

Application News

No. SSK-GC-2301

Headspace-Gas Chromatograph HS-20/Nexis GC-2030

HS-GC/FID를 이용한 특수건강진단 항목 중 Toluene의 생물학적 지표물질 *o*-Cresol 분석

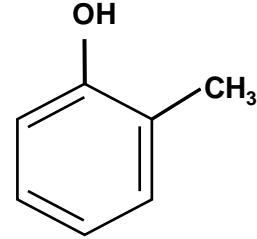
Analysis of *o*-Cresol as Biological Exposure Index to Toluene in Special Medical Examination by Headspace-Gas Chromatography/Flame Ionization Detector

■ 서론

특수건강진단은 산업안전보건법 제 130조(특수건강진단 등)에 따른 특수건강진단 대상업무(고용노동부령으로 정한 유해인자에 노출되는 업무)에 종사하는 근로자에게 유해인자별 정해진 시기 및 주기에 따라 특수건강진단을 실시하는 제도로 직업성 질환을 예방하고 근로자의 건강을 보호·유지하기 위함이다.

일반적으로 근로자들의 유해물질에 대한 노출정도를 평가하는 방법에는 작업장 공기중의 환경농도를 측정하는 방법과 노출된 근로자의 혈액이나 요 중 대사물질을 측정하는 생물학적 노출평가(이하 노출평가) 등이 있다. 1) 노출평가에서 생물학적 노출지표 물질은 생체 흡수 정도를 반영하는 물질을 말한다. 일반적으로 유해물질 자체나 그 생산물, 생화학적 변화물 등을 '생물학적 노출지표'로 지정해 작업환경 중 노출정도를 산정한다. 2)

특수건강진단 항목 중 유기화합물 중 Toluene은 벤젠에 비해 독성이 적어 대체물질로 사용되어 왔으나 사용량이 증가함에 따라 많은 작업장에서 이를 취급하게 되며 노출 기회가 많아졌다. 체내로 흡수된 Toluene은 80 %가 Hippuric acid으로 대사되며, 1 % 미만의 적은 양이 *o*-Cresol로 대사되어 황산과 글루쿠론산 결합체로 소변으로 배출된다²⁾. 이에 2020년 7월 전까지 Hippuric acid가 Toluene의 생물학적 노출지표로 지정되어 있었으나, 3) 식품 방부제로 사용하는 벤조산이 체내 대사과정에서 Hippuric acid으로 변화하므로 소변 중 Hippuric acid는 Toluene의 특이적인 노출지표가 될 수 없다는 제한점이 제시되면서 생물학적 노출지표가 *o*-Cresol로 변경되었다. 4) 이에 본 뉴스레터에서는 HS-GC-FID를 이용한 Toluene의 생물학적 지표물질인 *o*-Cresol의 분석방법에 대해 소개하고자 한다.



<*o*-Cresol>

그림 2. *o*-Cresol의 분자구조식

■ 기기 분석 조건

표 1. 기기분석 조건

Headspace system	HS-20
Measurement mode	: Loop
Oven Temp.	: 115 °C
Heating Time	: 60 min
Sample Line Temp.	: 195 °C
Transfer Line Temp.	: 200 °C
Shaking level	: Level 5
Injection Time	: 0.5 min
GC system	Nexis GC-2030
Detector	: FID-2030 flame ionization detector
Analytical Column	: Rtx-624 (60 m × 0.25 mm I.D., d.f.= 1.4 μm)
Column Temperature	: 100 °C (2 min) - 20 °C/min - 240 °C (10 min) Total 19 mins
Carrier gas	: He (1.5 mL/min)
Injection Mode	: Splitless
Detector Temperature	: 240 °C
Make up Gas	: He 24 mL/min
Detector Gas	: H ₂ 32 mL/min, Air 200 mL/min

■ 표준용액

약 10 mg의 *o*-Cresol을 부피 플라스크에 넣은 뒤, 10 mL의 증류수로 정량하여, 이를 표준원액(1,000 μg/mL)으로 사용하였다. 또 해당 표준원액 100 μL를 10 mL 정량 플라스크에 넣고 증류수로 희석하여 표준용액 10 μg/mL를 제조하였다. 이후, 표준용액 10 μg/mL를 증류수로 희석하여 0.1 0.2 0.5 1.0 그리고 2.0 μg/mL 농도로 10 mL 씩 조제하였다. 각각의 표준용액은 0.5 mL씩 분취하여 시료 조제와 같은 방식으로 전처리하여 이를 검량 곡선용 표준용액으로 사용하였다.



그림 1. HS20-Nexis GC2030

■ 시료 조제

22 mL 헤드스페이스 바이알에 수산화나트륨을 1 g 넣고, 농도별로 준비된 검량 곡선용 표준용액 및 인공 소변을 0.5 mL 넣은 후, HS-GC/FID를 이용하여 분석하였다.

■ 회수율 시험

회수율 시험은 인공 소변을 이용하여 최종농도가 0.2 µg/mL (저농도) 및 1.0 µg/mL (고농도)가 되게 제조하였다. 인공 소변 0.45 mL에 저농도 회수율은 2.0 µg/mL 표준용액을 50 µL, 고농도 회수율은 10 µg/mL 표준용액을 50 µL 각각 추가하였다. 이를 시료 조제와 같은 방식으로 전처리하여 분석하였으며, 각 회수율 시험은 농도당 3반복 분석하였다.

■ 검량곡선

o-Cresol의 검량곡선 및 크로마토그램은 각각 그림 3, 그림 4와 같으며, 결정계수(R^2)는 0.999 수준으로 우수한 직선성을 보였다.

■ 회수율 분석 시험 결과

저농도 및 고농도 회수율 분석 결과, 표 2에서 보는 것과 같이 모든 농도에서 (97 - 105) % 수준의 회수율을 보이는 것으로 나타났으며, RSD(%)도 5 % 이하로 우수하게 나타났다.

■ 결론

이 뉴스레터에서는 특수건강진단 항목 중 Toluene의 생물학적노출지표인 *o*-Cresol 분석을 위해 인공 소변 시료 중 *o*-Cresol을 HS-GC-FID를 이용하여 분석하였다. 분석 결과, 검량곡선의 결정계수(R^2)는 0.999 이상으로 우수한 직선성을 보였으며, 회수율은 저농도(0.2 µg/mL) 및 고농도(1.0 µg/mL)에서 (97 - 105) % 수준으로 우수하게 나타났다. 또, RSD(%)도 5 % 이하로 우수한 재현성을 보였다.

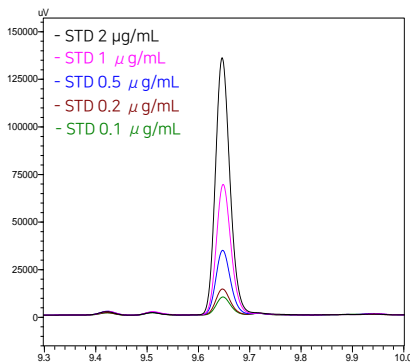


그림 3. *o*-Cresol 크로마토그램 (농도: 0.1 µg/mL - 2.0 µg/mL)

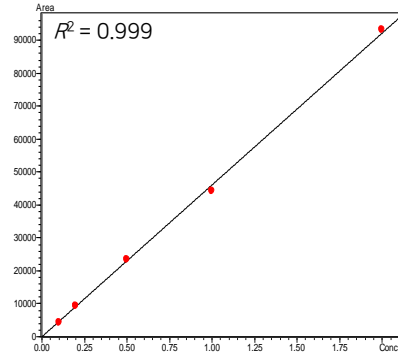


그림 4. *o*-Cresol의 검량곡선

표 2. 회수율 분석 결과($n=3$)

Retention time (min)	Conc.* (µg/mL)	Recovery (%)	Ave.**	RSD (%)
Low recovery (0.2 µg/mL)				
9.975	0.20	100		
9.974	0.20	100	101.7	2.9
9.975	0.21	105		
High recovery (1.0 µg/mL)				
9.975	1.04	104.0		
9.974	0.98	98.0	99.7	3.8
9.977	0.97	97.0		

Conc.* Concentration
Ave.** Average

■ 참고문헌

- 황정호 외, 톨루엔 노출 근로자의 생물학적 노출지표로서의 요 중 마요산, 톨루엔 및 오르토-크레졸 비교, 한국산업위생학회지, Volume 12, 2002, 79-87.
- KOSHA Guide (H-8-2021), 톨루엔의 생물학적 노출지표 물질 분석에 관한 기술지침, 한국산업안전보건공단, 2021.10.
- 2021-산업안전보건연구원-805, 근로자건강진단실무지침 제 1권 특수건강진단개요, 산업안전보건연구원, 2021. 12.
- 연구보고서 (2018-연구원-832)- 생물학적 노출평가 표준시료 개발(3)- 톨루엔의 생물학적 노출평가를 위한 소변 중 *o*-크레졸, 산업안전보건연구원, 2018.11.