

[유제놀]		
물리·화학적 특성		
유제놀은 phenylpropanoid계 화합물에 속한다. 클로브 오일, 계피, 바질, 월계수 잎으로부터 추출한다. 간 독성이 있으며, 혈변, 경련, 설사, 어지럼증, 급속한 심박에 이르기까지 다양한 증상을 일으킬 수 있다. 차, 고기, 향수, 향료로 사용되고 국소 소독제 및 마취제로도 사용된다. 유제놀은 산화아연과 결합하여 산화아연 유제놀을 형성할 수 있으며 이는 치과에서 수복 및 보철 용도로 사용된다.		
물질명	국문명: 유제놀 영문명: Eugenol	
관리정보	Cas number: 97-53-0	
성상	무색 또는 옅은 노란색의 투명한 액체이다. 정향(colve)의 강한 냄새와 함께 공기에 노출되면 어두워지고 두꺼워지는 경향이 있다.	
분자식	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	
분자량	164.204 g/mol	
끓는점	248℃ (at 1atm)	
어는점	-7.5℃ (at 1atm)	
밀도	1.068 g/cm3 (at 20℃)	
증기압	0.04 hPa (at 25℃)	
pH (unitless)	자료없음	
용해도	1154 mg/L (at 20℃)	
상대증기밀도	greater than 1.0 (Relative to Air)	
인화점	124℃ (at 1atm)	
폭발성	비폭발성	
독성 정보		
독성	종(species)	결과
급성 구강독성	Rat	LD ₅₀ > 2,000 mg/kg bw (combine)
급성 흡입독성	Rat	LC ₅₀ > 2.6 mg/L
급성 피부독성	자료없음	-
피부 자극	Rabbit	자극적이지 않다.
눈 자극	Rabbit	자극적이다.
반복선량 독성	Rat	NOAEL = 300 mg/kg bw/d
유전독성	S. typhimurium E. coli	박테리아 역돌연변이 분석, 포유류 염색체 이상 검사, 포유류 유전자 돌연변이 분석(시험관 내 1개, 생체 내 2개) 결과 부작용이 관찰되지 않았다.
발암성	Rat	104주 동안 유제놀을 경구 노출된 쥐를 대상으로 수행된 발암성 연구에서 최고 용량에서 전체 연구하는 동안 10%의 체중감소가 발견되었다. (NOAEL = 300 mg/kg bw/d combined) 이외 특별한 전신 부작용은 없었다.
생식독성	Rat	Eugenol에 관한 생식독성 연구는 없다. Eugenol과 Isoeugenol은 2-methoxy-4-propenylphenol 이성질체이며, 프로페닐 치환기에서 이중 결합의 위치를 제외하고 화학 구조가 동일하므로 생물학적 활성이 비슷할 것으로 간주한다. Isoeugenol에 대한 독성 연구에 따르면 NOAEL ≥ 700 mg/kg bw/day 이다.
발달 독성	Rat	Eugenol에 관한 발달 독성 연구는 없다. Isoeugenol에 대한 독성 연구에 따르면 LOAEL 모체 독성 = 250 mg/kg bw/day, 용량 의존적 감소된 체중 증가에 기반한다. NOAEL 발달 독성 = 500 mg/kg bw/일, 1000mg/kg bw/일에서 관찰된 자궁 내 성장 지연에 기초한 약간 지연된 골격 골화. 그러나 이 발견은 모체 독성에 의한 이차적일 가능성이 있다.

건강 영향	
흡입 노출	수컷, 암컷 쥐 5마리에게 2.58 mg/L 농도의 유제놀을 흡입하였더니 불규칙한 호흡 및 가역적인 독성징후가 나타났다. 사망자는 없었고, 48시간 이내 정상으로 회복되었다. 14일 관찰 기간 후 조직병리학적 검사는 정상이었다. 이는 4시간 LC ₅₀ 이 5mg/L 이상임을 시사하고, 흡입 노출 시 급성 독성이 있다고 할 수 없다.
경구 노출	수컷, 암컷 쥐 5마리에게 1% 용해된 유제놀을 경구투여하였더니 최고 용량에서 암컷 쥐 한 마리가 사망하였고, LD ₅₀ 값은 > 2,000 mg/kg bw이다. 섭취 시 위장염 발생. 수용액은 구토를 유발한다.
피부 노출	암컷 토끼 4마리 피부에 0.5 mL 유제놀 노출 시, 2마리에게서 약간의 홍반과 부종이 나타났다. 접촉성 피부염 환자 중 향수 혼합물에 알레르기 반응이 있던 509명에게 eugenol patch test한 결과 55.4%의 양성 반응을 보였다.
눈 노출	암컷 토끼 6마리 눈에 0.1 mL 유제놀 주입 후 7일 동안 관찰하였다. 첫 24시간 동안 심한 자극을 일으키고, 점차 줄어드나 7일 후에도 완전히 사라지진 않았다. 낮은 위험이 있다고 할 수 있다.
만성 영향	수컷 쥐에게 12,500 ppm의 유제놀을 90일 반복 투여하였더니 10%에서 체중감소가 있다. 사망률, 조직병리학적으로 유의한 결과는 없었다.
환경 거동 (잔류성, 반감기 등)	유제놀은 log K _{ow} 1.83으로 쉽게 생분해될 것으로 간주하고, 옥탄올-물 분배 계수가 낮아 토양에서 이동성이 매우 높고, 수생/퇴적물 생물 축적 가능성이 작다.
생물학적 모니터링 방법	경구 투여 결과 혈장과 비교하여 적혈구에서 더 많이 관찰된다. 이는 저분자량(164.2 g/mol) 및 적당한 log K _{ow} 을 가진 유제놀의 친유성 특성에 의한 것으로 간주한다. 섭취된 유제놀은 간에서 빠르게 대사되어 glucuronide 및 sulfate 접합체를 형성하고 소장, 대장, 신장, 간, 부신, 위, 뇌 등 다양한 장기에 빠르게 분포한다. 섭취한 양의 90%가 24시간 이내 소변과(80%) 대변으로(10%) 배설된다. 반감기는 14h이다.
노출 경로별 사고사례	1993년 출판된 보고서에 따르면 2세 소년이 정향 오일 5~10 mL를 복용한 후 대사성 산증, 혼수, 발작, 저혈당 및 간부전이 발생했다. 치통을 완화하기 위해 얼굴에 소량의 정향 오일을 쓴 24세 여성에게 영구적인 무한증이 나타났다.
안전 가이드	
응급조치 요령	<p>[즉각적인 응급처치]</p> <p>적절한 오염 제거가 수행되었는지 확인하십시오. 환자가 숨을 쉬지 않으면 요구 밸브 인공호흡기, 백 밸브 마스크 장치 또는 포켓 마스크를 사용하여 인공호흡을 시작하는 것이 좋다. 필요에 따라 심폐소생술을 시행한다. 즉시 흐르는 물로 오염된 눈을 씻어내시오. 구토를 유도하지 마시오. 구토가 발생하면 환자를 앞으로 기울이거나 왼쪽(가능하면 머리를 아래로 향하게 하는 자세)으로 두어 기도를 개방하고 흡인을 방지한다. 환자를 조용히 하고 정상 체온을 유지하십시오. 의사의 진료를 받으시오.</p> <p>[흡입했을 때]</p> <p>신선한 공기가 있는 곳으로 옮기고 따뜻하게 하여 안정을 취하십시오. 호흡곤란, 불안 또는 지속적인 두통의 경우 의사와 상담하십시오.</p> <p>[피부에 접촉했을 때]</p> <p>과민성 오염된 의복을 제거하십시오. 비누와 다량의 물로 피부를 씻어내시오. 자극이 나타나면 의사의 진찰을 받으시오. 재사용하기 전에 오염된 의복을 세탁하십시오.</p> <p>[눈에 들어갔을 때]</p> <p>눈 자극성 눈꺼풀 아래를 포함하여 적어도 15분 동안 물로 충분히 씻으시오. 오염되지 않은 눈에 물이 들어가지 않도록 하시오. 자극(발적, 통증)이나 조직 손상의 증거가 지속되면 의사의 진찰을 받으시오.</p>

	<p>[섭취했을 때]</p> <p>물로 입을 행구고 뱉어내시오. 아무것도 먹거나 마시게 하지 말고, 전문가의 조언 없이 토하려고 하지 마시오. 가능한 경우 활성탄을 투여하시오. N-Acetylcysteine은 간 독성을 예방하거나 치료하는 데 도움이 될 수 있다.</p>
취급 및 보관	<p>[취급]</p> <p>일반 산업 위생에 대한 조언 : 과민성 및 눈 자극성. 적절한 보호복과 적절한 장갑을 착용하시오. 취급 후에는 손을 철저히 씻으시오. 재사용하기 전에 오염된 의복을 세탁하시오. 오염된 작업복은 작업장 밖으로 반출되어서는 안 된다. 화학 보안경을 착용하시오. 유기 화학 물질 취급에 대한 일반적인 예방 조치를 준수하시오. 올바른 개인 세척 루틴을 따라야 한다. 휴식 전과 작업 후에는 손을 씻으시오. 사용 시 먹거나 마시거나 담배를 피우지 마시오. 증기와 스프레이를 흡입하지 마시오.</p> <p>[보관]</p> <p>비호환성을 포함한 안전한 보관을 위한 조건: 밀폐된 상태로, 가급적이면 가득 차 있고, 적절하게 라벨이 부착된 용기에 보관하고 열원에서 멀리 떨어져 있고 극한의 온도로부터 보호하는 것이 일반적인 관행이다. 빈 용기를 재사용하지 마시오.</p>

[참고문헌]

- 1) “Constituents of the essential oil from leaves and buds of clove (*Syzigium caryophyllatum* L.) Alston” (PDF). 《Bangladesh Council of Scientific and Industrial Research BCSIR Laboratories》 4: 451-454.
- 2) Mallavarapu, Gopal R.; Ramesh, S.; Chandrasekhara, R. S.; Rajeswara Rao, B. R.; Kaul, P. N.; Bhattacharya, A. K. (1995). “Investigation of the essential oil of cinnamon leaf grown at Bangalore and Hyderabad” . 《Flavour and Fragrance Journal》 (wiley.com) 10 (4): 239-242.
- 3) Thompson, D. C.; Barhoumi, R.; Burghardt, R. C. (1998). “Comparative toxicity of eugenol and its quinone methide metabolite in cultured liver cells using kinetic fluorescence bioassays” . 《en:Toxicology and Applied Pharmacology》 149 (1): 55-63.
- 4) “Eugenol Oil Overdose” . 《New York Times Health Guide》 .
- 5) “Eugenol”. PubChem, US National Library of Medicine. 16 October 2021. Retrieved 24 October 2021.
- 6) “Eugenol (clove oil)”. LiverTox, US National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases. 28 October 2018. Retrieved 24 October 2021.
- 7) Sell AB, Carlini EA (1976). “Anesthetic action of methyleugenol and other eugenol derivatives”. *Pharmacology*. 14 (4): 367-77.
- 8) Jadhav BK, Khandelwal KR, Ketkar AR, Pisal SS (February 2004). “Formulation and evaluation of mucoadhesive tablets containing eugenol for the treatment of periodontal diseases”. *Drug Development and Industrial Pharmacy*. 30 (2): 195-203.
- 9) Turic P et al; Coll Antropol. 2011 Mar;35(1):83-7 (2011)
- 10) Gosselin, R.E., R.P. Smith, H.C. Hodge. *Clinical Toxicology of Commercial Products*. 5th ed. Baltimore: Williams and Wilkins, 1984., p. II-257
- 11) Ford MD, Delaney KA, Ling LJ, Erickson T; *Clinical Toxicology*. W.B. Saunders Company., Philadelphia, PA. 2001, p. 346
- 12) Goldfrank, L.R., *Goldfrank’s Toxicologic Emergencies* 9th Ed. 2011., McGraw-Hill, New York, N.Y., p. 625
- 13) OLSON, K.R. (Ed). *Poisoning and Drug Overdose*, Sixth Edition. McGraw-Hill, New York, NY 2012, p. 158
- 14) Currance, P.L. Clements, B., Bronstein, A.C. (Eds).; *Emergency Care For Hazardous Materials Exposure*. 3Rd edition, Elsevier Mosby, St. Louis, MO 2005, p. 277