



## 1,3-BUTADIENE(1)



연세대학교  
보건대학원 교수  
김치연

CAS 번호 : 106-99-0

동의어 : Biethylene; Buta-1,3-diene; Butadiene monomer;  $\alpha$ ,  
 $\gamma$ -Butadiene; Butadiene-1,3-,uninhibited; Divinyl;  
Erythrene; Vinylethylene;

분자식(Molecular formula) : C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>

### BEI 권고

평가 대상물질	시료채취시간	BEI	경고주석
1,2-Dihydroxy-4-(N-acetylcysteinyl)-butane in urine	작업종료 후	2,5 mg/L	Sq, B
Mixture of N-1-, N-2-(hydroxybutenyl)valine hemoglobin (Hb) adducts in blood	임의시간	2,5 pmol/g Hb	Sq

### 생물학적 노출지수(Biological Exposure Index)의 근거

ACGIH는 1,3-butadiene(butadiene) 노출에 대한 생물학적 지표로 작업 종료 후의 소변 중 1,2-dihydroxy-4-(N-acetylcysteiny)-butane(DHAB) 농도 2.5 mg/L로 권고하였다. 이러한 생물학적 노출 지수는 butadiene의 TLV-TWA 2 ppm에 해당하는 것이다. 경고주석(notiation) "Sq"를 권고한 것은 일부 현장 연구에서는 공기 중 부타디엔과 소변 중 DHAB 농도 사이에 유의한 상관관계가 없다는 보고가 있었기 때문이다. 경고주석 "B"를 적용한 것은 직업적으로 1,3-부타디엔에 노출되지 않은 사람들에서도 소변 중 DHAB 농도가 보고되었기 때문이다.

ACGIH는 120일 이상의 노출 후 채취한 혈액 내 헤모글로빈과 부가체(adduct) 형태로 존재하는 N-1-(hydroxylbutenyl) valine(MHBVal)과 N-2-(hydroxylbutenyl) valine(MHBVal)의 합산으로 2.5 pmol/g hemoglobin(Hb)을 생물학적 지표로 권고하였다. 혈액시료는 임의 시간에 채취하면 된다고 권고하였으며 경고주석 "Sq"를 적용한 것은 공기 중 1,3-부타디엔 농도와 관련성이 있다는 연구가 단지 1편만 보고되었기 때문이다. 분석방법은 복잡하며 혈액시료에서 낮은 농도의 부가체를 안정적으로 측정할 수 있어야 한다고 언급하였다

### 농도 전환(Conversions Factors)

공기 중 1,3-Butadiene : 2 ppm = 4.5 mg/m<sup>3</sup>

소변 중 DHAB : 2.5 mg/L = 0.625 mol/L

### 용도 및 특성(Uses and Properties)

1,3-부타디엔은 비점이 -4.4 °C인 무색의 비부식성 가스이다(ATSDR, 1993). 인화성은 매우 높고(인화점 76 °C), 메탄올과 에탄올에 약간 용해되며 일반적인 유기용제에는 쉽게 용해되지만 물(20 °C에서 735 mg/L)에는 잘 용해되지 않는다. 옥탄올/물 분배 계수 값 (logP)은 1.99이다.

약 120억 파운드의 1,3-부타디엔이 매년 전 세계적으로 생산되고 미국에서는 30억 파운드가 생산되며(Morrow, 1990) 폴리머, 엘라스토머 그리고 기타 화학 물질 생산의 중간재로 사용된다. 1,3-부타디엔의 주요 용도로는 스티렌-부타디엔 고무(합성 고무) 및 열가소성 수지가 포함된다. 1,3-부타디엔의 엘라스토머는 타이어, 신발, 스폰지, 호스 및 배관, 수하물, 포장 및 기타 다양한 성형제품의 제조에 사용된다. 또한 1,3-부타디엔은 곰팡이 제거제인 captan 및 captfol를 포함한 다양한 산업 화학물질을 생산하는 중간체로도 사용된다.

1990년 미국에서는 65,000명이 넘는 근로자가 잠재적으로 1,3-부타디엔에 노출된 것으로 보고되었다.



총 근로자 수의 69%는 화학 및 관련 제품 산업에 종사하고 14%는 고무 및 플라스틱 제품 산업, 8%는 기타 비즈니스 서비스업 그리고 3.4%는 다양한 제조업에 종사하는 근로자였다(Fajen, 1993).

### 비직업적 노출 가능성

1,3-부타디엔은 대기 중에서는 빠르게 확산되지만, 그래도 도시 및 교외 지역에서는 매우 낮은 농도로 존재한다. 이는 가솔린 및 디젤 동력 자동차 및 장비의 배출물 또는 제조, 사용, 운송 및 보관 중에 우연한 배출물을 통해 환경으로 방출되기 때문이다.(ATSDR,1993) 다른 화석 연료 및 바이오매스의 연소로는 방출이 적다. 고무뿐만 아니라 담배 연기, 가솔린 증기 및 연수 증기로부터도 경미하게 배출된다(Miller, 1978)

미국환경보호청(U.S. Environmental Protection Agency, USEPA)은 미국 내 여러 장소에서 대기 모니터링을 수행하였다. 이 프로그램에서 보고된 평균 대기농도는 0.1 ppb에서 0.6 ppb까지 다양하였으며 일부에서는 1 ppb를 초과하였다(EPA, 2002). 헬싱키에서는 도시의 대기 농도를 보고하였다(Sorsa 등, 1996). 변화한 거리 구석에서의 평균 부타디엔의 대기농도는 0.3 ppb(범위, <0.1-2.9 ppb)이고 주유소의 평균 농도는 15 ppb(범위, <0.1-50 ppb)이다.

1993년 자동차와 관련된 공기 독성 연구보고서에 따르면 평균 차량 내 노출수준은 1.3 ppb이며 최대 측정 수준은 7.6 ppb로 보고하였다(EPA, 2002)

부타디엔은 담배 연기도 존재한다. 담배에서 나오는 주류 연기의 배출량은 담배 1개피 당 14 μg-75 μg이고, 부류연에서는 평균 약 60 μg이며 범위는 205 μg-361 μg이다. 담배연기로 가득 찬 술집의 부타디엔 농도는 1.2 ppb-8.4 ppb이다(Brunnemann 등, 1990)

### 흡수(Absorption)

#### 흡입(Inhalation)

부타디엔 노출의 주요 경로는 흡입을 통한 것이다. 모델링에서 흡입된 1,3-부타디엔의 50%가 혈액으로 들어갈 것으로 추정하였다(EPA, 2002). 부타디엔은 혈액에 잘 녹고 혈액/공기 분배계수는 약 1에 해당한다. 지원자 8명을 대상으로 실시한 부타디엔 독성 동력학 실험연구에서는 혈액/공기 분배계수 범위가 0.9~1이었다(Bois 등, 1999). 산업업 종사자 61 명을 대상으로 한 연구에서는 공기 중 부타디엔과 폐포 부타디엔 농도의 비가 1.8이었고 높은 상관관계 (r = 0.9)를 보였다(Perbellini 등, 2003)

### 피부(Dermal)

피부 흡수 가능성에 대한 유용한 정보는 없었다.

### 위장관(Gastrointestinal)

경구 흡수 가능성에 대한 유용한 정보는 없었다.

### 제거(Elimination)

부타디엔은 호흡기계를 통해 제거할 수 있다. 생쥐와 흰쥐를 대상으로 실시한 연구에 따르면 동위 원소가 표지된 14C-부타디엔 흡입 시 방사능의 27%~77%가 호기로 배출되고 소변으로는 23%~48%가 제거되었다.(Bond 등, 1986)

1,3-부타디엔과 그 대사산물은 소변과 대변을 통해 제거된다. 흰쥐와 생쥐의 방사능 배설에 대한 반감기는 각각 4.6시간과 5.6시간으로 보고되었다. 🐾

#### 참고 문헌

1. U.S. Agency for Toxic Substances and Disease Registry: Toxicological profile for 1,3-butadiene; 1993; online at: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp28.html>.
2. Morrow NL: The industrial production and use of 1,3-butadiene, *Environ Health Perspect* 86:7-8 (1990).
3. Fajen JM: Industrial exposure to 1,3-butadiene in monomer, polymer and end-user industries, In: *Butadiene and Styrene: Assessment of Health Hazards*, pp. 3-14. Sorsa M; Peltonen K; Vainio H; Hemminki K (Eds.), IARC Scientific Publication No. 127, IARC, Lyon, France (1993).
4. Miller LM: Investigations of selected potential environmental contaminants: butadiene and its oligomers, EPA-560/2-78-008, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC (1978).
5. U.S. Environmental Protection Agency: Health assessment of 1,3-butadiene, EPA/600/P-98/001 F; 2002; online at: <http://www.epa.gov/iris/supdocs/butasup.pdf>.
6. Sorsa M; Peltonen K; Anderson D; et al.: Assessment of environmental and occupational exposures to butadiene as a model for risk estimation of petrochemical emissions, *Mutagenesis* 11(1):9-17 (1996).
7. Brunemann KD; Kagan MR; Cox JE: Analysis of 1,3-butadiene and other selected gas-phase components in cigarette mainstream and sidestream smoke by gas chromatography-mass selective detection, *Carcinogenesis* 11:1863 (1990).
8. Bois FY; Smith TJ; Gelman A; et al.: Optimal design for a study of butadiene toxicokinetics in humans, *Toxicol Sci* 49:213-224 (1999).
9. Perbellini L; Princivalle A; Cerpelloni M; et al.: Comparison of breath, blood and urine concentrations in the biomonitoring of environmental exposure to 1,3-butadiene, 2,5-dimethylfuran, and benzene, *Int Arch Occup Environ Health* 76:461-466 (2003).
10. Bond JA; Dahl AR; Henderson RF: Species differences in the disposition of inhaled butadiene, *Toxicol Appl Pharmacol* 84:617-627 (1986).
11. Albertini RJ; Sram RJ; Vacek PM; et al.: Biomarkers for assessing occupational exposures to 1,3-butadiene, *Chem Biol Interact Prev* 35-136:429-453, (2001).
12. Bond JA; Medinsky MA: Insights into the toxicokinetics and toxicodynamics of 1,3-butadiene, *Chem Biol Interact Prev* 135 136:599-614 (2001).
13. Himmelstein MW; Acquavella JF; Recio L: Toxicology and epidemiology of 1,3-butadiene, *Crit Rev Toxicol* 27(1):1-108 (1997).
14. Fustinoni S; Soleo L; Warholm M; et al.: Influence of metabolic genotypes on biomarkers of exposure to 1,3-butadiene in humans, *Chem Biol Interact* 11:1082-1090 (2002).