크로마토그램과 참고용 표준크로마토그램의 유사도를 통계적 기법을 활용한 수치로 제공해 준다. 이는 비교분석 시간을 단축시켜줄 뿐만 아니라 객관적이고 정확한 비교분석 결과를 도출함으로써 실험실의 생산성과 분석결과의 전문성을 한층 높여줄 것이다. ●

# 식품 및 사료 중 잔류농약 분석에 JetClean을 적용하면?

## 서론

전세계적으로 농산물 경작에 사용되는 농약은 1,000 가지가 넘는다. 합리적인 가격의 식품을 수요에 맞게 공급하기 위해서는 농약을 사용할 수 밖에 없다. 결국 인체에 유해한 농약의 잔류량을 감시하고 제어하기 위해 전세계 식품 중 잔류농약의 모니터링이 필요하게 되었다. 그러나 이렇게 많은 종류의 농약을 모두 모니터링하는 것은 실로 어려운 일이다. 각 나라별로 주로 사용되는 수백 종의 농약에 대해 그 특성이 비슷한 그룹으로 분류하여 여러 번(4회 이상) 분석해야만 했다. 그러나 지금은 캐처스 (QuEChERS; Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, Safe) 전처리법과 삼중사중극자 질량분석기(QQQ or TQPl : Triple Quadrupole)를 활용하여 단 2회 분석을 통해 수 백 종의 농약을 분석하고 있다. 캐처스 전처리법을 통해 다양한 성분들을 한 번에 추출할 수 있지만 동시에 상당한 매트릭스도 함께 남겨지기 때문에 결과적으로 농약성분을 검출함에 있어 부정적인 영향을 끼칠 수 있게 된다. 이들 매트릭스 영향을 최소화하기 위해 시스템 유지보수 및 매트릭스에 매칭된 최적의 분석법 세팅에 많은 시간을 할애해야만 한다.

## 분석 방법 및 결과

### 전처리

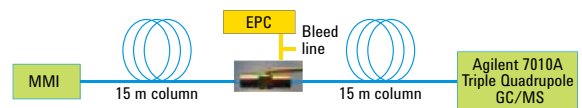
1. 유기농 꿀 시료 5 g에 물 5 mL와 세라믹 호머나이저 2 개를 넣고 볼텍싱(vortexing)
2. 아세토니트릴(ACN) 10 mL를 추가한 후 다시 2 분 동안 볼텍싱
3. QuEChERS EN 염(애질런트 제품 번호 5982-5650)을 첨가하고 수직 진탕기를 이용하여 2 분 동안 교반시킨 다음 5,000 rpm에서 5분간 원심 분리



4. 3번의 꿀 추출물 6 mL를 QuEChERS dSPE(애질런트 제품 번호 5982-5056)로 옮긴 후 2 분 간 추출하고 5,000 rpm에서 5 분 간 원심 분리

## 기기분석

1. Agilent 7693B 자동시료주입기가 장착된 Agilent 7890B GC /7010A Triple Quadrupole MS



<그림 1> PUU Backflush 모듈을 추가 구성하여 시료 매트릭스를 효과적으로 제거

<표 1> 7890 GC 분석 조건

<b>Injection port liner</b>	4-mm Ultra Inert liner with wool (애질런트 제품 번호 5190-2293)		
<b>Injection mode</b>	Hot-splitless		
<b>Injection volume</b>	1 uL		
<b>Inlet temperature</b>	280 °C		
<b>Carrier gas</b>	He, constant flow 1.00 mL/min (column 2 = 1.2 mL/min)		
<b>Oven program</b>		60 °C	1 min
	40 °C/min	120 °C	0 min
	5 °C/min	310 °C	0 min
<b>MS transfer line temperature</b>	280 °C		



〈표 2〉 PUU(Purged Ultimate Union) Backflush Settings

Timing	1.5 min during post-run
Oven temperature	310 °C
Aux EPC pressure	~50 psi
Inlet pressure	~2 psi

\* 백플러시 조건은 각각의 응용 및 분석법에 따라 최적화되어야 한다. 해당 매트릭스 및 분석법에서 최적화된 1.5분 간의 백플러시 시간이 다른 응용에서는 짧을 수도 있으므로 다른 응용분석 시에는 조정이 필요할 수 있다.

〈표 3〉 7010 MS/MS 분석 조건

Electron Energy	70 eV
Tune	Atunes.eihs.tune.xml
EM gain	10
MS1&MS2 resolution	Wide
Collision Cell	1.5 mL/min N <sub>2</sub> & 2.25 mL/min He
Quant/Qual transitions	Matrix-Optimized
Dwell times	Time Segment (TS) specific*
Source temperature	300 °C
Quad temperature	150 °C
JetClean	Acquire & Clean mode (0.13 mL/min H <sub>2</sub> )

\* 각각의 시간 구간(TS) 내에 포함되는 모든 dwell 값 (10 이상)은 5 scans/sec 이내의 스캔 속도를 얻기 위해 동일하게 맞추었다.

Scan	Retention Time	Mass	Target	My Target Compound List
1	1.0000	200.000	Target	
2	2.0000	113.000	Target	Create New Target List
3	3.0000	95.000	Target	
4	4.0000	95.000	Target	
5	5.0000	204.000	Target	Save Current Target List
6	6.0000	204.000	Target	
7	7.0000	183.000	Target	
8	8.0000	70.000	Target	Manage Target Lists
9	9.0000	200.000	Target	
10	10.0000	40.000	Target	
11	11.0000	158.000	Target	Add Compounds
12	12.0000	138.000	Target	
13	13.0000	738.000	Target	
14	14.0000	200.000	Target	
15	15.0000	385.000	Target	Inspect CAS Numbers
16	16.0000	200.000	Target	
17	17.0000	200.000	Target	
18	18.0000	113.000	Target	Build Inlet Table
19	19.0000	385.000	Target	
20	20.0000	113.000	Target	
21	21.0000	618.000	Target	
22	22.0000	113.000	Target	
23	23.0000	113.000	Target	
24	24.0000	300.000	Target	
25	25.0000	200.000	Target	
26	26.0000	200.000	Target	
27	27.0000	183.000	Target	
28	28.0000	183.000	Target	
29	29.0000	183.000	Target	
30	30.0000	183.000	Target	
31	31.0000	183.000	Target	
32	32.0000	183.000	Target	
33	33.0000	183.000	Target	
34	34.0000	183.000	Target	
35	35.0000	183.000	Target	
36	36.0000	183.000	Target	
37	37.0000	183.000	Target	
38	38.0000	183.000	Target	
39	39.0000	183.000	Target	
40	40.0000	183.000	Target	
41	41.0000	183.000	Target	
42	42.0000	183.000	Target	
43	43.0000	183.000	Target	
44	44.0000	183.000	Target	
45	45.0000	183.000	Target	
46	46.0000	183.000	Target	
47	47.0000	183.000	Target	
48	48.0000	183.000	Target	
49	49.0000	183.000	Target	
50	50.0000	183.000	Target	
51	51.0000	183.000	Target	
52	52.0000	183.000	Target	
53	53.0000	183.000	Target	
54	54.0000	183.000	Target	
55	55.0000	183.000	Target	
56	56.0000	183.000	Target	
57	57.0000	183.000	Target	
58	58.0000	183.000	Target	
59	59.0000	183.000	Target	
60	60.0000	183.000	Target	
61	61.0000	183.000	Target	
62	62.0000	183.000	Target	
63	63.0000	183.000	Target	
64	64.0000	183.000	Target	
65	65.0000	183.000	Target	
66	66.0000	183.000	Target	
67	67.0000	183.000	Target	
68	68.0000	183.000	Target	
69	69.0000	183.000	Target	
70	70.0000	183.000	Target	
71	71.0000	183.000	Target	
72	72.0000	183.000	Target	
73	73.0000	183.000	Target	
74	74.0000	183.000	Target	
75	75.0000	183.000	Target	
76	76.0000	183.000	Target	
77	77.0000	183.000	Target	
78	78.0000	183.000	Target	
79	79.0000	183.000	Target	
80	80.0000	183.000	Target	
81	81.0000	183.000	Target	
82	82.0000	183.000	Target	
83	83.0000	183.000	Target	
84	84.0000	183.000	Target	
85	85.0000	183.000	Target	
86	86.0000	183.000	Target	
87	87.0000	183.000	Target	
88	88.0000	183.000	Target	
89	89.0000	183.000	Target	
90	90.0000	183.000	Target	
91	91.0000	183.000	Target	
92	92.0000	183.000	Target	
93	93.0000	183.000	Target	
94	94.0000	183.000	Target	
95	95.0000	183.000	Target	
96	96.0000	183.000	Target	
97	97.0000	183.000	Target	
98	98.0000	183.000	Target	
99	99.0000	183.000	Target	
100	100.0000	183.000	Target	

〈그림 2〉 Agilent Pesticide &amp; Environmental Pollutant MRM Enhanced Database에서 추출한 분석대상 잔류농약 목록 195 중 중 상당 부분을 캡처한 화면

MS/MS 분석 시, 표준물에서는 최적의 조건으로 사용할 수 있는 이온전환 조건(Transition)이지만 시료에서는 시료가 지니는 고유의 매트릭스 영향 때문에 검출해야 할 이온의 비율이 달라지는 등 제대로 된 결과를 도출하지 못하는 경우가 종종 발생한다. 따라서 시료의 매트릭스 영향을 받지 않는 차선의 이온전환 조건으로 대체해야만 정확한 분석 결과를 얻을 수 있다.

에질런트는 1,000 종이 넘는 농약 및 기타 환경오염물질에 대한 MRM 데이터베이스를 구축하고 있다. 이 데이터베이스에는 각각의 화합물 분석을 위한 이온전환 조건을 최고 8개까지 확보하고 있어 다양한 매트릭스 효과를 최소화할 수 있는 MS/MS 분석법을 세팅하기 위한 최상의 조건을 갖추고 있다.

그리고 이들 데이터베이스에서 필요한 화합물의 필요한 이온전환 조건에 대해서만 필터하면 이를 바로 분석법으로 전환하여 즉시 분석에 적용할 수 있어 매우 편리하다.

## JetClean의 활용

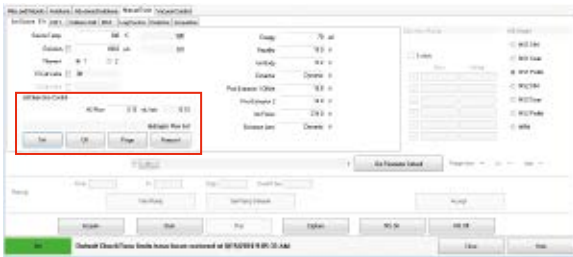
에질런트만의 특허 기술로서 이온화원 세척을 자동으로 실행해 준다. GC/MS에 JetClean을 장착하면 분석자가 수동으로 직접 해야 하는 이온화원 세척 횟수를 획기적으로 줄이면서 동시에 더욱 오랫동안 감도 및 재현성을 잃지 않는 한결 같은 분석 결과를 얻을 수 있다. 적정 유량( $\mu\text{L}/\text{min}$ )의 수소가스를 이온화원 내부로 흘려줌으로써 이온화원의 렌즈 및 기타 부품의 표면을 청소하는 조건으로 만들어 줄 수 있는 것이다. 이렇게 아주 간단한 원리를 이용한 이온화원 자동세척 기능은 에질런트만이 제공할 수 있다.

JetClean은 두 가지 모드로 작동할 수 있다.

- Acquire and Clean (온라인) 모드 : 분석 중에 H<sub>2</sub>가 계속 주입되며 세척과 분석을 동시에 진행한다.
- Clean Only (오프라인) 모드 : 분석이 끝난 뒤 수동으로 또는 시퀀스를 통해 H<sub>2</sub>가 도입되며 세척모드를 진행한다.

또한 Agilent MassHunter 소프트웨어를 통해 간단히 설정하여 사용할 수 있다(〈그림 3〉~〈그림 5〉).

그리고 온라인 모드를 통해 식품 중 잔류농약 분석과 이온화원 세척을 동시에 진행할 수 있다. 이렇게 GC-QQQ를 이용한 잔류농약 분석에 JetClean을 활용하면 분석이 진행되는 내내 이온화원이 깨끗하게 유지되므로 질량분석기의 유지보수 없이 오랫동안 안정적인 잔류농약 검출 환경을 유지할 수 있게 된다.



〈그림 3〉 JetClean의 H<sub>2</sub> 가스 유량을 세팅하는 Agilent MassHunter 소프트웨어 화면



〈그림 4〉 GC-QQQ 분석법 세팅 화면 상에서 JetClean 활용 여부를 설정하는 화면



〈그림 5〉 GC-QQQ 분석법 세팅 화면 상에서 JetClean 활용 조건을 확인하는 화면

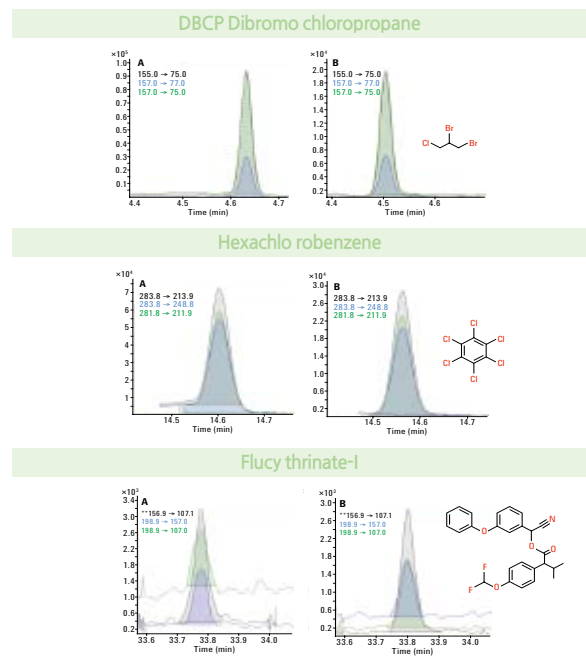
## 데이터

2.5 ppb 또는 그 이하의 농도가 되도록 농약 170 여 종을 유기농 꿀에 첨가하고 캐처스로 전처리한 시료를 JetClean을 사용하지 않는 GC-QQQ와 사용한 GC-QQQ로 분석하였다. JetClean을 사용하면 비교적 나중에 나오는 고분자량 성분들에 있어 특히 더 좋은 피크 모양과 베이스라인을 띄는 것을 확인할 수 있다(그림 6). 또한 〈그림 7〉 및 〈그림 8〉은 분석된 170 여 종의 농약성분 중 대표적인 성분에 대한 방법검출한계(MDL, Method Detection Limit)와 재현성(%RSD) 값을 나타낸다. 이들 잔류농약의 검량선의 농도범위는 대부분이 0.12 ppb~50 ppb이며, 이 중 간혹 최저 농도 수준인 0.12 ppb를 포함하지 못한 경우도 있었다.

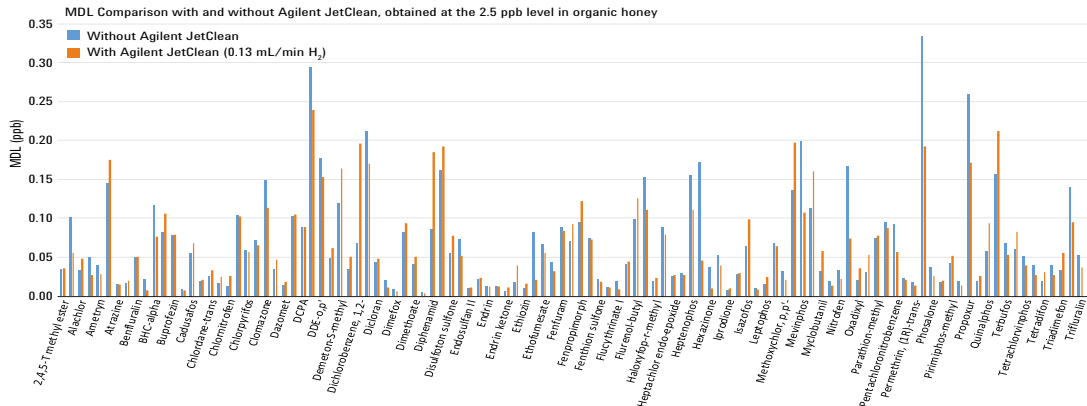
JetClean(0.13 mL/min H<sub>2</sub>) 사용 여부와 관계없이 R<sup>2</sup> 값은 매우 비슷하였다.

MDL은 유기농 꿀 추출물 중 2.5 ppb 농도로 조제된 시료를 10회 반복 분석하고 99% 신뢰수준에 대하여 통계적으로 계산하였다. JetClean (0.13 mL/min H<sub>2</sub>)을 사용하였을 때 대부분의 분석 성분에 대해서 사용하지 않았을 때보다 더 낮은 MDL을 얻을 수 있었다. JetClean (0.13 mL/min H<sub>2</sub>)을 사용하지 않은 경우에는 평균 0.170 ppb, 사용한 경우에는 평균 0.147 ppb 였다. 이와 같이 JetClean을 이용하여 분석 및 이온화원 자동 세척을 함께 진행하였을 때 전반적인 분석 결과가 향상되는 것으로 나타났다. 경우에 따라 감도가 살짝 감소하는 현상도 보이지만 성분에 대한 정성 및 정량적 확인에 방해가 되는 정도는 아닌 것으로 확인되었다.

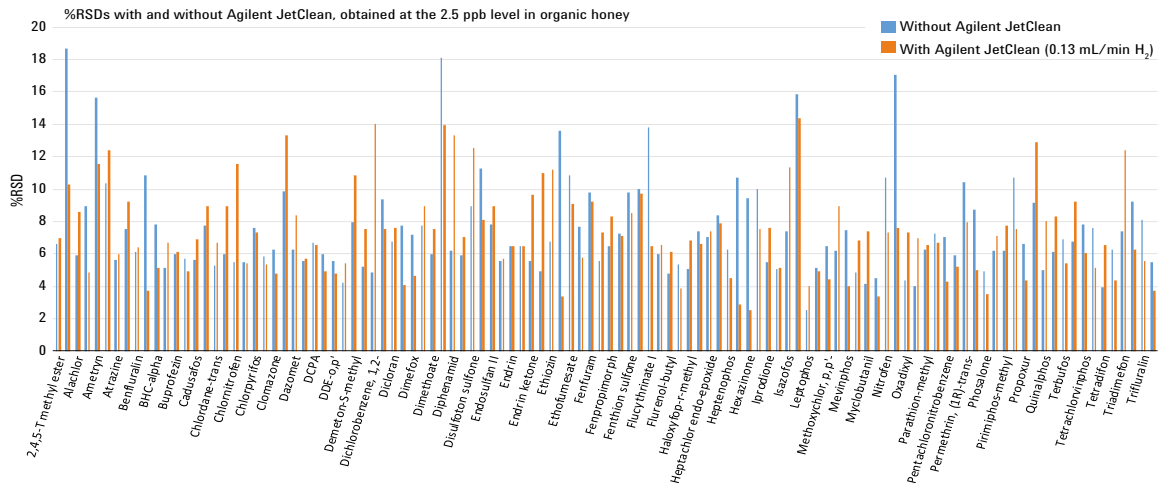
R<sup>2</sup> 값과 마찬가지로 잔류농약 2.5 ppb인 유기농 꿀 시료의 반복측정 결과인 % RSD 역시 JetClean (0.13 mL/min H<sub>2</sub>)을 사용 유무와 관계없이 매우 비슷한 것으로 나타났다(그림 8).



〈그림 6〉 유기농 꿀이라는 시료의 매트릭스를 고려하여 모든 목적성분에 대한 최적의 MRM 조건으로 분석하였다. 전체 크로마토그램 중 초/중/후반에 용출되는 각각의 농약 성분들에 대해 JetClean을 사용하지 않았을 때의 피크(A)와 사용했을 때의 피크(B)를 비교하였다.



〈그림 7〉 유기농 꿀 중 2.5 ppb 수준의 잔류농약 분석 데이터의 MDL을 비교한 그래프. 평균적으로 JetClean을 활용하였을 때 더 낮은 MDL을 나타내었다.



〈그림 8〉 유기농 꿀 중 2.5 ppb 수준의 잔류농약 분석 데이터의 % RSD를 비교한 그래프. JetClean의 활용 유무에 관계없이 비슷한 수준을 나타내었다.

## 결론

분석 도중 미량의 수소를 도입하여 분석과 이온화원 세척을 동시에 진행하는 온라인 모드를 사용하여 유기농 꿀에 첨가한 170 여종의 농약을 Agilent GC-QQQ로 분석하였다.

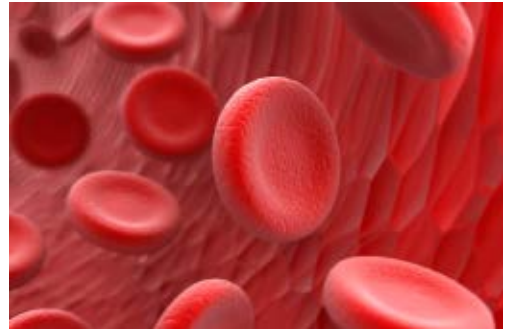
JetClean을 활용하면 수동으로 진행하는 이온화원 세척 횟수를 기존보다 80% 이상 감소시킬 수 있으며 동시에 크로마토그램 상의 피크 모양 및 베이스라인 안정성을 향상시킬 수 있다. 데이터 향상의 효과는 특히 크로마토그램 상 후반부에 용출되는 비교적 고분자량 화합물에 대해서 더욱 크게 나타난다. 또한 JetClean을 사용하였을 때 유기농 꿀 중 3 ppb 이하 (1.25 pg or 2.5 pg)의 극미량 잔류농약 분석 데이터에서 도출

된  $R^2$ , % RSD, MDL 모두 JetClean을 사용하지 않는 경우의 데이터와 비교할 때 비슷하거나 더 좋은 결과를 나타내었다.

식품 등의 잔류농약을 분석할 때 JetClean을 활용하면 데이터 성능은 그대로 유지하면서 질량분석기의 유지보수는 획기적으로 줄일 수 있어 분석업무의 효율을 극대화할 수 있을 것으로 사료된다.

**식품 및 사료 중 잔류농약 분석에 JetClean을 적용하면? 이온화원 세척을 언제 했는지, 어떻게 했는지 까 먹을 수 있습니다.** 🍯

# HbA1c(Hemoglobin A1c) 분석적, 임상적 양상



〈그림 1〉 당화혈색소(HbA1c) 묘사  
(출처 : Biological model 5월 31일판)

당화혈색소(glycated, glycosylated hemoglobin)란 두 단계를 거쳐 산소를 운반하는 적혈구의 헤모글로빈 분자에 포도당이 비효소적으로 결합한 것

이다. 첫 번째 단계는 불안정한 알디민(unstable aldime = labile A1c, pre-A1c)이 형성되는 단계인데, 글루코즈 카보닐기(glucose carbonyl)와 헤모글로빈 베타 사슬의 N-terminal valine과의 가역적 반응이다.

불안정한 A1c 중 일부는 아마도리 재배열과정을 거쳐서 안정적인 케토아민(ketoamine = stable HbA1c)으로 전환된다. 적혈구는 약 120일이라는 일정기간이 지나면 새로운 적혈구로 바뀌기 때문에 당화혈색소는 대체로 2~3개월 동안의 장기적인 혈당치를 나타내게 된다.

당화혈색소 검사는 오래전부터 당뇨병 환자의 혈당관리가 제대로 되고 있는지를 확인하는데 주로 이용되어 왔다. 공복혈당 검사는 공복상태에서만 가능하고, 검사수치가 통증이나 감염 등 다른 요인들에 의해 달라질 수 있으나 당화혈색소는 공복이 필요없어 아무때나 할 수 있으며, 검사결과에 영향을 미칠 수 있는 변수도 매우 적다.

당화혈색소(glycated Hb)이라 함은 통상적으로 Hemoglobin A1c(HbA1c, A1c, HbA1c)를 의미한다.

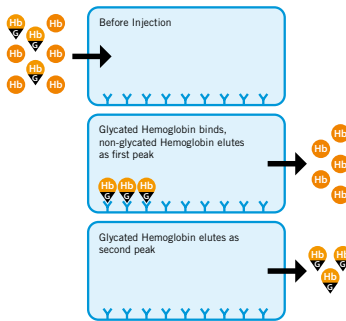
## HbA1c 측정법과 원리분석적 양상

진단검사의학과 검사실에서 시행하는 HbA1c 측정법으로는 이온교환 고성능 액체 크로마토그래피법(ion-exchange high-performance liquid chromatography), 면역측정법(immunoassay), 보로네이트 친화 크로마토그래피법(boronated affinity HPLC), 전기영동법(capillary electrophoresis) 등이 있다.

면역분석법은 대부분 혈색소 베타 사슬(Hb  $\beta$  chain)의 N-terminal glycosylated amino acids 구조를 인식하는 항체를 사용한다. 이온교환 HPLC는 HbA1c와 다른 혈색소 간의 전위차에 따른 분리기술을 이용한 것이다. 반면 보로네이트 친화력 HPLC는 m-aminophenyl boronic acid가 혈색소에 결합된 당의 cis-diol기와 반응하는 성질을 이용한 것으로 측정의 간섭요소의 변이형 혈색소(Hb variants)의 영향을 받지 않는다. 효소측정법은 N-terminal valine을 끊어주는 효소를 사용하여 HbA1c를 측정한다.

## HbA1c 측정에 영향을 주는 요인

Hbs, Hbc, HbF, HbE 같은 특정 혈색소는 HbA1c 측정값을 교란시킬 수 있다. 최근 사용되는 측정법은 혼한 헤모글로빈 이상을 교정할 수 있는데, 보로네이트 친화력 HPLC 분석법이 혈색소 성향에 가장 영향을 적게 받는 것으로 알려져 있다. 적혈구 교체율을 변화시킬 수 있는 조건, 즉 용혈성빈혈, 만성말라리아, 출혈, 수혈 등은 적혈구 수명이 단축되면서 분석법과 무관하게 HbA1c값을 낮추게 된다.



〈그림 2〉 Boronate Affinity HPLC

반대로 비장적출, 재생불량성빈혈처럼 적혈구 수명이 증가하는 경우는 혈당 농도와 무관하게 HbA1c 농도가 증가할 수 있다. 철결핍성빈혈 또한 HbA1c를 1~1.5% 높일 수 있으며, 이는 철분 치료 후 정상화되는 것으로 보고 되었다. 드물지만, 고용량의 아스피린, 비타민 C, E 등도 HbA1c 측정에 영향을 줄 수 있다. 따라서 HbA1c를 진단기준으로 사용할 때에는 여러가지 제한점을 고려할 필요가 있다. 많은 당뇨병 환자에서 만성 신부전이 발생하는데, 당뇨 조절에 HbA1c 결과치는 다양한 요인들에 의해 좌우되므로 주의깊게 다루어져야 한다.

### HbA1c 검사 : 당뇨병 및 뇌졸중과 같은 심혈관질환 위험도까지 예측 가능


MEJM(New England Journal of Medicine)에서는 2~3개월 간의 장기 혈당을 나타내는 당화혈색소 검사가 공복혈당검사보다 당뇨병 위험을 더 정확히 평가 진단하고, 나아가서는 심장병과 뇌졸중 등 심혈관질환의 위험까지 예측할 수 있다는 연구결과를 발표하였다.

미국 존스홉킨스 보건대학원의 엘리자베스 셀빈(Elizabeth Selvin) 박사는 지역사회 “동맥경화 위험도(Atherosclerosis Risk in Communities, ARIC)” 조사에 참가한 성인 1만 1천 92명의 15년간 자료를 바탕으로 HbA1c와 당뇨병 진단 기준의 타당성, 심혈관질환과의 연관성 등을 종합하여 분석한 결과, 이 같은 사실을 확인하였다.

연구팀은 당화혈색소(HbA1c) 수치가 5.0% 미만, 5.0~5.5%, 5.5~6.0%, 6.0~6.5%, 6.5% 이상의 5단계로 나누어 비교한 결과, 당뇨병의 위험비는 각각 0.52, 1.00(기준), 1.86, 4.48, 16.47이었다. 그리고 HbA1c 5.0~5.5%의 위험비를 1.0으로 했을 때 앞으로 관상동맥질환(심장병)이 발생할 가능성

은 HbA1c 수치가 가장 낮은 그룹이 0.96, 가장 높은 그룹이 1.95로 나타났다. 뇌졸중 위험비는 HbA1c 5.0% 이하가 1.06, 6.5% 이상은 3.16이었고, 원인에 관계 없이 사망으로 이어질 위험비는 A1c 수치가 가장 낮은 그룹이 1.48, 가장 높은 그룹이 1.65로 나타났다.

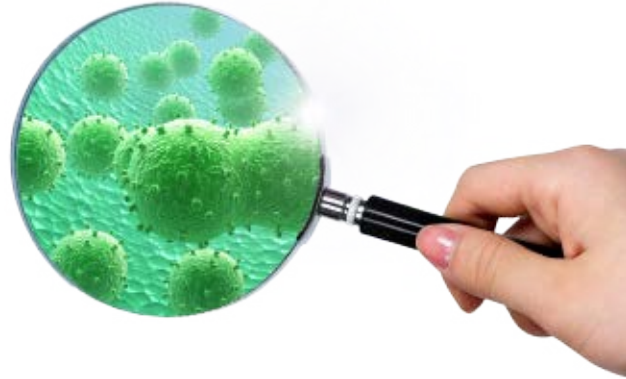
### Trinity Biotech사 Premier Hb9210™

Trinity Biotech사의 Premier Hb9210™ HbA1c 분석기는 보로네이트 친화성 크로마토그래피 방법을 이용한 HPLC 장비로 이온 크로마토그래피의 단점을 줄이고, HPLC의 속도를 갖는 새로운 당화혈색소 분석기이다. 



〈그림 3〉 Trinity Biotech사 Premier Hb9210™ (당화혈색소 분석기)

# 식중독 균과 바실러스 균주 동정을 위한 지방산 조성 분석



## 서론

1963년, Able et al.과 Kaneda는 '기체 크로마토그래피로 분석한 지방산 메틸에스테르(Fatty Acid Methyl Esters, FAMES)는 미생물 동정에 활용될 수 있다.'고 발표했다. 그 이후 연구들은 미생물의 분류와 동정을 위한 방법으로 세포막의 지방산 분석이 확립될 수 있게 도와주는 역할을 하였다. 지방산 분석은 호기성으로 내생 포자를 형성하는 바실러스 균주의 분류학 연구에 사용되었다.

*Bacillus anthracis*와 *Bacillus cereus*는 유전형 또는 표면적으로 구분짓기 어려운 병원성균으로 서로 밀접하게 연관되어 있다. 바실러스 균주의 생장 그리고 포자형성은 형태학상으로 그리고 화학적으로 구분되지만 특정 화학마커들로 그 종들을 분류하는 방법이 최근에 소개되었다.

GC/MSD를 활용한 Fox et al. 논문은 *B. anthracis*와 *B. cereus*의 영양 세포와 포자는 확연히 구분되는 탄화수소 양상을 띄고 있음을 보여준다. *B. cereus*는 galactosamine을 포함하고 있으나 *B. anthracis*는 높은 함량의 galactose를 포함하고 galactosamine은 포함하고 있지 않다. 포자는 영양세포와 비교했을 때 고유의 탄화수소 양상을 보였다. *B. anthracis* 포자 성분은 단지 rhamnose를 포함하고 있으나 *B. cereus* 포자는 rhamnose와 fucose를 포함한다.

포자와 영양세포는 기체-액체 크로마토그래피(Gas-Liquid Chromatography, GLC)로 지방산 조성을 얻기 위해 원유(raw milk)로부터 분리한 *Bacillus licheniformis*를 번식시켜 채취한다. 또한 15개 미생물의 FAME 프로파일은 GC와 질량 분석기(Mass Spectrometric)를 사용하여 연구되어진다. 진동 분광학과 같은 분석화학적 방법과 모세관 GC와 불꽃이온화검출기(FID)는 미생물과 포자 동정에 성공적으로 적용되었다. 최근에, 적외선 스펙트럼은 식중독 균주를 동정하는데 사용되고 있다.

MIDI사의 자동화 시스템은 미생물의 FAME 프로파일 데이터베이스와 패턴 인식 소프트웨어를 기반으로 하여 미생물을 동정한다.

본 연구에서 미국의학협회(American Medical Association, AMA), 질병 통제 예방센터(Centers for Disease Control and Prevention, CDC), 미국 식품의약국(U.S. Food and Drug Administration, FDA), 미국 농무부의 식품안전검사국(Food Safety and Inspection Service)이 준수하는 주요 식중독균주의 전체 세포의 지방산 조성을 GC/FID로 분석하였다.

## 분석방법

### 표준 미생물과 성장조건

AMA, CDC, FDA와 미국 농무부에서 준수하는 식중독 질병 표로부터 선택된 14개의 미생물과 *B. anthracis*를 포함한 15개 미생물을 <표 1>에 나타내었다.

<표 1> GC 분석에 활용된 미생물 목록

미생물	표준균주
<i>E. coli</i> <sup>®</sup> O157:H7	933W
<i>E. coli</i> O157:H7	933J
<i>E. coli</i> O157:H7	1639-78
<i>E. coli</i> 153:H2	393
<i>E. coli</i> O-:H11	402
<i>V. cholerae</i>	2194C
<i>V. parahaemolyticus</i>	4037
<i>V. vulnificus</i>	C7684
<i>L. monocytogenes</i>	ScottA
<i>B. anthracis</i>	Sterne
<i>Y. enterocolitica</i>	289
<i>B. cereus</i>	ATCC 700282
<i>S. aureus</i>	ATCC 19095
<i>S. typhimurium</i>	DT104
<i>S. sonnei</i>	20143

<sup>®</sup> 모든 *E. coli* 균주는 장출혈성이다.

모든 미생물들은 뇌-심근침출(Brain-Heart Infusion, BHI) 배지에서 자라고 냉동된 상태에서부터 시작된다. 성장 배지는 증류수 1당 52 g BHI agar/L, pH 7.0으로 준비한다. *Vibrio vulnificus*의 경우, 배지는 NaCl 1%를 첨가하여 준비했다. 배지 20 mL를 각 100 mm Petri plate에 담아 모든 미생물들을  $35 \pm 1$  °C 온도 조건에서 24시간 배양했다.

*B. anthracis*와 *B. cereus*는 포자형성을 유도하기 위해 Schaefer's 포자형성 배지에 접종했다. 배양균은 회전식 웨이커를 이용하여 24시간  $35 \pm 1$  °C에서 공기를 통하게 하고, 배양은 흔들지 않고 추가 24시간 동안  $35 \pm 1$  °C에서 계속 진행된다. 미생물 포자는 원심분리에 의해 채취되고 세포 잔해 제거를 위해 대략 20번 정도 50 mL 증류수로 세척한다. 포자의 순도는 습식 현미경 실험에 의해 확인하고 영양 세포 또는 세포 잔해가 검출되지 않을 때까지 진행했다.

### 전처리 과정과 GC 분석

멸균된 일회용 나무막대를 사용하여 미생물 세포의 40~50 mg을 배양접시로부터 채취하여 13 mm x 100 mm 멸균튜브에 담는다. 그리고 저울로 그 무게를 잰다. 대략 40~50 mg의 순수 포자가 멸균튜브에 담겨진다. 지방산을 비누화하기 위해 3.75 N 농도의 NaOH(1:1, methanol:distillation water) 1 mL가 미생물 또는 포자를 포함하고 있는 각 튜브에 첨가된다. 그 튜브는 끓는물 수조에서 5분 동안 열처리, 불텍싱시키고, 끓는물 수조에서 추가 30분 동안 열처리 시킨다. 그리고 나서 수돗물로 튜브의 열을 식혀준다. 3.25 N 농도의 HCl(1:1.18, methanol : 6N HCl) 2 mL을 지방산의 메틸화를 목적으로 첨가하고 튜브는 80 °C에서 10분 동안 열처리된다. 튜브를 식히고 나서 FAMES는 1:1 hexane:methyl *tert*-butyl ether 1.25 mL를 추가함으로써 추출되어진다. 아래 층을 피펫팅하여, 0.3 N 농도의 NaOH 3.0 mL(염기 세척액)를 유기 층에 첨가하고 추가로 5분 동안 흔들어 주면 유기 층이 제거되어 GC 분석이 가능한 상태가 된다.

미생물과 포자시료 내에 지방산의 상대적인 함량과 전체 지방산의 함량을 확인하기 위해 FAMES는 MIDI사 소프트웨어 (MIS, MIDI Inc., Newark, DE)와 GC를 사용하여 FAMES를 분석하였다. 본 연구에서 GC는 Agilent사 7890(검출기: FID)모델로 지방산 분리를 위해 사용되었다. GC 분석조건은 <표 2>와 같다.

<표 2> GC 분석조건

분석컬럼	25 m x 0.2 mm cross-linked 5% phenylmethyl silicone fused silica capillary column
오븐조건	170°C to 260°C at 5°C/min, 310°C at 40°C/min for 1min
이동상가스	H <sub>2</sub> at 0.4 mL/min

Calibration Standard 1을 사용하여 매 분석마다 처음 두번 주입은 보정 분석하고, 매 11번째 시료 주입 후 자동적으로 재분석되었다. FAME 표준물질과 GC/MSD는 피크 명명하는 데에 사용되었다.

### 전자 현미경법

30시간 동안 37 °C에 50 mg Mn/L가 포함된 BHI 배지에서 배양된 *B. anthracis*와 *B. cereus* 시료는 4% paraformaldehyde, 1% glutaraldehyde와 0.1 M sodium cacodylate (pH 7.2)를 포함한 정착액에 4 °C에서 15시간 동안 담근다. 그 후 그 시료는 차가운 0.1 M cacodylate 완충액에서 3번 정도 세척하고 0.1 M sodium cacodylate 완충액에 osmium tetroxide 1%를 녹인 용액에 15시간 동안 정치시킨다.

시료는 탈수되고, spur low-viscosity epoxy 배지에 넣고 24시간 동안 60 °C에서 열처리시킴으로써 중합시켰다. 표본의 얇은 막을 2% uranyl acetate와 lead citrate를 사용하여 이중 염색하였다. 그 부분은 Zeiss 혈구 EM10 전자 현미경을 사용하여 검사하였다.

### 통계 분석

미생물 간 지방산 차이는 분산분석(ANOVA)에 의해 평가되었다. Duncan 다중 비교법은 다양한 미생물에 대해 상당한 차이가 있는 지방산의 평균을 구별하는 데 사용되었다. 그 값들은 그들의 표준편차와 함께 평균으로 나타내진다.

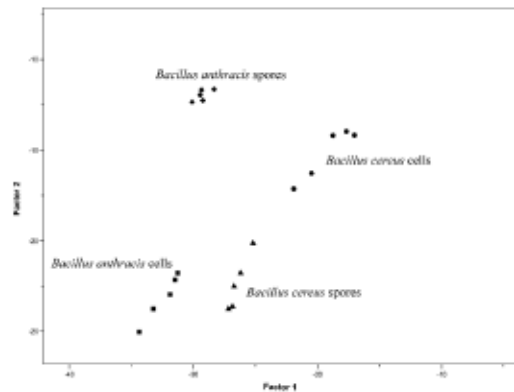
데이터 분석과 군집 결정은 PIRouETTE 3.0 소프트웨어를 이용하여 주성분분석(PCA)에 의해 수행되었다. 데이터는 엑셀 스프레드 시트로 작성되어 각각의 미생물 시료가 한 행으로 구성되고 각 변수(지방산의 상대농도)가 컬럼으로 구성된 데이터 매트릭스로서 PIRouETTE로 불러왔다. 각 시료는 각 지방산 농도를 기준으로 다변량 공간에서 한 지점으로 나타낸다.

### 결과 및 토의

현재 식품안전과 안보에 대한 중요성이 증대됨에 따라 미생물 세포의 화학성분의 GLC-FID 분석은 신속한 검출과 동정에 대한 유용한 정보를 제공해 왔다. 본 연구에서 <표 1>에 소개된 미생물은 배양이 까다로운 미생물을 채취하기 위한 목적으로 영양이 풍부한 BHI 배지에서 자랐다. 포자들은 Schaeffer's 포자형성 배지에 *B. anthracis*와 *B. cereus* 접종함

으로써 형성되었다. 이 연구에서 전체 미생물 세포와 포자로부터 지방산을 추출하여 메틸에스테르화로 유도체화시켰다. 그 다음에 GC/FID를 이용하여 FAMES를 동정하고 정량분석했다.

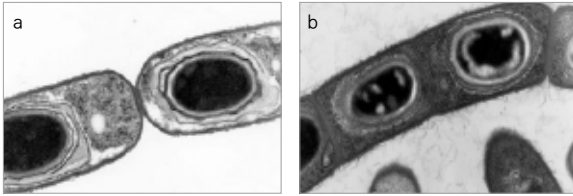
*B. anthracis*와 *B. cereus* 세포의 지방산 조성은 본 연구에서 분석한 미생물 그룹 중 iso 17:1 ω10c와 17:1 anteiso로 일관된 두 지방산 조성이 있으며 이는 이들 중에 대해 유일무이한 지방산 성분으로 보인다. Iso 17:1 ω10c는 *B. cereus* 영양세포와 포자 내에 존재하지만 *B. anthracis* 세포 또는 *B. anthracis* 포자 둘중 하나에는 발견되지 않았다. 반면, 17:1 anteiso 지방산은 *B. anthracis* 세포에 존재하지만 *B. cereus* 세포 내에는 존재하지 않는다. 또한, 16:0 2OH와 17:0 iso 3OH로 구성된 지방산 프로파일이 *B. anthracis*와 *B. cereus* 포자 내에서 나타나지만 영양세포내에서는 발견되지 않았다(표 3). <그림 1>에서 보는 것과 같이, *B. anthracis* 영양세포, *B. cereus* 영양세포, *B. anthracis* 포자와 *B. cereus* 포자는 영양세포와 포자의 군집을 보여준다.



<그림 1> *B. anthracis*와 *B. cereus*의 영양세포와 포자 지방산 군집(주성분 분석)

이러한 분석은 *B. anthracis*와 *B. cereus* 세포는 BHI 배지에서 자랄 때 쉽게 확인되고 다른 미생물과 구별할 수 있음을 보여주기 때문에 중요하다. 또한, *B. anthracis* 포자와 *B. cereus* 포자는 지방산 데이터를 기반으로 확인/구분이 가능하다. *B. anthracis*는 포자가 발아하지 않고도 직접 확인할 수 있기 때문에 특히 중요하다.





〈그림 2〉 (a) 긴 사슬형태로 자라고 포자가 발달한 *B. cereus* 세포 (x40000)  
(b) 긴 사슬형태로 자라고 포자가 발달한 *B. anthracis* 세포 (x40000)

*B. anthracis*와 *B. cereus* 세포를 비교할 때 *B. anthracis*와 *B. cereus*의 포자 또한 13:0, 15:0, 17:1과 17:0으로 이루어진 anteiso 지방산 조성이 높다. *B. anthracis* 포자는 *B. cereus* 포자와 비교했을 때 15:0, 17:1과 17:0로 이루어진 anteiso 지방산의 상당히 높은 비율을 차지한다. 전체 iso 지방산을 비교했을 때, *B. anthracis*와 *B. cereus* 영양세포는 그에 부합하는 포자보다 다소 높은 비율을 포함한다. 매우 높은 비율을 차지하는 주요 두 가지 지방산은 15:0 iso와 17:0 iso이며, 이 성분들은 *B. anthracis*와 *B. cereus* 영양세포 둘다 상당히 높았다.

또한 Song et al.의 논문은 Bacillus 균주의 포자와 영양 세포의 지방산 프로파일을 조사했다. 하지만 영양세포를 배양하는데 다른 배지를 사용했고 포자형성을 위해 다른 분석절차를 따랐다. 따라서 다른 지방산 조성을 나타냈다.

*B. anthracis*와 *B. cereus* 둘 다 그람양성 포자형성 간균이고 긴 사슬로 성장하는 경향이 있다. 〈그림 2〉의 (a)와(b)는 이 연구에서 사용된 균주의 전자 현미경사진을 보여준다.

그리고 *B. anthracis*의 세포표면에 세포와 털 같은 돌기 사이의 접합부에서 차이를 보여준다. 그 *B. anthracis*의 포자는 포자 주머니가 팽창하지 않는 것이 특징이다. *B. anthracis*는 탄저병을 야기하는 균주로 포자를 가지고 있어 열, 압력 그리고 자외선과 이온화 방사선을 포함하여 불리한 환경조건에서도 매우 저항력이 강하다.

*B. cereus*는 *B. anthracis*와 혼동되기 쉬운 균주로 날 것과 가공 식품의 다양한 범주로부터 분리되어왔다. 이 균주가 확산되고 독성을 만들지 않는 한 건강에 상당한 위협을 주지 않는다. 식

〈표 3〉 *B. anthracis*와 *B. cereus*의 지방산 성분 분석표

세포 지방산	<i>B. anthracis</i> (%)		<i>B. cereus</i> (%)		p value
	영양세포	포자	영양세포	포자	
12:0 iso			0.68 ± 0.18b	0.29 ± 0.19a	0.005
13:0 iso	2.87 ± 0.12a	5.02 ± 0.07b	5.54 ± 0.11b	5.91 ± 0.90b	0.001
13:0 Anteiso	0.44 ± 0.04a	0.72 ± 0.20b	0.13 ± 0.13a	1.10 ± 0.26b	0.018
14:0 iso	1.52 ± 0.39a	3.42 ± 0.12b	5.12 ± 0.27c	4.11 ± 0.22b	<0.001
14:0	2.29 ± 0.11b	2.03 ± 0.05a	3.40 ± 0.05c	3.46 ± 0.07c	<0.001
15:0 iso	42.00 ± 1.30d	26.16 ± 0.38b	133.27 ± 1.15c	9.27 ± 1.39a	<0.001
15:0 Anteiso	4.93 ± 0.18b	8.39 ± 0.13d	2.74 ± 0.09a	6.97 ± 0.44c	<0.001
16:0 iso	6.95 ± 0.30a	11.06 ± 0.23b	12.62 ± 0.48c	7.29 ± 0.56a	<0.001
16:0	5.73 ± 0.34a	6.11 ± 0.22a	7.37 ± 0.11b	7.57 ± 0.53b	0.003
iso 17:1 ω10c			0.87 ± 0.36b	1.39 ± 0.61b	0.032
iso 17:1 ω5c	3.05 ± 0.10a	2.04 ± 0.54a	3.04 ± 0.12a	5.36 ± 0.81b	0.002
17:1 Anteiso	1.42 ± 0.06b	2.96 ± 0.28c		0.55 ± 0.34a	<0.001
17:0 iso	12.04 ± 0.49c	10.84 ± 0.23b	11.99 ± 0.37c	6.16 ± 0.23a	<0.001
17:0 Anteiso	3.74 ± 0.11b	8.77 ± 0.11c	0.92 ± 0.38a	3.03 ± 0.41b	<0.001
16:0 2OH		2.47 ± 0.09b		2.71 ± 0.27b	<0.001
18:1 ω5c		0.40 ± 0.40		0.83 ± 0.52	0.265
18:0	0.47 ± 0.35				0.202
17:0 iso 3OH		3.08 ± 0.19b		3.20 ± 0.27b	<0.001
16:1 iso와 14:0 3OH의 합	1.85 ± 0.06a	1.20 ± 0.49a	3.39 ± 0.12b	1.79 ± 0.05a	<0.001
15:0 iso 2OH와 16:1 ω7c의 합	7.86 ± 0.24b	5.33 ± 0.30a	8.60 ± 0.10b	18.32 ± 1.10c	<0.001
18:2 ω6, 9c와 18:0 Anteiso의 합	0.86 ± 0.37				0.009

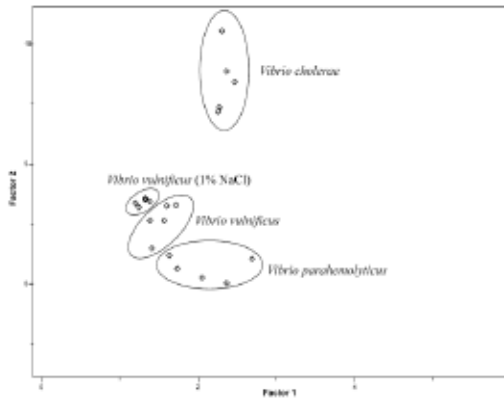
\* 수치는 평균값 ± 표준오차이다(분석횟수=5). 평균값은 ANOVA에 의해 유의한 차이가 존재한다고 판단되는 경우에만 적용되는 Duncan 다중비교방법에 의해 결정된 것과 상당한 차이가 있다 (P < 0.05).

품의 gram당 식중독성 *B. cereus* 세포가 10<sup>5</sup> 이상으로 오염된 식품을 섭취할 경우 식중독이 발생했다.

〈표 3〉은 배지에 NaCl을 첨가하지 않거나 1%를 첨가한 *Vibrio cholera*, *Vibrio parahaemolyticus*와 *V. vulnificus*의 FAME 조성을 보여준다. *V. vulnificus*는 해양 미생물이고 성장 증진을 위해 NaCl 1% 첨가했고, NaCl을 첨가하지 않고 배양된 결과와 비교하였다. *V. cholerae*는 다른 *Vibrios*보다 14:0 지방산의 상당히 높은 양을 가지고 있고, 14:0 iso, 14:0 iso 3OH와 11 methyl 18:1 ω7c 성분들은 *V. cholerae*에서만 발견되었다.

*V. parahaemolyticus*는 17:0의 상당히 높은 비율 때문에 다른 *Vibrio* 균주와 구분된다. 그리고 12:0 지방산을 가지는 유일한 *Vibrio* 균주이기 때문이다. *V. vulnificus*는 12:1 3OH와 18:1 ω7c의 상당 양을 가지고 있다. 1% NaCl을 첨가하면서 적은 양의 지

지방산이 검출되었다. 주요 변화는 12:1 3OH와 12:0 3OH 지방산에 있다. 이 비율은 1% NaCl의 존재 하에 성장된 세포와 비교하여 1% NaCl을 첨가하지 않을 때와 차이가 있다(표 4). <그림 3>은 PCA에 의해 결정된 *V. cholerae*, *V. vulnificus*와 *V. parahaemolyticus*의 지방산 군집을 보여준다.



<그림 3> PCA에 의해 결정된 *V. cholerae*, *V. vulnificus*와 *V. parahaemolyticus*의 세포막 지방산 군집

*Vibrio*는 수생 식물군에서 나타나고 대부분의 사람 감염은 물의 노출에 의해 이루어지거나 그러한 환경으로부터 수확한 식품의 섭취로 인해서도 감염될 수 있다. *V. vulnificus*는 미국에서 해산물과 관련된 사망률의 대략 95%를 차지한다.

*V. vulnificus*에 감염되기 쉬운 위험요소는 면역 결핍 또는 철분 과잉 및 간질환을 가진 사람이 날것의 해산물을 섭취하는 것이다. 철분 대사작용의 손상과 철분 사용의 과부하는 *V. vulnificus*의 병원성을 뒷받침하는 것으로 보인다.

*Escherichia coli*의 5가지 군주에 대한 세포 지방산 조성은 <표 4>에서 볼 수 있다.

<표 4> *Vibrio* 군주<sup>a</sup>의 세포막 지방산 조성 비교표

세포 지방산	<i>V. cholera</i>	<i>V. parahaemolyticus</i>	<i>V. vulnificus</i>	<i>V. vulnificus</i> (1% NaCl 포함)	P value
10:0 3OH	0.22 ± 0.01b		0.11 ± 0.03a	0.24 ± 0.01b	<0.001
12:0		3.25 ± 0.10			<0.010
Unknown 12.484	0.95 ± 0.04	0.88 ± 0.04	0.88 ± 0.12	0.87 ± 0.03	0.813
12:0 2OH	0.16 ± 0.01		0.12 ± 0.04	0.14 ± 0.01	0.306
12:1 3OH	0.13 ± 0.01a		5.48 ± 0.50b	0.12 ± 0.03a	<0.001
12:0 3OH	6.66 ± 0.25c	2.21 ± 0.08a		5.32 ± 0.16b	<0.001
14:0 iso	0.11 ± 0.05				0.012
14:0	8.99 ± 0.21d	6.28 ± 0.09c	5.80 ± 0.13b	5.19 ± 0.05a	<0.001
14:0 iso 3OH	0.23 ± 0.12				0.030
16:1 ω7c OH	0.64 ± 0.04c		0.08 ± 0.05a	0.31 ± 0.01b	<0.001
16:0 iso	0.88 ± 0.27b	0.05 ± 0.05a	0.16 ± 0.08a		0.002
16:1 ω9c	0.85 ± 0.01b		0.48 ± 0.12a		<0.001
16:1 ω6c		0.11 ± 0.07	0.20 ± 0.08	0.20 ± 0.08	0.262
16:0	26.71 ± 0.25a	28.23 ± 0.32b	29.47 ± 0.57c	28.66 ± 0.20b,c	0.001
17:1 ω9c	0.23 ± 0.02a	0.61 ± 0.07b	0.13 ± 0.05a		<0.001
17:0	0.24 ± 0.02a	1.06 ± 0.14b	0.40 ± 0.06a		<0.001
18:1 ω9c	0.41 ± 0.02b		0.03 ± 0.03a		<0.001
18:1 ω7c	13.79 ± 0.14a	13.86 ± 0.07a	17.86 ± 0.34c	15.89 ± 0.18b	<0.001
18:0	1.19 ± 0.01b	1.02 ± 0.03a	1.14 ± 0.04b	1.12 ± 0.02b	0.004
11 methyl 18:1 ω7c	0.35 ± 0.02				<0.001
14:0 3OH와 16:1 iso의 합	6.10 ± 0.24b	4.21 ± 0.15a	7.68 ± 0.70c	7.31 ± 0.18c	<0.001
15:0 iso 2OH와 16:1 ω7c의 합	30.59 ± 0.25a	34.74 ± 0.50b	29.19 ± 0.96a	33.97 ± 0.13b	<0.001

<sup>a</sup> 수치는 평균값 ± 표준오차이다(분석횟수=5). 평균값은 ANOVA에 의해 유의한 차이가 존재한다고 판단되는 경우에만 적용되는 Duncan 다중비교방법에 의해 결정된 것과 상당한 차이가 있다 (P < 0.05).

지방산 유형은 종 간에 비슷하지만 일부 지방산의 경우, 비율에 차이가 있다. *E. coli* O:H11은 매우 많은 양의 지방산, 소량의 15:1 ω8c, 16:1 ω5c와 17:1 ω8c와 다소 높은 함량의 17:0을 포함하고 있다. *E. coli* O157:H7 (933W)는 다른 균주에 비해 19:0 cyclo ω8c와 16:0의 높은 함량을 가지고 있다. 그러나 18:1 ω7c는 함량이 낮다. 장출혈성 *E. coli*는 심각한 혈변과 용혈성요독증후군을 야기할 수 있다(출혈성 대장염). 미국에서, 용혈성요독증후군은 어린이와 노약자의 극심한 신장손상을 일으키는 주요 원인이다.

3개의 그람음성(*Yersinia enterocolitica*, *Salmonella typhimurium* 와 *Shigella sonnei*)과 2개의 그람양성 미생물 (*Staphylococcus aureus*와 *Listeria monocytogenes*)의 지방산 조성 비교표는 <표 6>에서 보여준다.

<표 5> *E. coli*의 장출혈성 균주의 세포막 지방산 조성 비교표

세포 지방산	E. coli					P value
	O157:H7 933W	O157:H7 933J	O157:H7 1639-78	153:H2 393	O:H11 402	
12:0	4.09 ± 0.10b	4.09 ± 0.13b	3.77 ± 0.06a	4.07 ± 0.08b	3.73 ± 0.03a	0.010
13:0	0.06 ± 0.04a	0.18 ± 0.01ab	0.65 ± 0.07c	0.21 ± 0.05b	0.91 ± 0.03d	<0.001
14:0	5.50 ± 0.20a	5.54 ± 0.08a	7.92 ± 0.06c	8.36 ± 0.11d	5.93 ± 0.04b	<0.001
Unknown 14.502	0.81 ± 0.02	0.89 ± 0.03	0.83 ± 0.08	0.84 ± 0.08	0.69 ± 0.02	0.143
15:1 ω6c			0.09 ± 0.04a		0.23 ± 0.01b	<0.001
16:1 ω6c				0.02 ± 0.02a	0.15 ± 0.04b	<0.001
16:0	37.83 ± 0.42d	35.84 ± 0.53c	30.96 ± 0.70b	34.80 ± 0.67c	28.00 ± 0.10a	<0.001
15:0 iso 3OH			0.05 ± 0.05a		0.27 ± 0.01b	<0.001
17:1 ω6c			0.08 ± 0.08a		0.60 ± 0.04b	<0.001
17:0 ω cyclo 7-8	15.22 ± 0.03c	10.04 ± 0.73a	13.54 ± 0.50b,c	15.12 ± 1.19c	11.83 ± 0.32a,b	<0.001
17:0	1.36 ± 0.06b	1.87 ± 0.08c	2.06 ± 0.13c	0.72 ± 0.10a	2.83 ± 0.06d	<0.001
18:1 ω7c	7.63 ± 0.74a	18.90 ± 1.59c	14.71 ± 0.39b	12.08 ± 0.86b	18.00 ± 0.29c	<0.001
18:0	1.14 ± 0.03b	1.31 ± 0.05c	0.38 ± 0.02a	0.42 ± 0.02a	0.45 ± 0.09a	<0.001
19:0 cyclo ω8c	13.94 ± 0.67c	5.44 ± 1.16b	2.54 ± 0.41a	4.92 ± 0.59b	1.58 ± 0.09a	<0.001
13:0 3OH와 15:1 iso의 합			0.56 ± 0.14a		0.98 ± 0.05b	<0.001
14:0 3OH와 16:1 iso의 합	9.62 ± 0.26	9.69 ± 0.35	9.07 ± 0.13	9.14 ± 0.17	8.83 ± 0.19	0.068
15:0 iso 2OH와 16:1 ω7c의 합	2.46 ± 0.03a	6.17 ± 0.50b	12.67 ± 0.74d	9.03 ± 1.39c	14.93 ± 0.44d	<0.001

° 수치는 평균값 ± 표준오차이다(분석횟수=5). 평균값은 ANOVA에 의해 유의한 차이가 존재한다고 판단되는 경우에만 적용되는 Duncan 다중비교방법에 의해 결정된 것과 상당한 차이가 있다 (P < 0.05).

<표 6> 그람음성과 그람양성균의 세포 지방산 조성 비교표

세포 지방산	그람음성균			그람양성균	
	Y. enterocolitica	S. typhimurium	S. sonnei	S. aureus	L. monocytogenes
12:0	4.20 ± 0.37	3.49 ± 0.17	3.79 ± 0.14		
12:0 iso				0.21 ± 0.01	
13:0 Anteio					0.18 ± 0.05
13:0		0.24 ± 0.02	1.34 ± 0.13		
Unknown 13.957		0.77 ± 0.19			
14:0 iso				1.37 ± 0.02	0.74 ± 0.02
14:0	5.87 ± 0.39	5.29 ± 0.35	7.83 ± 0.10	0.38 ± 0.01	0.72 ± 0.02
Unknown 14.502	0.77 ± 0.08	0.96 ± 0.05	0.70 ± 0.04		
14:0 2OH		1.49 ± 0.04			
15:0 iso				11.78 ± 0.27	13.91 ± 0.09
15:0 Anteio				42.69 ± 0.27	48.24 ± 0.38
15:1 ω6c			0.40 ± 0.06		
16:0 iso				1.85 ± 0.03	2.48 ± 0.04
Unknown 15.669					0.81 ± 0.68
16:0	41.82 ± 4.27	33.65 ± 0.17	29.44 ± 0.34	2.42 ± 0.05	1.90 ± 0.04
15:0 iso 3 OH			0.37 ± 0.03		
17:1 ω6c			0.59 ± 0.06		
17:1 ω cyclo 7-8	25.27 ± 2.44	14.06 ± 0.29	10.31 ± 0.46		
17:0 iso				7.48 ± 0.12	3.46 ± 0.06
17:0 Anteio				16.59 ± 0.19	27.25 ± 0.29
17:0	1.54 ± 0.07	1.29 ± 0.02	2.14 ± 0.17	0.46 ± 0.02	
18:1 ω7c	2.63 ± 0.22	15.40 ± 0.20	14.41 ± 0.15		
18:0 iso				0.92 ± 0.05	
18:0	0.94 ± 0.06	0.42 ± 0.01	0.31 ± 0.01	6.73 ± 0.11	
19:0 iso				1.96 ± 0.13	
19:0 Anteio				2.29 ± 0.19	
19:0				0.59 ± 0.03	
19:0 Cyclo ω6c	0.14 ± 0.08	3.78 ± 0.20	0.64 ± 0.17		
20:0				2.18 ± 0.07	
13:0 3OH와 15:1 iso의 합			1.20 ± 0.10		
14:0 3OH와 16:1 iso의 합	9.37 ± 0.32	8.59 ± 0.19	8.78 ± 0.37		
15:0 iso 2OH와 16:1 ω7c의 합	7.20 ± 0.81	10.42 ± 0.26	17.47 ± 0.96		
18:0 Anteio와 18:2 ω6,9c의 합					0.30 ± 0.13

그람음성 미생물은 포화지방산 (12:0, 14:0, 16:0과 17:0)과 cyclopropane 지방산 조성(17:1 ω cyclo 7-8 and 19:0 cyclo ω8c)을 보여준다. 반면에 그람양성 미생물은 메틸그룹이 사슬 내 마지막 탄소에서 두번째에 위치하여 가지가 달린 iso 지방산 조성 (14:0 iso, 15:0 iso, 16:0 iso, 17:0 iso, 18:0 iso와 19:0 iso)을 포함한다. 메틸 그룹이 사슬 내 마지막 탄소의 세번째에 위치하여 가지가 달린 anteiso 지방산 (15:0 anteiso, 17:0 anteiso, and 19:0 anteiso)으로 이루어져 있다.

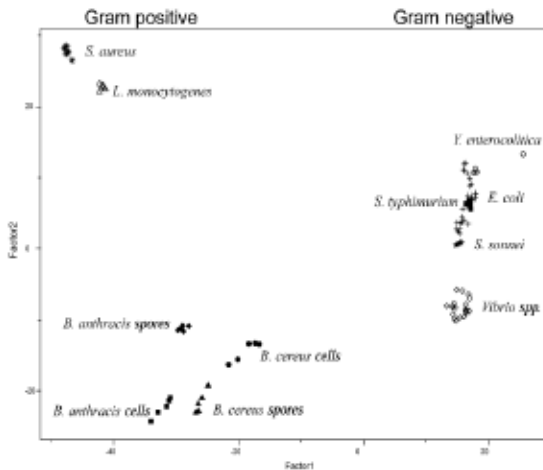
*Y. enterocolitica*는 위장관을 통해 몸으로 유입되는 식중독 균이다. *Y. enterocolitica*는 저온에 강하고 꽤 오랜기간동안 냉동식품에서 생존가능하다. *L. monocytogenes*는 30~40% 높은 사망률을 가지는 식중독 질병을 야기한다. 코울슬로, 우유, 치즈, 핫도그와 조리된 칠면조 고기와 같은 다양한 식품들은 주요 선회병 발병의 원인이 된다.

식품 내 *S. aureus*는 많은 균주들이 열 내성을 가진 장내독소를 생성하기 때문에 잠재적인 위험성을 가진다. *S. aureus* 식품 독소와 연관된 식품은 육류, 샐러드류와 유제품을 포함한다.

그람양성균인 *B. anthracis*와 포자, *B. cereus*와 포자, *L. monocytogenes*, *S. aureus* 및 그람음성균인 *Y. enterocolitica*, *E. coli*, *S. typhimurium*, *S. typhimurium*, *S. sonnei*와 *Vibrio*균주의 지방산 군집은 <그림 4>에서 보여준다.

그들의 지방산 조성을 기반으로 그람양성과 그람음성균 사이에 명확한 구분이 있다.

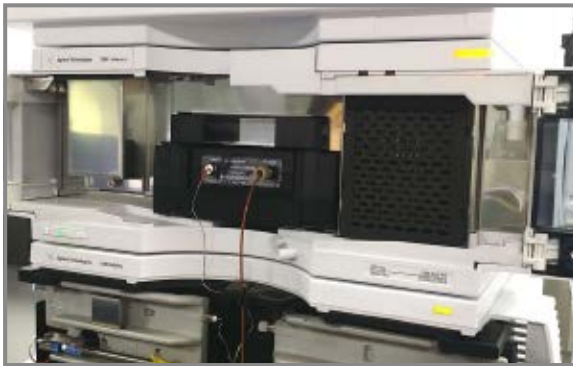
본 연구는 배지유형과 특정 생장조건을 기반으로 다양한 미생물 종류와 포자를 MIDI사의 Sherlock 라이브러리로 동정할 수 있음을 보여주었다. 미생물과 포자로부터 분리된 특정 지방산은 식중독균의 동정을 위해 활용될 수 있었다. 또한 FAMES분석은 PCR법, γ-phage 비활성과 직접적 형광 항체 테스트와 같이 생물학적 병원성균에 대한 추가 확실적인 기술이라고 할 수 있다. 🌱



<그림 4> 그람양성균(*B. anthracis*와 포자, *B. cereus*와 포자, *L. monocytogenes*, *S. aureus*)과 그람음성균(*Y. enterocolitica*, *E. coli*, *S. typhimurium*, *S. typhimurium*, *S. sonnei*와 *Vibrio*균주)의 지방산 군집 비교

# Agilent HPLC flowcell 교체하기

- 증상 flowcell의 오염이나 압력이 높을 경우, flowcell에서 leak가 발생할 경우
- 원인 이동상의 버퍼 등 사용 후 세척이 원활하게 되지 않거나 이동상이나 분석시료의 필터링 문제 등으로 파티클이 유입되는 경우 발생
- 조치 flowcell을 세척해도 개선되지 않거나 flowcell에서 leak 발생 시 교체



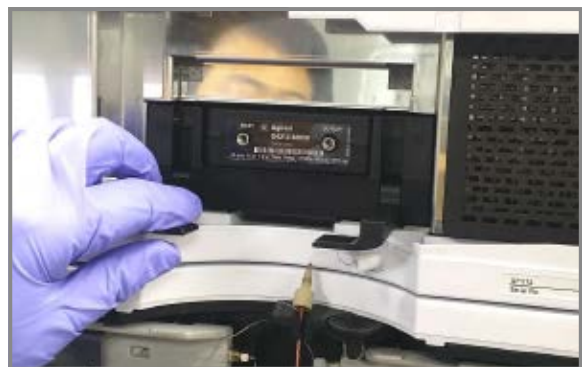
① DAD 커버를 엽니다.



② outlet에 연결된 캐필러리 라인을 먼저 분리합니다.



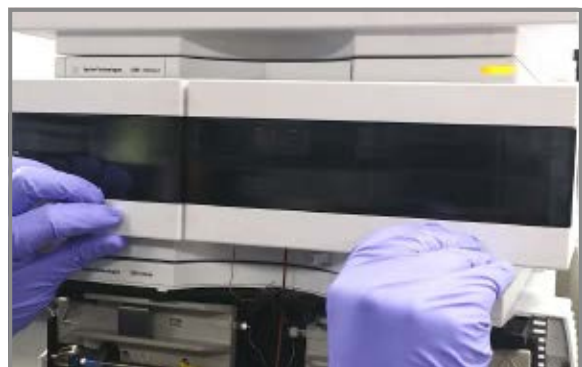
③ 스패너를 이용하여 inlet에 연결된 캐필러리 라인도 제거합니다.



④ 커버를 위에서 아래로 내립니다.



⑤ flowcell을 꺼낸 다음, 교체합니다.



⑥ 분해 역순으로 조립합니다.

# GC에서 선택할 수 있는 가장 강력한 새로운 도구 VUV 검출기



## “2016년 가장 파괴적인 GC 제품”

– Kevin A. Schug, Ph.D. Professor of Analytical Chemistry, University of Texas

## “놀랍도록 간단한 개념이 강력한 스펙트럼 영역으로 확장되다.”

– Tim Hossain Ph.D. Chief Scientist Cerium Laboratories

## “질량 분석기(Mass Spectrometry)에서 마주치는 이온화 비효율성을 제거하다.”

– Mark R. Emmett, Ph.D. Professor University of Texas Medical Branch Galveston UTMB Cancer Research Center

위 설명은 단 몇 년 만에, 새로운 호기심에서 시작하여 GC (Gas chromatography) 검출기 시장의 강력한 경쟁자로 부상한 VUV Analytics사의 VUV(Vacuum Ultraviolet) 검출기에 대한 평가이다.

2016년 11월, 영인과학은 미국 VUV Analytics사와 국내 독점 대리점 계약을 체결하였다. VUV Analytics사에서 개발 및 생



〈VGA 100 - VUV 검출기〉

산하는 VUV 검출기는 GC 응용에 이상적인 범용적 검출기 (Universal detector)로 다양한 응용에 사용될 수 있으며 혼합물의 정성, 정량을 보다 빠르고 정확하게 분석할 수 있다.

## History of VUV Analytics

- 2009년** 미국 오스틴 지역의 반도체 장비 회사에서 VUV 기술로 독립 (spin off) VUV Analytics사 설립
- 2010년** Dow, Arlington 대학교와 제휴, VUV 실증 Data 확립
- 2012년** 텍사스 선도기술 개발 자금 지원, VUV 기술 확립
- 2013년** VGA 100 신제품 출시
- 2014년** Full year of Multisite beta testing 시행  
Analytical Scientist "2014 Top 5 Innovation Award" 수상



- 2015년** Gulf Coast Conference VGA-100 "Best New Analytical Instrument Award" 수상



- 2015년** R&D 100 Award VGA-100 "Analytical/Test"
- 2016년** SVGA 100 신제품 출시  
ISA Analysis Symposium SVGA-100 "Innovative Product of the Year Award" 수상  
VGA 101 신제품 출시  
Analytical Scientist "2016 Top 6 Innovation Award" 수상

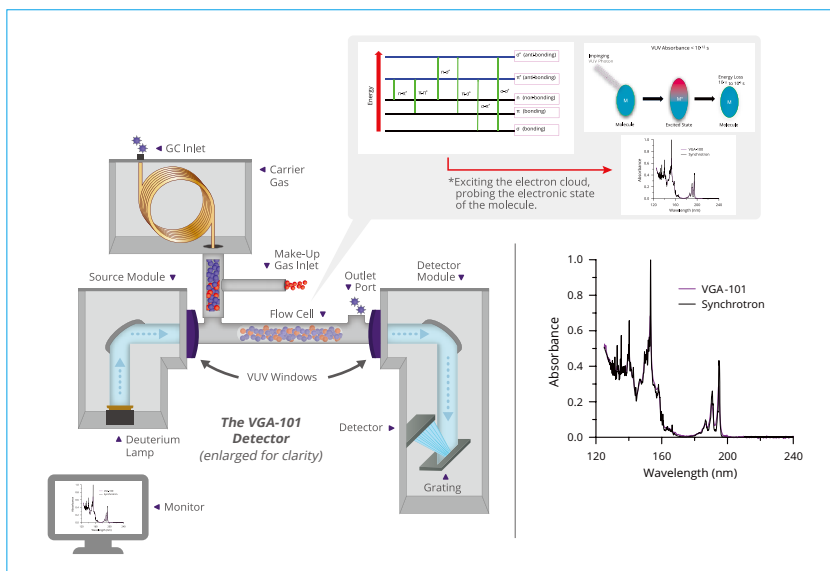


### VUV 검출기로 싱크로트론과 동등한 스펙트럼을 얻다.

VUV(Vacuum Ultraviolet, 진공 자외선)는 전자기 복사(Electromagnetic radiation)의 일종으로 자외선 영역(10 nm~400 nm) 중 200 nm 이하의 단파장을 말하며, 대부분의 가스상 화합물이 VUV 파장인 115~ 185 nm 영역의 파장을 매우 강하게 흡수하기 때문에 GC용 검출기로서 아주 이상적인 특징을 가지고 있다.

과 같은 강한 광원(Incredibly bright source)과 진공의 광로(Ultra high vacuum chamber)가 필수였다.

하지만, 이제 VUV Analytics사의 Spectrum fitting algorithm 기술 등을 통해 싱크로트론과 동등한 스펙트럼을 VAG 모델에서 얻을 수 있으며 화합물 및 미지성분(unknown peak)을 정확하게 정성 분석할 수 있게 되었다.



〈그림 1〉 VUV 검출기의 분석 과정

실제료는 공기 중의 산소가 VUV 파장 영역 중 200 nm 이하의 단파장을 강하게 흡수하기 때문에 이 파장 영역 대에서 실험을 하려면 방사선 가속기인 싱크로트론(Synchrotron)

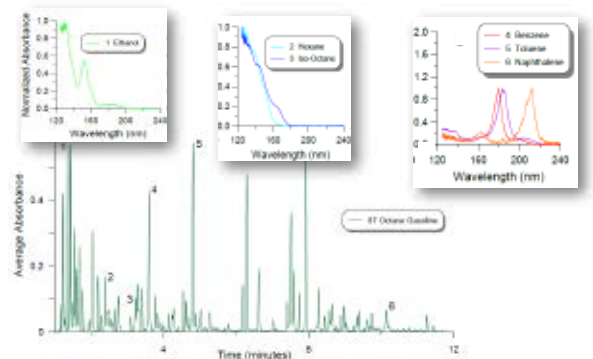
VUV 검출기의 분석 과정은 〈그림 1〉과 같다.

시료를 주입하고 GC 컬럼에서 분리된 시료는 VUV 검출기의 transfer line을 통해서 Flow cell을 지나가게 된다. 시료는 Flow cell에서 D2 램프에서 나오는 VUV 파장을 흡광하게 되고 나머지 파장은 grating에 의해 PDA(Photo diode array) 검출기에 도달하게 된다. 이런 과정을 통해 검출기에서 싱크로트론과 동등한 흡수 스펙트럼을 얻게 되며, 소프트웨어를 통해 직관적으로 확인할 수 있다. 이후 소프트웨어 상의 library를 통

해 정성 분석하며, 각 성분의 흡수단면적(Absorption cross section)을 이용하여 정량 분석한다.

### 다양한 스펙트럼 정보 = 뛰어난 정성, 정량 분석

VUV 검출기는 거의 모든 화합물질이 115~185 nm의 파장을 강하게 흡수하는 특성을 이용한 최신 검출 방식으로, 기존 FID, TCD와 같은 검출기의 한계를 뛰어 넘어 여러 스펙트럼 정보를 추가로 제공한다. 〈그림 2〉와 같이 VUV 검출기의 소프트웨어에서 분석 대상인 화합물의 총 흡수 크로마토그램 및 각 성분의 흡수 스펙트럼을 얻을 수 있으며 이를 통해 혼합물의 개별 성분에 대한 정확한 정량, 정성 분석이 가능하다.



〈그림 2〉 총 흡수 크로마토그램 및 각 성분의 흡수 크로마토그램

## Best Separation & Best Identification [Agilent] 2D-LC/Q-TOF

2D-LC/Q-TOF 시스템은 매트릭스가 복잡한 천연화합물, 동중(isobaric) 화합물, Chiral(거울상 이성질체)과 같이 고도의 분리분석 기술이 필요함과 동시에 소수점 이하의 정확한 질량분석을 통해 미지물질의 분자구조까지 파악해야 하는 목적에 가장 최적화된 장비입니다.

### 특징

- 1D 분리의 특정 부위(multiple heart-cutting) 또는 모든 분획(comprehensive)을 2D로 분리 분석
- HPLC 대비 약 10배, UHPLC 대비 5배의 향상된 분리능 결과 제공
- 2D-LC 전용 소프트웨어를 이용한 직관적이고 간단한 분석법 셋업과 데이터 해석
- 1D-LC에서 분리하지 못한 이성질체를 2D-LC를 이용하여 완벽하게 분리
- 기존 HPLC로 최적화된 이동상 조건으로 1차 분리 후 2차 Pump에서 MS 호환 이동상으로 전환
- Agilent MassHunter 및 MSC(Molecular Structure Correlator) 소프트웨어를 이용하여 미지의 불순물을 신속하게 정성

### 응용

- 식물 대사물질 중 22종 폴리페놀 화합물의 분석
- 이성질체 대사 물질의 모니터링
- 정밀화학제품 중 불순물 식별 및 프로파일링
- Top-down and Bottom-up Proteomics



## 향기 및 이취 관능 검출기 [GERSTEL] ODP3 Olfactory Detector Port

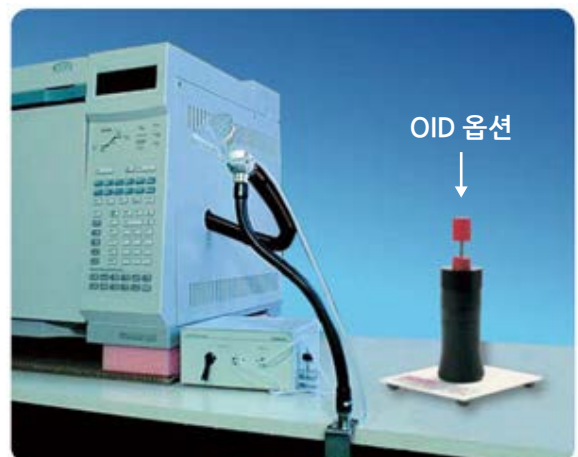
GERSTEL사 ODP3는 향기 또는 이취(Off odor) 관능 분석에 중요한 검출기이다. GC 옆 쪽으로 장착할 수 있으며, 분석자는 향을 맡고 강도 역시 입력이 가능하다.

### 특징

- ODP3는 GC/MS 또는 다른 검출기가 장착된 GC에도 설치 가능
- 가습 bottle이 함께 장착되어 측정 중 코를 건조하지 않게 보호
- 크로마토그램 상에 향 성분의 강도 입력 가능
- 연결라인(transfer line) 온도를 350 °C까지 유지하여 향성분이 응축되는 것을 방지
- 고비점 성분의 머무름시간(Retention Time)과 일치된 검출 가능
- 1대의 GC/MS에 ODP 2대 설치 가능

### 응용

- 식품, 음료, 향료
- 화장품
- 폴리머/포장재 냄새 성분
- 건물/자동차 실내 공기 냄새 성분





## super 초순수 제조장치 [영인과학]aquapuri 5 series

1987년부터 실험실 초순수를 공급해 온 aquapuri 가 2017년, 최고 성능을 장착한 super water purification system, aquapuri 5로 도약합니다.

### Super 초순수 제조장치를 선택해야 하는 이유

- 1. Unique sWPS**  
물탱크가 없는 직수형 시스템
- 2. Innovative Technology**  
필요시 즉시, 고속 생산 가능(60 L/h)  
딱 그만큼만 생산 부탁해~ 필요한 만큼만 생산량 설정 가능 (100 mL ~ 60 L)
- 3. Simple to Use**  
터치 스크린에서 유지보수 데이터를 한 눈에 (수질, 온도, TOC, filter 교체 주기 등)  
모든 작동은 터치 패드로 간편하게  
Handy 버튼 하나로도 Lab water 채수 가능
- 4. Ergonomic Design**  
인체 공학적 곡선 디자인, 실험실을 밝혀줄 화려한 색상
- 5. Best & Best**  
고품질 초순수 보장  
혁신적인 설계와 직접 제조로 유지보수 비용 최소화

### aquapuri 5 series 제품 및 특징

모델	생산수	특징
551	순수/초순수	- Type I / Type II 생산 - 공급수 : 수돗물 - 생산량 : 최대 60 L/h
541	순수/초순수	- Type I / Type III 생산 - 공급수 : 수돗물 - 생산량 : 최대 60 L/h
532	초순수	- Type I 생산 - 공급수 : Type II - 생산량 : 최대 120 L/h
511/521	순수	- Type II / Type III 생산 - 공급수 : 수돗물 - 생산량 : 최대 60 L/h



## 당화혈색소 분석기 [Trinity Biotech] Premier Hb9210™

Trinity Biotech사의 Premier Hb9210 기기는 boronate affinity separation의 정밀도와 자동 고성능액체크로마토그래피의 편리함이라는 장점을 결합한 당화혈색소 전용 측정 장비입니다. 최대 210 검체를 한번에 장착할 수 있는 Premier Hb9210은 높은 정확도로 인해 전세계적으로 꾸준한 점유율을 높여가고 있으며, 각 부속이 모듈화되어 있어 하드웨어 문제에 즉각적인 대처가 가능한 장점이 있습니다.

### 규격

- 분석 : 당화혈색소 정량분석
- 분석 원리 : HPLC (Boronate 친화성 크로마토그래피)
- 검사 시간 : 74초 (48 검체/시간)
- 작동 환경 : Microsoft Windows XP/터치스크린 모니터
- 검체 장착수 : 210 검체 + STAT (1 검체)
- 검체 종류 : 전혈/용혈물, EDTA/헤파린/플루오르화나트륨
- 추적성 : IFC/NGSP
- 보고 단위 : % HbA1c(NGSP), mmol A1c/mol Hb(IFCC)
- % CV(변동계수비율) : < 2.0 %



# 정확한 나노 볼륨 측정을 위한

## BioDrop Nano-Spectrophotometer



바이오, 생명과학 분야에서는 많은 실험자가 DNA와 RNA의 농도 및 순도, 단백질의 농도를 측정한다. 특히 dsDNA의 정량은 PCR, qPCR, Next Generation Sequencing, ChIP and ChIP Seq와 같은 실험을 진행하기 전 첫 단추가 되는 중요한 과정이다. 그러한 실험들은 극미량의 고농도 샘플이 필요하다. 해당 주요 assay는 <표 1>에서 확인할 수 있다.

<표 1> Key Downstream Molecular Assays Requiring DNA quantification

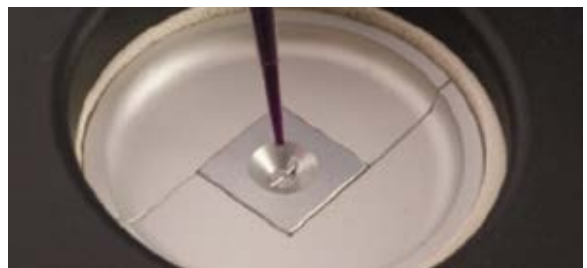
ChIP Sequence	10 ng/30 $\mu$ l (0.3 ng/mL)
Sequencing	125 ng/20 $\mu$ l (6 ng/mL)
Next Generation Sequencing	10 ng/ $\mu$ l
Transfections	5~30 $\mu$ g/100 $\mu$ l
DNA Vaccines	0.5~2 mg
PCR	2 ng/ $\mu$ l
qPCR	200 ng/100 $\mu$ l
DNA Microarray	> 2 $\mu$ g
siRNA	7.5 $\mu$ g/mL
Chromosomal Capture Conformation	2~3 ng/ $\mu$ l

일반적인 UV/Vis Spectroscopy는 샘플 희석이 필요하기 때문에 더 많은 시간이 소요되며, 측정값의 정확성도 떨어지게 된다. Micro-volume 측정이 가능한 기존 장비 역시 pathlength 이동과 검출한계의 부정확성, 분석을 방해하는 bubble 발생 등의 문제점이 있었다. 이러한 문제점들을 보완한 장비가 바

로 BioDrop  $\mu$ LITE로, 고정된 0.5 mm pathlength의 in-built sample port를 장착한 혁신적인 UV/Vis 분광광도계이다. 이때 고정된 pathlength는 장비가 보정 없이도 동일한 재현성을 가진다는 것을 의미한다. 샘플의 농도는 소프트웨어에서 미리 설정된 method에 따라 계산되며, 장비의 칼라 터치스크린에서 빠르게 확인할 수 있다. 무엇보다 실험자는 많은 시간이 소요되는 샘플의 희석 과정을 거치지 않아도 된다.

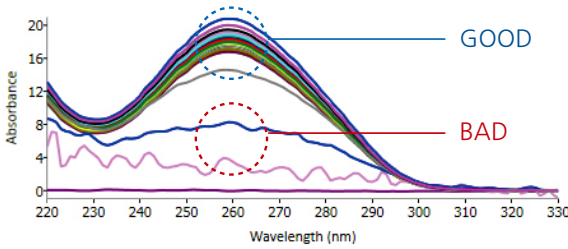
### BioDrop의 차별화된 기술 - 고정 pathlength 방식

미량의 시료를 큐벳에 넣지 않고 in-built sample port에 로딩한다. Pathlength bar가 고정되어 정확성과 재현성이 높으며, 움직이는 부분이 없어 보정이 필요하지 않다.



<그림 1> In-Built Sample Port

또한 BioDrop을 이용하여 DNA 측정 시 4가지 파장에서 흡광값을 측정하여 DNA의 농도와 순도 뿐만 아니라 핵산의 상태도 확인할 수 있다. <그림 2>의 4가지 파장 중 260 nm는 핵산이 흡광하는 파장이므로, 260 nm에서 가장 높은 흡광값이 나와야 손상되지 않은 DNA라고 볼 수 있다.



230 nm	샘플에 핵산 추출 관련 시약(guanidine, phenol...등)이 잔류할 경우 값이 나옵니다.
260 nm	핵산이 흡광하는 파장이므로 가장 높은 흡광값이 나와야 합니다.
280 nm	샘플에 단백질이 잔류할 경우 값이 나옵니다.
320 nm	핵산이나 단백질이 흡광하지 않는 파장이므로 background로 합니다.(샘플 버퍼의 탁도가 높거나 기타 오염물이 잔류할 경우 값이 나올 수 있습니다.)

〈그림 2〉 BioDrop을 이용하여 DNA 측정 시 4가지 파장에서 흡광값을 측정하여 DNA의 농도와 순도 확인

그 외 260 nm와 280 nm, 230 nm에서의 absorbance ratios 값을 확인해 보는 것도 DNA의 순도를 알 수 있는 방법이다.

보통 A260/A280값이 1.8이면 정제가 잘 된 DNA, 1.8보다 작거나 크면 그렇지 못한 DNA라고 판단한다. 자세한 가이드라인은 〈표 2〉에서 확인할 수 있다.

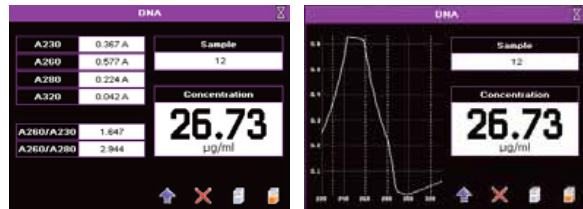
〈표 2〉 absorbance ratios에 따른 핵산의 순도

Nucleic Acid	A260/A280		A260/A230	
	Good	Bad	Good	Bad
DNA	~1.6-1.8	<1.6 or >1.9	~2.0	<2.0 or >2.0
RNA	~2.0	<2.0 or >2.0	~2.0-2.1	<2.0 or >2.1

마지막으로 DNA 농도는 260 nm의 흡광값에서 320 nm의 흡광값을 뺀 후 DNA concentration factor(50 µg/mL)를 곱해 주는 공식을 이용하여 장비가 자동으로 계산해 준다.

### DNA Concentration calculation

$$(A260-A320) \times 50 \mu\text{g/mL} = \text{DNA } \mu\text{g/mL}$$



〈그림 3〉 DNA 농도와 순도를 확인할 수 있는 실제 BioDrop Software 화면

BioDrop과 함께라면 높은 순도를 가진 DNA 샘플은 그만큼 정확한 농도를 얻을 수 있고, 그렇지 않은 샘플인 경우에는 DNA의 순도와 상태를 확인할 수 있으니 똑똑한 DNA 분석이 가능하다.

\* 제품 문의 : 영화과학 정밀분석팀(02-2140-5484)

# 생명공학분야 실험의 기본 Gene Cloning 어떤 방법으로 진행할까? 실험 VS 서비스



## Gene Cloning의 개요

타겟 유전자를 임의의 vector에 넣는 cloning 실험은 생명공학실험의 기초 기술 중 하나이며 다양한 연구분야에서 이용되고 있다. 제한효소 발견과 그 응용에 의해 cloning은 범용성 높은 기술로 이용되어 오고 있고, 최근에는 제한효소 처리없이 원하는 vector에 직접 directional cloning이 가능한 In-Fusion cloning, Gateway cloning 등 보다 편리한 제품들이 개발되어 실험자들이 활용할 수 있게 되었다.

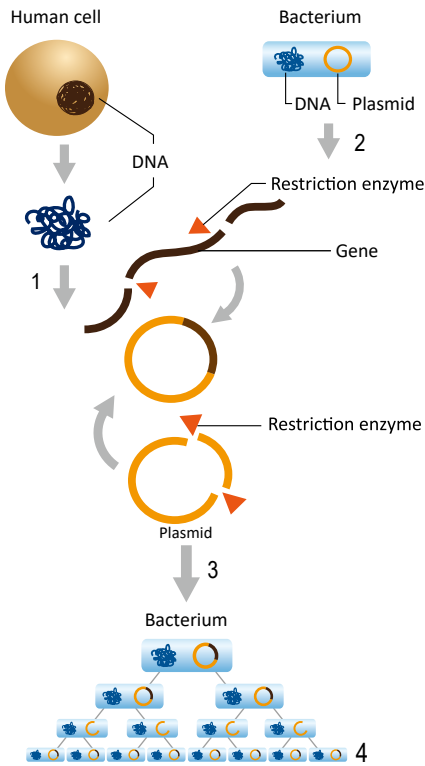
Cloning 실험에서는 샘플로부터 게놈 DNA 혹은 RNA의 추출 및 정제, 역 전사 반응에 의한 cDNA 합성, PCR에 의한 DNA 단편 증폭 등을 통해 insert DNA를 얻는 것도 중요한 과정이다. 하지만 오늘날에는 이런 일련의 과정들을 전문적인 Cloning 서비스를 제공하는 회사에게 의뢰하여 실험을 진행하는 수요가 늘고 있다.

본 자료에서는 범용적인 TA cloning 방법, 제한효소를 이용한 전통적인 cloning 방법, 최신 기법인 In-Fusion cloning의 원리 및 제품을 소개하고자 한다. 또한 Cloning 서비스를 이용하는 것과 비교하여 어떤 장점, 단점이 있는지 알아보고자 한다.

## Gene Cloning의 종류와 특징

Cloning 종류	Insert DNA의 말단 구조	Vector 준비
TA Cloning	3' 말단에 dA tailing이 가능한 PCR 효소로 반응을 실시한다. 평활 말단 증폭 산물에는 dA를 첨가하는 반응이 필요하다. 삽입 방향은 결정할 수 없다.	3' 말단에 dT가 부가되어 있는 vector를 이용한다.
제한효소/ Ligation	DNA 단편의 양끝에 제한효소 사이트가 필요하며, 서로 다른 제한효소를 이용하면 방향성 있는 삽입이 가능하다.	DNA 단편 양끝을 적절한 제한효소로 처리한다. 처리 후, 정제나 탈인산화가 필요한 경우가 있다
In-Fusion Cloning	Vector의 말단 15 base와 상보적인 서열을 부가한 PCR primer로 target DNA를 증폭한다. 어떤 vector로도 방향성 있는 삽입이 가능하다.	어떤 vector든지 사용 가능하며 vector를 제한효소 처리나 PCR을 이용해 linear 형태로 준비한다.

### Cloning 실험의 flow chart



### Cloning 실험 VS Cloning 서비스

Gene Cloning을 위한 기본적인 실험 과정을 알아보자.

#### Step 1. 핵산 추출

- 동식물의 조직이나 배양 세포로부터 고순도의 핵산을 추출 및 정제하는 단계

#### Step 2. 추출한 RNA에 대한 cDNA 합성

- 추출한 RNA를 역 전사 효소를 이용하여 cDNA로 합성하는 단계 (DNA인 경우 단계 무시)

#### Step 3. 목표 유전자(Target Gene) 증폭

- Cloning을 하려는 목표 유전자를 증폭하는 단계

#### Step 4. 목표 유전자(Target Gene)를 운반체(vector)에 접합

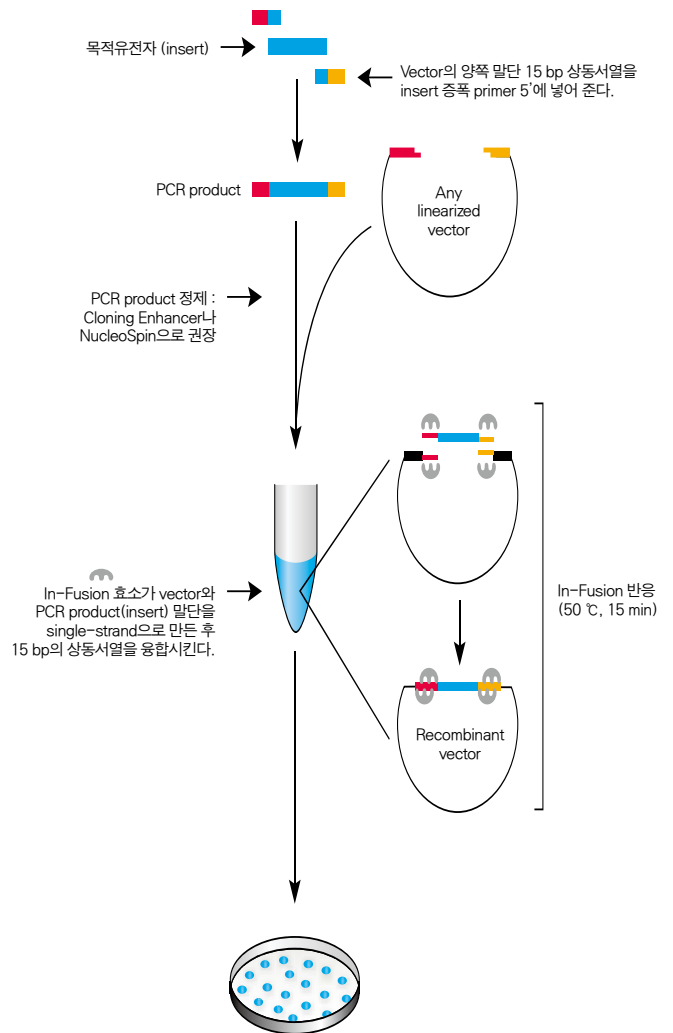
- 핵산 접합 효소를 이용하여 목표 유전자를 운반체에 접합하는 단계

#### Step 5. 목표유전자(Target Gene)가 삽입된 운반체 (vector)를 E.coli 형질전환

- 목표유전자 + 운반체를 E.coli에 형질전환 및 배양하여 다수의 동일한 형질의 Colony를 얻는 단계

### In-Fusion Cloning

In-Fusion Cloning은 어떤 PCR 단편이나 복수의 DNA 단편도 선형화된 vector(linearized vector)에 15분의 반응으로 directional cloning이 가능하다(그림 1). 또한 PCR 단편은 제한효소처리나 phosphorylation과 같은 추가적인 처리 단계가 필요하지 않다. In-Fusion 효소는 선형화된 vector 말단과 PCR로 증폭된 PCR 단편(insert) 말단의 15 bp homologue sequence를 인식하여 융합시킨다. 이 15 bp의 융합서열은 원하는 sequence를 증폭하고자 하는 PCR primer에 디자인하여 끼워 넣으면 쉽게 만들 수 있다.

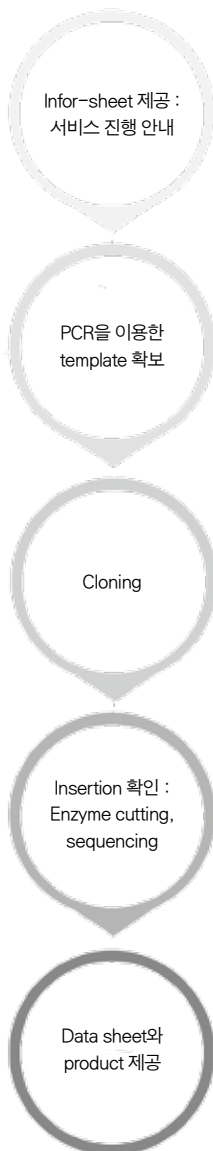


〈그림 1〉 In-Fusion Cloning

## Cloning 실험 VS Cloning 서비스

현재 많은 바이오 벤처 회사에서는 일련의 Gene Cloning 실험을 대행해 주는 서비스를 시장에 선보이고 있다. 기본적으로 바이오 벤처 회사에서 안내하고 있는 Gene Cloning 서비스에 대한 진행 과정을 알아보자.

### PCR cloning 서비스



### Subcloning 서비스



일반적으로 DNA fragment를 PCR로 증폭한 후 실험 목적에 맞는 vector로 증폭된 DNA fragment를 넣어주는 PCR cloning 서비스와 제한 효소(Restriction enzyme)를 이용하여 vector를 변경하는 Sucloning 서비스를 제공하고 있다.

목표 유전자(Target Gene)의 길이 및 염기 서열에 따라 가격 및 서비스 납기 기간은 변경될 수 있기 때문에 기본적으로 담당자와 상담을 권장한다.

### 당신의 선택은?

연구자는 실험 설계 및 환경에 따라 실험과 서비스를 선택하는 것을 추천한다.

Gene Cloning 실험은 서비스를 이용하는 것보다 경제적으로 저렴하게 실험이 가능하다. 또한 실험과정 중 목표 유전자 증폭의 변경만으로 다양한 유전자의 Cloning이 가능하다.

Gene Cloning 서비스를 이용하는 것은 경제적인 비용은 상대적으로 높을 수 있지만, 보다 전문적인 인력에게 실험 대행을 맡김으로써 보다 확실한 Gene Cloning을 할 수 있고, 노동력과 시간을 절약할 수 있다.

# 정확하고 안전한 실험을 위한 필수품! 영린기기 가스발생기



가스발생기는 실린더에 저장되어 있는 가스가 아닌 필요 시 즉석에서 생산하여 순도별, 응용별로 사용할 수 있는 장비이다. 크로마토그래프를 운용 시 상대적으로 저렴한 가격의 실린더를 선호하는 경향이 강하지만, 안전과 높은 수준의 데이터를 꾸준히 도출함에 있어서는 가스발생기를 선택하는 것이 좋다.

컴팩트한 사이즈로 최적의 공간효율을 높이고, 다양한 혼합 가스의 생산이 가능하다. 알람기능이 내장되어 있어서 장비 상태 체크 및 소모품 관리를 간단히 진행할 수 있고, 단일가스(H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, Air) 및 혼합가스(H<sub>2</sub>+Zero Air, N<sub>2</sub>+Dry Air) 생산 모델도 제공한다. 불순물 제로에 가까운 최적의 순도를 통하여 분석 결과의 신뢰성을 높이고, 폭발 등의 위험요소로부터 안전하게 설계되어 실험실에서 사용하기에 최적의 제품이다.

혼합가스가 생산되는 FID Tower의 경우, GC의 FID에 필요한 수소와 제로에어가 동시 생산 가능한 제품으로서 GC 측면의 공간에 세워 사용한다. 이는 공간효율을 극대화한 것으로 실린더 사용 시의 배선공사와 부가 비용이 크게 절감되어 경제적이다.



YL6500 GC + FID Tower System

생산가스	제품명	순도	특징
수소 (Hydrogen)	NH H <sub>2</sub> -Plus	Ultra Pure > 99.99996%	수소 생산 기술 PEM (polymer membrane) 업그레이드 : Cell 수명 연장 Cascading (다단계 연결) 가능
	PG H <sub>2</sub> -Plus	Pure > 99.9996%	
질소 (Nitrogen)	Wisper	98 ~ 99.0 %	Compressor 내장형 선택가능 ELSD 및 LC/MS사용
	Mistral Evolution		
혼합공기 (Zero-Air)	GT-Plus (Ultra Zero Air)	< 0.1 ppm HC < 5 ppm CO <sub>2</sub> < 0.1 ppm NO <sub>x</sub> +SO <sub>x</sub> , < 0.1 ppm CO	높은 공간활용도: 벽걸이 가능 온도, 압력, Catalyst 교체 시기 알람
	GC-Plus (Zero Air)	< 0.1 ppm HC	
혼합가스	H <sub>2</sub> Rack	H <sub>2</sub> > 99.99996% + Zero Air < 0.1 ppm	Hydrogen + Zero Air
	FID Station		
	FID Tower	H <sub>2</sub> > 99.9996% + Zero Air < 0.1 ppm HC	
	MISTRAL EVO HYBRID	N <sub>2</sub> > 99.0% + Dry Air	Nitrogen + Zero Air
	MISTRAL GAS STATION		



# 모든 물질의 용점 측정을 간편하게

## 용점과 비등점의 자동 측정을 위한 Melting Point



### 녹는점(melting point)이란?

용융점 또는 용해점이라고도 한다. 순수한 물질이라면 그 물질이 녹는 동안 가열하여도 온도가 일정하게 유지되는 일정 온도 구간이 나타나며 고체와 액체가 공존할 때의 온도를 녹는점이라 한다. 순수한 물질은 녹는점과 어는점(freezing point)이 항상 같으며 각 물질마다 녹는점은 모두 다르므로 그 물질만이 가지는 고유한 성질인 물질의 특성이 된다. 예를 들어, 얼음은 0°C에서 녹고, 물은 같은 온도 0°C에서 언다.

### 녹는점(melting point)을 측정하는 이유

물질을 구별, 식별 및 분류하는데 다양한 화학적, 물리적 분석 방법이 사용된다. 용점(녹는점)의 측정은 표준 실험 절차 중 하나로서, 물질의 정체성, 순도 및 열적 안정성을 확인하기 위해 손쉽게 수행되는 물리적 분석 방법이다.

### 정체성(Identity)

Sample A가 어떠한 물질인지 모를 때에는 A의 녹는점을 측정하여 순수한 물질의 Reference와 비교하면 식별이 가능하다.

### 순도(Purity)

어떤 물질에 녹아있는 약간의 불순물 조차도 녹는점에 영향을 끼친다. 녹는점이 낮아지거나 높아지는 현상이 생기는 것이다. 순수한 물질의 녹는점 지표와 차이가 적은 물질일수록 더 순도가 높다.

### 열적 안정성(Thermal stability)

많은 물질이 고온에서 변화한다. 분해 또는 변색이 그 예이다. 녹는점의 측정은 물질이 화학적 변화를 일으키지 않고 가열될 수 있는 양을 결정하는데 사용될 수 있는 방법 중 하나이다. 이 값은 물질의 열 안정성에 대한 지표로 유용하며, 건조 시 가능한 온도를 제시하는데 사용된다.

### 특장점

- 3개의 시료를 동시에 측정  
정밀한 측정을 위해 2.5X확대경을 통해 디스플레이 패널에서 시료를 관찰하고, 용해의 시작과 완료를 확인한 후, 버튼을 눌러 값을 저장(공통)
- 경쟁사 대비 유일하게 Slip Melting Point(미끄러짐 용점) 측정 가능 (고체 시료(립스틱, 버터 등) 측정 가능)
- 용점 또는 비등점 측정 과정을 동영상으로 녹화하여 컬러 디스플레이에서 6배 확대된 화면으로 쉽고 편리하게 상전이 관찰(M-565)

### 주요 응용분야

- 제약, 식품, 화장품 등 QC 및 연구소



## BÜCHI사 Melting Point (M-560 & M-565)

### M-560



#### 편리성

- 편리한 다국어 지원 사용자 인터페이스
- 용해 과정을 손쉽게 관찰할 수 있는 확대 렌즈
- BÜCHI Sample Loader (시료 주입기)를 사용하면 쉽고 재현성있는 모세관 패킹 가능
- 편리한 모세관 보관

#### 정확성

- 매우 정확한 온도 설정 및 측정
- 메뉴 안내식 캘리브레이션을 통해 기기 정확도 유지
- 인증된 표준 화합물을 사용한 손쉬운 캘리브레이션 검증

#### 신속성

- 신속한 가열 및 냉각 단계로 측정 주기 단축
- 최대 20°C/분의 온도 기울기를 사용해 신속한 예측 가능
- 최대 3개의 시료를 병렬 측정

### M-565



#### 정확성

- 자동 측정 및 캘리브레이션 결과 저장
- 융점 및 비등점의 자동 측정
- 매우 정확한 온도 조절 및 측정
- Sample Loader M-569(시료 주입기)를 사용하면 균일한 모세관 패킹으로 재현성 최적화

#### 유연성

- 융점, 비등점 또는 미끄러짐 융점 측정을 통해 거의 모든 유형의 시료에 적용
- 수동 측정과 자동 측정의 비교를 통해 어려운 시료 이중 확인
- 컬러 디스플레이와 비디오 녹화를 통한 상전이 관찰 및 재생
- 방법 및 결과의 손쉬운 관리를 위한 PC 소프트웨어 (옵션)

#### 준수성

- 약전 방법 준수 (유럽, USP, 일본)
- GLP/GMP 실험실을 위한 인증된 캘리브레이션 및 검증 화합물을 포함한 종합적인 IQ/OQ 절차

\*융점, 비등점을 자동 측정하고, 컬러 디스플레이와 비디오 녹화를 통한 상전이 관찰 및 재생은 M-565 모델만 가능

# 미술품 위작 판별! X선 형광 분석기



2005년 고 이중섭과 박수근 화백의 위작이 무더기로 적발되는 사건이 발생했다. 총 2천점이 넘는 작품들로 한국 미술 역사상 최대의 위작 사건이었다. 이 사건에서 위작을 판별하기 위해 다양한 분석법이 동원되었는데, XRF 분석법도 그 중 하나였다.

당시 사건과 관련하여 위작 판별에 참여한 명지대 문화재보존관리학과 최명운 교수는 '그림에 사용된 안료가 그 당시 사용될 수 있었던 안료인지를 분석하는데 초점을 맞췄다.'고 얘기했다. 예컨대 박수근, 이중섭 화백의 작품 중에는 금색과 은색이 사용된 부분이 있는데 당시 기술로 금색과 은색 안료를 만들려면 금이나 구리, 알루미늄을 원료로 사용해야 했다고 한다. 그러나 실제 그림에 사용된 안료를 분석해 보니 있어서는 안될 티타늄 성분이 검출되었다는 것이다.

이는 티타늄 피복운모를 사용하여 만든 안료가 사용되었을 가능성을 말해 준다. 티타늄 피복운모는 인공적인 기술로 만들어지는 재료로 운모에다 티타늄을 피복시켜서 은색을 만들고 거기에다 철 성분을 섞어 금색을 만든다. 만약 이 안료를 사용했을 경우 "1980년도에 개발된 안료를 어떻게 1956년에 돌아가신 분이 사용할 수 있겠냐?"는 것이 최명운 교수의 주장이다.

최근에는 고 천경자 화백의 '미인도'에 대한 위작 논란이 다시금 불거지면서 세간의 주목을 받고 있다. 고 천경자 화백이 살아 있던 1991년, 자신의 작품이 아니라고 밝히면서 시작된 위작 논란은 당사자가 작고한 지금까지도 이어져 오고 있는 것이다.

최근 검찰로 넘어간 이 사건은 검찰이 동원할 수 있는 모든 과학적인 위작 판별 기법을 총 동원하였으며 그 결과 위작이 아닌 진품이라는 수사 결과를 내놓은 바 있다. 그러나 천경자 화백의 유가족 측은 이를 받아들일 수 없다며 항고하겠다는 입장을 밝혔다.

미술품은 가치가 높아짐에 따라 위작의 수와 정교함도 증가하기 마련이고, 미술품의 진위 여부를 판단하는 것은 여러 측면에서 매우 중요하기 때문에 이를 객관적으로 판단할 수 있는 방법이 요구된다. 최근에는 검증 기술의 발달로 XRF 분석법 외에 여러 가지 방법들이 사용되기는 하지만 아직까지도 가장 많이 사용되는 방법 중 하나가 XRF 분석법을 이용한 안료의 성분 분석이다.

XRF 분석법은 X선 형광 분석(X-ray fluorescence)이란 뜻으로, 시료에 X선을 조사할 경우 발생하는 형광 X선 신호를 디텍터로 검출하는 원리를 이용하여 대상의 성분을 정성, 정량 분석하는 방법이다.

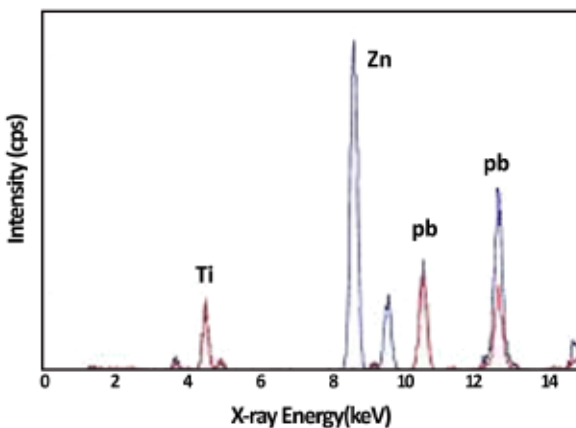


〈그림 1〉 휴대용 X선 형광분석기를 이용하는 모습  
〈사진 출처: 국립현대 미술관 홈페이지〉

이 분석법이 미술품 분석에 자주 사용되는 이유는 크게 두 가지가 있다.

첫 번째는 미술품을 훼손하지 않고도 분석을 할 수 있다는 점이다. XRF 분석은 X선을 이용하기 때문에 대상을 파괴하지 않으며 시료를 따로 채취할 필요가 없다. 분석기를 미술품에 직접 대고 분석하기만 하면 된다. XRF 분석은 비파괴 분석 뿐만 아니라 짧은 분석 시간과 사용법이 간편하다는 점도 자주 사용되는 이유 중 하나이다.

두 번째는 미술품에 사용된 무기 안료의 성분을 정성, 정량 분석하여 진품에 사용된 안료와 비교할 수 있다는 점이다.



〈그림 2〉 Spectral overlay of two pigments containing different amounts of Ti, Zn and pb. The ratio of the two pb peaks at 10.5 and 12.6 show the lead is not in the surface paint layer

〈그림 2〉는 XRF로 분석한 진품과 위작의 비교 스펙트럼인데 납의 함량과 아연의 존재 여부가 다르다는 것을 알 수 있다. 만약 미술품이 매우 오래 전에 제작되어 당시 사용했던 안료가 지금 사용되는 안료와 성분이 다르고 지금은 구할 수 없는 안료라면 당연히 분석 결과도 다르게 나올 것이다.

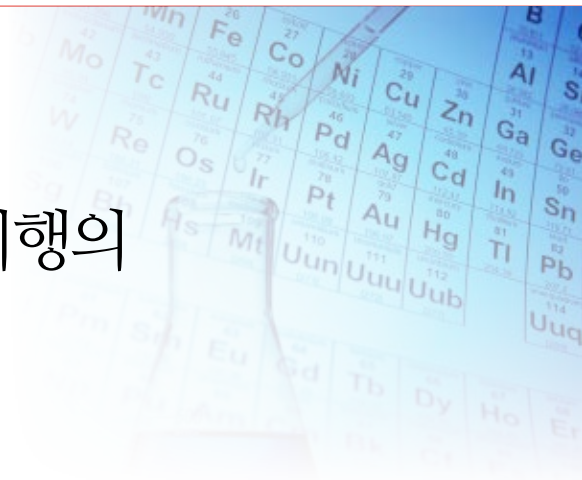
외국의 사례를 보면, 16세기 막달라 마리아의 베네치아 초상화에 XRF 분석을 사용한 사례가 있다. 이 그림은 사진과 같이 그림 뒷면 모퉁이에 빨간색 인장이 찍혀 있는데 이 인장의 성분을 XRF 분석기로 분석하여 당시 소유주와 기원을 추적하는데 사용되기도 했다.

이 밖에 XRF 분석법은 청동기 시대의 구리 합금으로 제작된 유물을 분석할 때 사용되기도 한다. 청동기 시대에 제작된 청동 유물들은 두 세가지 정도의 원소로만 구성된 간단한 구리 합금이다.

청동기 시대에 만들어진 구리 기반의 금속 유물은 주로 포금이나 납이 들어간 포금을 포함하는데 구리 기반의 합금에 1~15%의 주석과 납, 28% 정도의 아연으로 구성된다고 한다. 만약 아연이 28%보다 더 함유되어 있거나 다른 원소들이 발견될 경우 이는 청동기 시대 이후에 만들어진 유물일 확률이 높은 것이다. 구리 기반의 합금에 포함된 원소는 모두 X선 형광 분석기로 분석하기 쉬운 원소이므로 분석기로 아주 간단하게 분석할 수 있다.

이렇게 산업 분야에서 주로 활용되었던 X선 형광 분석기는 미술관, 문화재연구소, 박물관 등 미술품 및 유물 등을 관리, 보존하는 분야에서도 적극적으로 활용되고 있다.

# 폐기물 재활용 선진화 시행의 안정성 확보를 위한 폐기물 분석 서비스



## 폐기물 재활용 선진화 본격 시행

북태평양 하와이 섬 근처 해상에는 한반도 면적의 7배나 되는 쓰레기 더미들이 있다고 한다. 지구 상에 많은 쓰레기가 제대로 처리되지 못한 채 바다로 유입되고 있어 가장 낮은 표면인 바다로 모여 태평양 한 가운데 누구도 찾지 않는 폐기물 섬을 만들었다.



이처럼 폐기물 처리의 문제는 전세계의 해결 과제이며, 지난해 방문했던 국제환경산업전시회(Pollutec 2016)에서도 '폐기물의 최적화'의 주제를 선정하여 33개국 2206개의 업체와 6만여명의 관련 업종 종사자의 참관을 통해 앞으로의 트렌드를 파악할 수 있었다.

지난 3년간 우리나라는 한해 평균 약 8,800만 ton의 폐기물이 발생했다. 배출된 폐기물은 소각처리, 매립, 재활용 등 다양한 방법으로 처리되고 있지만, 소각처리 시 배출되는 오염물질은 대기 중으로 비산되어 인간에게 크고 작은 질병을 유발하게 되고, 매립을 통한 방법은 부지 선정과 사후 관리에 대한 문제가 야기되고 있다.

현재 오염물질 처리에 대한 기술력의 발전은, 갈수록 증가하는 폐기물 배출 속도에 비례하지 못하고 있어 근본적인 해결책이 필요한 실정이다.

지난해 환경부는 위와 같은 문제점의 근본적인 해결을 위해 폐기물 재활용 관리제도의 전면적인 개선방안을 담은 '폐기물 관리법 시행령 및 시행규칙' 개정안은 본격적으로 시행한다고 밝혔다.

## 개정안의 주요내용

기존의 재활용을 허용하는 방식이 법률상 명시된 71개 재활용 용도·방법만 허용하는 방식(원칙적 금지·예외적 허용)에서 인체의 건강과 환경에 위해가 없는 경우 재활용을 확대하

적용(원칙적 허용·예외적 금지)할 수 있는 네거티브 형태로 전환되는 것이다.

이를 위해 폐기물 종류가 현행 152종에서 286종으로 대폭 세분화되며, 재활용할 수 있는 방법을 총 39개로 유형화하여 각 폐기물별 재활용 유형 내에서는 자유롭게 재활용이 가능하도록 개정하였다. 앞으로 폐기물의 재활용은 확대되고 유해성 관리는 개선되어, 기존의 버려지고 소각처리 되었던 많은 폐기물을 재활용할 수 있도록 환경부는 관련법을 개정하였다.

## 폐기물관리법 시행규칙 개정 주요내용

### 1) 폐기물 세분화 (유해성, 발생원 등을 고려하여 세분화)

폐기물 세분화	
현행	사업장폐기물 152종
개선	사업장폐기물 260종, 생활폐기물(26종)

### 2) 재활용 유형 (재사용, 재생이용, 에너지회수 등 대(6)-중(10)-소(39) 분류)

폐기물 재활용 유형 분류	
1. 원형 그대로 재사용	R-1 : 원형 그대로 재사용하는 활동
	R-2 : 단순 수리·수선, 세척하여 재사용하는 활동
2. 재생이용하는 활동	R-3 : 재생이용할 수 있는 상태로 만드는 활동
	R-4 : 직접 재생이용하는 활동
3. 농업, 토질개선에 재활용	R-5 : 유·무기물질을 농업생산 기여 목적으로 재활용
	R-6 : 유기물질을 토질개선 목적으로 재활용
4. 성·복토재 등 재활용	R-7 : 성토재, 복토재, 도로기층재 등으로 재활용
5. 에너지를 회수하는 활동	R-8 : 에너지를 직접 회수하는 활동
	R-9 : 에너지를 회수할 수 있는 상태(연료)로 만드는 활동
6. 중간가공폐기물을 만드는 활동	R-10 : 중간가공폐기물을 만드는 활동

## 폐기물 재활용에 대한 안전관리

이와 함께 재활용이 확대되는 과정에서 발생할 수 있는 환경·인체의 영향을 최소화하기 위해 투입되는 폐기물에 대한 안전 관리도 더욱 엄격해진다.



무엇보다 재활용 폐기물에 대한 안정성의 입증에 확인되는 경우에 대해서만 허용해야 하며 랩프런티어의 폐기물 분석 서비스는 재활용 폐기물의 안정성 입증에 대한 가이드 역할을 제시하고 있다.

## 폐기물 분석서비스 유형

\*지정폐기물 유해물질 함유기준(폐기물관리법 시행규칙 제2조제1항 관련)

구분	기준	대상폐기물		
1. 납 또는 그 화합물	3mg/l 이상 함유한 경우	분진 소각재 (7항목)	광재 폐주물사 폐사 폐내화물 등 (8 항목)	오니 폐흡착제 폐흡수제 (11항목)
2. 구리 또는 그 화합물	3mg/l 이상 함유한 경우			
3. 비소 또는 그 화합물	1.5mg/l 이상 함유한 경우			
4. 수은 또는 그 화합물	0.005mg/l 이상 함유한 경우			
5. 카드뮴 또는 그 화합물	0.3mg/l 이상 함유한 경우			
6. 6가크롬 화합물	1.5mg/l 이상 함유한 경우			
7. 시안화합물	1mg/l 이상 함유한 경우			
8. 유기인화합물	1mg/l 이상 함유한 경우			
9. 테트라클로로 에틸렌	0.1mg/l 이상 함유한 경우			
10. 트리클로로 에틸렌	0.3mg/l 이상 함유한 경우			
11. 기름성분	5%이상 함유한 경우			

\* 폐기물 분석서비스 시험 의뢰 및 문의는 랩프런티어 환경사업팀 (031-460-9065)으로 연락주시기 바랍니다.

# 실험실 안전 리모델링 컨설팅

최근 안전불감증 문제로 각종 안전 사고들이 발생하면서 실험실의 안전이 이슈가 되고 있다.

미래창조과학부 고시 실험실 안전 권고사항이 재정되어 있으며, 10인 이상의 실험실에서는 안전보건수칙(KOSHA GUIDE G-82-2012)을 토대로 실험실에서 안전사고 및 화재 예방을 위한 안전보건관리 규정을 작성하고 실행해야 한다

## 다양한 실험실 안전장비

### 부스형 실험실 후드

실험실에서 사용하는 배기장비 중 가장 권고하는 제품은 부스형 후드이다. 흡후드(fume hood)는 유해물질이 배출되는 실험실에서는 필수로 설치해야 하며, 실험실 내 환기 및 다른 실험장비 사용에 영향을 미치지 않는 위치에 설치해야 한다.



부스형 실험실 후드



### 세안장치, 샤워장치

유해물질을 취급하는 모든 실험실에 필수적으로 설치해야 한다. 실험실 내의 모든 인원이 쉽게 접근할 수 있고 사용법이 간단하여 누구든 쉽게 사용할 수 있어야 한다.



세안장치와 샤워장치 설치 모습

### 소방설비

소방설비는 다양한 화재사고가 발생하였을 때 대응할 수 있어야 하며 가장 필수적인 안전 설비이다. 화재의 종류에 맞는 소화기를 구비하여 배치해야 하며, 실험실 종사자들에게 위험상황을 알릴 수 있는 경보설비도 함께 설치해야 한다.

실험실 안전을 위해 신규 실험실 구축을 진행할 때 실험실 안전법을 토대로 진행하여야 한다. 이미 사용 중인 실험실도 안전에 대한 점검을 받고 보완해야 하는 부분을 컨설팅 받아 재구축하여 안전한 실험실을 만들어야 한다.

### 유해물질 저장캐비닛

연구실에서 사용하는 시약 등 유해물질을 저장할 경우에는 강제배기장치가 설치되어 통풍이 되는 캐비닛에 저장해야 한다.

### 국소배기장치

잠재적 유해가스를 배출할 수 있는 GC(가스크로마토그래피), 진공펌프, 엑사이머(excimer)레이저, 원자 흡수 분광기(atomic absorption Spectrometer) 등의 기타 기기활용에 있어 국소 배기장치를 설치해야 한다.



국소배기장치



실험실 전문 컨설팅 와이에스엔에서는 실험실 구축의 전반적인 부분에서 실험실 레이아웃 및 기초장비, 분석장비의 납품과 더불어 안전관리, 전기공사, 급배수 공사, 덕트공사, 가스공사, 인테리어까지 One Stop Total Solution을 제공하고 있다.



Hot Issue  
최신뉴스

### 신규 대리점 계약, 미국 SciAps 사 Handheld XRF, LIBS, RAMAN 분석기

2016년 12월, 영인과학은 미국의 SciAps사와 국내 독점 대리점 계약을 체결하였습니다.



SciAps사는 Portable 분석기의 개발, 생산 전문 기업으로, 지구상의 어디에서나 어떤 성분이나 어떤 원소라도 분석할 수 있는 분석기를 제공한다는 사명을 가지고 현장에서 분석 가능한 portable 분석기의 total 솔루션을 제공하고 있습니다. 대표적인 제품으로는 X-ray 튜브를 이용한

성분 분석기 XRF, Laser를 이용한 성분 분석기 LIBS, RAMAN 분석기 등이 있습니다.

### 신규 대리점 계약

#### 영국 Nu instrument 사 high resolution ICP-MS

2017년 1월, 영인과학은 AME-TEK 그룹의 Nu instrument사와 대리점 계약을 체결하였습니다.

Nu instrument사는 Elemental & Isotopic Mass spectrometry 분야에서 선도적인 설계 및 제조 기술을 보유하고 있는 최첨단 과학

기기의 전문 생산 기업입니다. 특히 일반적으로 질량분석기에서 기대되는 성능을 초과하는 특화된 기술의 고분해능 질량 분석기를 다양한 응용 분야에 맞춰 제공하고 있습니다.

대표적인 제품으로는 Double focusing magnetic 기술을 이용한 무기 원소 정밀 분석 기기인 high resolution ICP-MS, AttoM ES가 있습니다. AttoM ES는 이온들의 손실을 원천적으로 차단한 Nu instrument 사의 특허인 deflector ion optic과 robust plasma, Faraday detector 등의 기술로 고분해능, 고감도의 분석 결과를 제공합니다.



### 영인과학 독자 개발 super 초순수 제조장치, aquapuri5 Series 출시

2017년 2월, 영인과학이 독자 개발한 super 초순수 제조장치인 'aquapuri 5 series'가 출시되었습니다. 영인과학이 새롭게 선보인 aquapuri 5 series는 정제된 물을 저장하는 기존 PE 탱크를 없앤 '물 탱크가 없는 진정한 직수형 시스템'을 도입하여, 보다 깨끗하고 안전한 고품질 초순수를 보장합니다. 시간당 최대 60L까지 고속 생산이 가능한 것 역시 큰 특징이며, 옵션으로 최대 2m까지 채수가 가능한 디스펜서를 선택할 수 있습니다.



또한 사용 목적에 따라 TypeI(초순수), TypeII(이온교환수), TypeIII(RO수) 등 생산수의 선택과 조합을 통해 고객맞춤 통합형 시스템을 제공하고, 인체공학적(Magnetic door, USB port, One button handy) 디자인으로 사용자의 편의성과 만족도를 극대화시켰습니다. 특히, 업계 최초로 장비 상단에 5" TFT LCD 터치 스크린을 장착해 생산수의 수질, 온도, TOC value, 필터의 사용시간(교체시기) 등 다양한 유지보수 데이터를 실시간 모니터링할 수 있도록 하였습니다.

\* 제품 문의 : 영인과학 신성장사업팀 02-519-7494

### Agilent사 Intuvo 9000 GC 2016년 최고 분석과학 혁신상 1위 수상



분석과학 전문지, The Analytical Scientist가 주최한 제4회 The Analytical Scientist Innovation Awards에서 Agilent사 Intuvo 9000 GC가 영예의 1위를 수상하였습니다.

Intuvo = Intelligent(똑똑한) + Intuitive(직관적인) + Innovative(혁신적인) Intuvo는 사소해 보이지만 사실은 까다로운 문제들에 대해 고심함으로써 초보 GC 분석자를 위한 새로운 길을 열어주었습니다. The Analytical Scientist Innovation Awards 투표에 참가한 전문가들은 Intuvo 9000 GC에 대해 이렇게 얘기하고 있습니다.



“GC 사용에 있어 가장 큰 3가지 난관을 넘어선 제품이다. GC 사용 경험이 없었던 그 누구도 쉽게 접근할 수 있는 제품이라 할 수 있다. 사용의 편리함! 그 누구도 반박하지 못할 것이다.”

“GC 사용자들이라면 공감할 만한 부분이 있다. 바로 GC 분석 시 아주 사소한 작업들에 꽤나 오랜 시간이 소요된다는 것이다. ‘분석’에 더 몰입하고 싶은가? Intuvo의 새로운 기능들이라면 이러한 ‘사소한’ 업무들이 너무나 쉽고 간단해진다. 이는 GC사용자 기반을 ‘더 높은 차원의 기술적 역량’으로 확대해 줄 길이 될 것이다.”

## Seminar 세미나

### Agilent Science and Technology Symposium 개최

한국에질런트테크놀로지스가 주최하고, 영인과학이 함께한 Agilent Science and Technology Symposium (이하 ASTS) 행사가 지난 2월 16일, 서울에서 진행되었습니다. 본 심포지움은 국내외 각 분야의 전문가들을 모시고 최신 분석 트렌드 및 응용 솔루션을 논의할 수 있도록 구성하였으며, 약 130여명의 고객분들과 함께 진행되었습니다.

Agilent Technologies사의 Product Specialist와 외부 연사를 모시고 진행된 ASTS 행사에서 영인과학은 ‘비타민 분석을 위한 HPLC 기반 자동화 솔루션’을 발표하였습니다. 또한 2016년 최고의 분석과학 혁신상 1위를 수상한 Agilent사 Intuvo 9000 GC가 전시되어 많은 관심을 받기도 하였습니다. 본 행사에 참석해 주신 모든 고객분들께 지면을 빌어 다시 한번 감사드립니다.



## Event 이벤트

### 영인과학 웹사이트 회원정보 수정 이벤트

2017년 4월 한달 동안 영인과학 웹사이트의 회원 정보를 수정해 주시는 분들 중 추첨을 통해 커피 기프트콘을 보내드립니다. 보다 유익한 자료들을 정확하게 보내드리기 위해 진행되는 이번 이벤트에 꼭 참여하시고 기념품도 받으시기 바랍니다. 영인과학 웹사이트에서 로그인 → 마이페이지 → 회원정보 변경 페이지에서 정보를 수정하신 후 수정버튼을 누르시면 자동으로 신청됩니다. 자세한 사항은 영인과학 웹사이트(www.youngin.com)에서 확인하실 수 있습니다.



## Exhibition 전시

### 코리아 POPs 포럼 참가

2017년 2월 9일~10일, 제8회 코리아 POPs 포럼에 영인과학이 참여하였습니다.

POPs(Persistent Organic Pollutants)는 말 그대로 잔류성 유기오염물질입니다. 대표적으로 다이옥신, PCB 등을 들 수 있으며 쉽게 분해되지 않고 다양한 환경 매체를 통해 국경을 넘나들며 장거리를 떠돌아다니다 결국 먹이사슬의 흐름을 따라 인간에게까지 이르러 다양한 질병을 유발할 수 있기 때문에 스톡홀름 협약을 통해 전세계적으로 이들을 규제하고 있는 실정입니다.

우리나라 역시 이 협약의 회원국이며 국내 POPs의 효과적인 제어를 위해 학술적 모임을 통하여 다양한 기술 교류를 하고 있습니다. 이 학술적 모임이 바로 코리아 POPs 포럼이며 약 10년간 이 모임을 통해 긴밀한 학술적 교류를 이어오며 해외 동향 및 국내 실정을 파악하고 POPs의 저감과 근절에 힘쓰고 있습니다. 이번 포럼에서 수는 세션도 별도로 마련되었습니다.



# • 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 75호 내용 중 필요하신 자료가 있으시면 체크해 주십시오.

우편이나 e-mail로 신속하게 자료를 보내드리겠습니다.

- 자료번호 75-1 식품 포장재 내 고분자 첨가제 등 유해성분 분석
- 자료번호 75-2 크로마토그램의 자동인식 소프트웨어
- 자료번호 75-3 식품 및 사료 중 잔류농약 분석에 JetClean을 적용하면?
- 자료번호 75-4 HbA1c(Hemoglobin A1c) 분석적, 임상적 양상
- 자료번호 75-5 식중독 균과 바실러스 균주동정을 위한 지방산 조성 분석
- 자료번호 75-6 Best Separation&Best Identification, Agilent사 2D-LC/Q-TOF
- 자료번호 75-7 향기 및 이취 관능 검출기, Gerstel사 ODP3 Olfactory Detector Port
- 자료번호 75-8 super 초순수 제조장치, 영인과학 aquapuri 5 series
- 자료번호 75-9 당화혈색소 분석기, Trinity Biotech사 Premier Hb9210™
- 자료번호 75-10 정확한 나노 볼륨 측정을 위한 Nano-Spectrophotometer
- 자료번호 75-11 생명공학분야 실험의 기본, Gene Cloning, 어떤 방법으로 진행할까?
- 자료번호 75-12 정확하고 안전한 실험을 위한 필수품! 영린기기 가스발생기
- 자료번호 75-13 모든 물질의 융점 측정을 간편하게, 융점과 비등점의 자동 측정을 위한 Melting Point
- 자료번호 75-14 미술품 위작 판별! X선 형광 분석기
- 자료번호 75-15 폐기물 재활용 선진화 시행의 안정성 확보를 위한 폐기물 분석 서비스
- 자료번호 75-16 실험실 안전 리모델링 컨설팅

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

## 수다 회동 어떠세요?

가끔 마음이 흐릴 때는  
사람들을 만나세요.

수다 속에서 다양한 인생을 만날 수 있습니다.  
아무 걱정 없을 것 같은 사람들도  
한 두가지 걱정거리가 있고,  
늘 우울해 보이는 사람에게도  
기쁨의 공간들이 있음을 발견하게 되지요.

그리고 내 마음 속에 있는 기쁨과 슬픔도  
모두 내 삶으로 받아들이기 쉬워질거예요.  
어찌보면 내게 주어진 밝음도 어두움도  
모두 내 것이잖아요.

즐거운 일은 부풀려서 크게 웃고  
힘든 일은 대수롭지 않은 듯 작게 슬퍼하는  
연습을 해 보자구요.

수다 회동... 자주 해 보세요.

편집자





**영인 과학**

06030 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)