

[벤젠설펜산, C10-13-알킬 유도체, 소듐염]

물리·화학적 특성^{1)-4),9),10),13),14)}

벤젠설펜산, C10-13-알킬 유도체, 소듐염은 세탁세제 분말 및 액체, 가정용 세제, 기관용 세제 및 계면활성제의 성분으로 사용된다. 또한 중합체, 섬유 가공 산업, 광화학 및 건설 자재에도 사용된다. 산과 반응하거나 가열하는 경우 유독성 및 부식성 가스를 발생시킨다. 식수를 통해 섭취되기도 하고 식기와 식품에 남은 잔류물을 통해 섭취되기도 한다. 노출 시 위장관에 쉽게 흡수되어 전신에 널리 분포되며 광범위하게 대사된다. 대사물은 주로 신장을 통해 배출되지만, 일부는 담도를 통하거나 대변에서 대사물로 배출될 수 있다. 피부를 통해 노출되는 경우가 가장 많으며 장기간 접촉 시 표피 장벽이 손상될 수 있어 주의해야 한다.

물질명	국문 : 벤젠설펜산, C10-13-알킬 유도체, 소듐염 / 알킬벤젠설펜산나트륨 영문 : Sodium alkylbenzene sulfonate / Linear alkylbenzenesulfonate, sodium salt / Benzenesulfonic acid, C10-13-alkyl derivs, sodium salts
관리정보	CAS NO. 68411-30-3
성상	Pale yellow liquid or solid Aqueous solution: Clear colorless liquid
분자식	C ₁₇ H ₂₇ NaO ₃ S C _{11.6} H _{24.2} C ₆ H ₄ SO ₃ Na
분자량	334.44900 180.158 348.48 (typical) 342.4
끓는점	> 300°C (estimated) 637°C
녹는점	> 25°C (solid) 277°C
밀도	1.06 (water = 1)
증기압	< 1.0×10 ⁻¹⁰ mmHg at 25°C (estimated)
pH (unitless)	7 - 9
용해도	25 (g/100ml at 20°C)
상대증기밀도	6.2
인화점	자료없음
폭발성	자료없음

독성 정보^{5)-7),11),13),24),26)-53)}

독성	종(species)	결과
급성 구강독성	Rat	LD ₅₀ = 404 mg/kg
		LD ₅₀ = 1630 mg/kg
		LD ₅₀ = 1410 mg/kg
	Mouse	LD ₅₀ = 404-1470 mg/kg
		LD ₅₀ = 1080 mg/kg
		LD ₅₀ = 1575 mg/kg
급성 흡입독성		흡입 독성을 평가하기에 제한적
급성 피부독성	Rat	LD ₅₀ = 810 mg/kg
	Mouse	5% 이상 용액 장기간 도포 시 조직병리학적, 생화학적 변화
	Guinea pig	60 mg/kg을 30일 도포 시 조직병리학적, 생화학적 변화
피부 자극	Human	발적, 통증 1% 용액을 24시간 접촉 시 경증의 자극성
	Rabbit	자극성

		1%, 2.5% 농도에서는 자극성이 없다. 5% 농도에서 중간 정도 자극성 47-50% 농도에서 자극성	
눈 자극	Human	발적, 통증, 안구 화상, 부식성	
	Rabbit	0.01% 수용액, 0.05% 수용액에서 자극성이 없다. 0.5% 수용액에서 심한 충혈과 부종 1% 농도에서 자극성이 없다. 5% 농도에서 중간 정도 자극성 47-50% 농도에서 심한 자극성	
반복선량 독성	Rat	28일, gavage NOAEL = 250 mg/kg/day LOAEL = 500 mg/kg/day (임상 징후, 체중 감소, 임상 화학 효과 및 변화에 기초한 간/신장 독성의 징후에 대하여)	
		1개월, gavage NOAEL = 125 mg/kg-bw/day LOAEL = 250 mg/kg-bw/day	
		60일, 경구 투여 NOAEL = 170 mg/kg-bw/day (the highest dose)	
		90일, 경구 투여 NOAEL = 50 mg/kg-bw/day (the lowest dose) LOAEL = 250 mg/kg-bw/day (the highest dose)	
		6개월, 경구 투여 NOAEL = 40 mg/kg-bw/day (the lowest dose) LOAEL = 115 mg/kg-bw/day	
		9개월, 경구 투여 NOAEL = 260 mg/kg-bw/day LOAEL = 780 mg/kg-bw/day	
		9개월, 식수 NOAEL = 85 mg/kg-bw/day LOAEL = 145 mg/kg-bw/day	
		Mouse	9개월, 식이 NOAEL < 500 mg/kg-bw/day LOAEL = 500 mg/kg-bw/day
			9개월, 식수 NOAEL = 100 mg/kg-bw/day LOAEL = 250 mg/kg-bw/day
		유전독성	Rat
in vitro, in vivo	유전독성이 관찰되지 않았다.		
발암성	Rat	발암 가능성 평가하기에 불충분하다.	
		2년간 매일 경구 투여 시 종양을 유발하지 않았다.	
		2년간 매일 식수로 투여 시 200 mg/kg/day에서도 종양을 유발하지 않았다.	
		2년 이상 매일 경구 투여 시 300 mg/kg/day에서도 종양을 유발하지 않았다. 26개월간 매일 식수로 투여 시 200 mg/kg-bw/day에서도 종양을 유발하지 않았다.	
생식독성	Rat	0.3% 이상의 용액을 피부에 반복적으로 도포 시 생식 독성 발생 생식 독성을 유발하지 않았다.	
		NOAEL Parenteral = 350 mg/kg-bw/day (the highest dose) NOAEL F1 Offspring = 350 mg/kg-bw/day (the highest dose)	

		NOAEL F2 Offspring = 350 mg/kg-bw/day (the highest dose) (3세대에 걸쳐 출산, 임신, 분만, 신생아 생존 가능성, 수유 및 분만 후 성장에 대하여)	
		NOAEL = 170 mg/kg-bw/day (the highest dose) (3세대에 걸쳐 기형, 장기 무게, 조직학적 변화에 대하여)	
발달독성	Rat	임신 중 6-15일, 식수 NOAEL maternal = 383 mg/kg-bw/day (the only dose tested) NOAEL teratogenicity = 383 mg/kg-bw/day (the only dose tested)	
		임신 중 0-20일, 식이 NOAEL maternal = 780 mg/kg-bw/day (the highest dose) NOAEL teratogenicity = 780 mg/kg-bw/day (the highest dose)	
		임신 중 6-15일, 수정 전 60일, 식이 NOAEL maternal = 225 mg/kg-bw/day (the highest dose) NOAEL teratogenicity = 225 mg/kg-bw/day (the highest dose)	
		임신 중 6-15일, 위관 영양 NOAEL maternal = 300 mg/kg-bw/day NOAEL teratogenicity = 600 mg/kg-bw/day (the highest dose)	
		임신 중 2-15일, 피부 NOAEL maternal = 6 mg/kg-bw/day NOAEL teratogenicity = 60 mg/kg-bw/day (the highest dose)	
		임신 중 0-21일, 피부 NOAEL maternal = 20 mg/kg-bw/day NOAEL teratogenicity = 400 mg/kg-bw/day (the highest dose)	
		임신 중 7-13일, 위관 영양 NOAEL maternal = 40 mg/kg-bw/day NOAEL teratogenicity = 400 mg/kg-bw/day (the highest dose)	
		임신 중 6-15일, 위관 영양 NOAEL maternal = 10 mg/kg-bw/day NOAEL teratogenicity = 300 mg/kg-bw/day (the highest dose)	
		임신 중 6-15일, 위관 영양 NOAEL maternal = 2 mg/kg-bw/day NOAEL teratogenicity = 300 mg/kg-bw/day	
	Mouse	임신 중 6-15일, 피부 NOAEL maternal = 150 mg/kg-bw/day NOAEL teratogenicity = 1500 mg/kg-bw/day (the highest dose)	
		임신 중 0-3일 또는 8-11일, 피하 NOAEL maternal = 20 mg/kg-bw/day NOAEL teratogenicity = 200 mg/kg-bw/day (the highest dose)	
		임신 중 2-16일, 위관 영양 NOAEL maternal = 135 mg/kg-bw/day (the only dose tested) NOAEL teratogenicity = 135 mg/kg-bw/day (the only dose tested)	
		임신 중 6-18일, 식수 LOAEL maternal = 3330 mg/kg-bw/day (the only dose tested) LOAEL teratogenicity = 3330 mg/kg-bw/day (the only dose tested)	
		임신 중 1-16일, 피부 NOAEL maternal = 0.9 mg/kg-bw/day NOAEL teratogenicity = 90 mg/kg-bw/day (the highest dose)	
	건강 영향 ^{5)-9),11)-13),15)-28),53)}		
	흡입 노출	흡입 시 기침과 인후통이 발생한다.	
		쥐에게 4시간 동안 흡입 노출 시킨 결과, 모든 쥐의 코에서 맑거나 붉은 콧물이 분비되었다. 하지만 실험에서 사용한 입자의 크기는 실제 세제에 사용되는 입자의 크기보다 매우 작기 때문에, 실제 피폭 시 훨씬 큰 크기의 입자가 생성될 것이며 이	

	는 폐까지 도달하지 못할 가능성이 크다. 따라서 실험 결과로 실제 피폭과 건강위험의 관련성을 입증하기에는 제한적이다.
경구 노출	경구 노출 시 메스꺼움, 구토, 설사가 나타난다.
	사람이 계면활성제를 우발적으로 섭취하여 노출된 경우, 심각한 부상이나 사망은 보고되지 않았다.
	쥐에게 경구 노출 시 눈에서 눈물을 흘렸고, 전신의 활동이 저하되었으며, 위장관의 과운동이 발생하여 설사가 나타났다.
	생쥐에게 경구 노출 시 감각의 변화와 함께 경련성 마비가 나타났고, 경련 역치에 변화가 생겼으며, 위장관의 과운동이 발생하여 설사가 나타났다.
	쥐에게 경구 노출 시 알칼리성 인산분해효소 활성의 유의한 증가(수컷의 모든 선량 그룹과 암컷의 중간 및 높은 선량 그룹), 글루탐산염의 유의미한 증가, 트랜스아미노아제 및 혈액-요소 질소(고선량 그룹), 단백질 및 알부민 수치의 유의미한 감소(모든 선량 그룹)가 나타났으며 장기 무게도 영향을 받았다. 비장 및 심장의 유의한 감소(암컷의 고선량 그룹)와 증가(여성의 고선량 그룹), 간의 무게 증가가 나타났으나 간에는 조직학적 병변이 없었다.
쥐에게 경구 노출 시 약 30분 후부터 나타나는 증상으로는 설사, 쪼그려 앉은 자세, 호흡곤란, 비출혈, 탈수증, 무기력증 등이 있었고, 120시간 뒤 증상이 사라졌다. 연구가 끝나기 전 죽은 동물들의 위와 장에서는 발적이 나타났고, 살아남은 동물들에서는 위경련과 함께 위, 간, 비장, 신장, 복막의 이상이 나타났다.	
피부 노출	피부 노출 시 발적과 통증이 나타난다.
	계면활성제를 통해 피부에 노출될 시 피부 표면의 탈락, 천연 보습 인자의 용출, 표피층의 단백질 변성, 외부 층의 투과성 및 부기를 증가시켰다. 피부 감작성은 나타나지 않았으며, 습진을 유발한다는 증거는 없다.
	피부에 도포 시 전신 독성과 국소적 독성이 모두 나타났다.
	쥐에게 피하 노출 시 운동 활동에 변화가 왔으며, 호흡기계에도 변화가 나타났다. 토끼의 피부에 도포 시 피부 탈락, 괴사, 과각화가 관찰되었다.
눈 노출	안구 노출 시 발적, 통증, 안구 화상이 나타난다.
	토끼에게 24시간 동안 노출 시 0.5% 수용액에서 심한 충혈과 부종이 나타났다.
급성 영향	급성 노출 시 눈에 부식성을 나타내며, 피부와 호흡기에 자극을 나타낸다.
만성 영향	생쥐에게 식수 또는 식이요법으로 9개월간 노출 시켰을 때, 암컷과 수컷 모두에서 간의 무게가 증가되었고, 화학적 수치의 변화가 있었다. LDH 및 인산 분해효소가 감소하였다.
환경거동 (잔류성, 반감기 등)	72-h EC ₅₀ (biomass) = 20 mg/L, 72-h EC ₅₀ (growth rate) = 82 mg/L로서 수생동물에게 유독한 물질이다.
	선형 알킬벤젠 술포산염의 경우 OECD 301A test를 사용하였더니 28일 후 93%가 분해되었고, OECD 301B test를 사용하였더니 28일 후 83%가 분해되어 생분해되기 쉬운 것으로 분류되었다.
	광분해 시 반감기는 9.7시간으로 추정되며, 환경에 축적되는 정도는 낮다.
	환경에서의 농도는 폐수 > 처리유출물 > 지표수 > 바다 순으로 점진적으로 감소된다. 주로 사용되는 계면활성제에서의 농도는 보통 폐수에서 1-10 mg/L, 과염 필터로 처리된 유출물에서는 0.05-0.6 mg/L, 하수 유출물 이하 표면수에서는 0.005-0.05 mg/L, 하수도 내 0.001-0.01 mg/L, 해상 해양에서는 0.001-0.002 mg/L 미만이다. 환경 모니터링에서는 시간이 지남에 따라 환경에 축적되지 않았음을 보여준다. 토양에서의 농도는 시간에 따라 증가하지 않고 광물화로 인해 감소한다. 엄격한 혐기성 조건에서는 분해되지 않는다.
	5-10°C 미만에서는 미생물의 활동이 감소하여 생분해가 감소한다.
	선형 알킬벤젠 술포산염은 환경으로 이동하는 동안 콜로이드 표면과 부유 입자에

	<p>흡착되며, 지표수 및 유산소 퇴적물과 해양 시스템에서 생분해된다. 혐기성 슬러지에서는 제거되지 않지만 토양에 슬러지를 도포한 후 일반적으로 90%는 3개월 이내에 분해되며 반감기는 5-30일이다.</p> <p>활성화된 슬러지에서의 반감기는 0.6-0.7시간, 1.3-1.4시간으로 측정되었다.</p> <p>강물에서의 반감기는 12시간, 18시간, 1-3시간으로 측정되었다.</p> <p>토양에서의 반감기는 field에서는 1-7일, 실험실에서는 2-26일로 측정되었다.</p>
건강영향 예방관리 방법	<p>호흡기 손상을 예방하기 위해 국소 배기 장치 또는 호흡 보호구를 사용하고, 보호장갑을 착용하여 손에 닿는 것을 예방한다. 안전한 고글을 착용하여 안구 손상을 예방하며, 물질 취급 시에는 음식 및 음료 섭취, 흡연을 삼간다.</p> <p>물질의 공기 중 농도에 맞춰 조정된 미립자 필터를 사용한 호흡 보호구를 사용한다.</p>
생물학적 모니터링 방법	<p>생물학적 모니터링 방법에 대해서는 조사된 바 없으나, 생분해 시 방향족 고리가 분해되고 최종적으로 H₂O, CO₂, Na₂SO₄를 생성한다.</p>
노출 경로별 사고사례	<p>손세척액에 포함된 성분으로 눈에 우발적으로 접촉할 시 가벼운 자극이 나타났다.</p> <p>세탁 전처리 과정에서 농축 분말 페이스트나 액체세제와 피부 접촉이 발생한 경우 매우 짧은 시간에 일시적 피부 자극이 발생하였다.</p> <p>세척액을 우발적으로 섭취할 시 몇 밀리그램으로는 건강에 유의미한 부작용을 초래하지 않았으며, 치명적인 독극물로 증독된 사례는 보고되지 않았다.</p>
안전 가이드^(9), 54)	
응급조치 요령	<p>불연성 물질로 화재 시 자극적이거나 유독한 연기를 발생시키므로 주의한다. 주변에 화재가 발생하였을 경우를 대비하여 적절한 소화제를 구비해 두어야 한다. 물질을 었지른 경우, 뚜껑이 있는 용기에 넣어 담고, 먼지로 날아가는 것을 방지하기 위해 물로 적셔야 한다.</p> <p>[흡입했을 때] 흡입 시 신선한 공기를 충분히 들이마시고, 휴식을 취한다.</p> <p>[피부에 접촉했을 때] 피부에 묻었을 경우 충분한 양의 물로 씻어낸다.</p> <p>[눈에 들어갔을 때] 눈에 들어간 경우, 수 분 동안 물을 이용하여 씻어내고, 안과 진료를 받는다.</p> <p>[섭취했을 때] 경구 섭취한 경우, 입 안을 씻어내고 의도적으로 토해내려고 애쓰지 않아야 한다.</p>
취급 및 보관	<p>[보관] 배수구 또는 하수구가 없는 곳에 보관하며, 산에서 분리시켜 보관하여야 한다.</p> <p>[취급] 개봉 전 조심스럽게 마개를 열고, 취급 시 장기간의 피부 접촉을 삼간다. 취급 후 취급 부위를 철저히 씻으며, 옥외 또는 환기가 잘 되는 곳에서 취급한다. 환기가 잘 되는 곳에 단단히 밀폐하여 잠금장치가 있는 저장장소에 저장한다.</p>

[참고문헌]

- 1) https://www.chemsrc.com/en/cas/68411-30-3_130654.html
- 2) <https://chem.nlm.nih.gov/chemidplus/rn/68411-30-3>
- 3) Chemical Book. Available online from: <http://www.chemicalbook.com> as of June 10, 2011.
- 4) U.S. EPA. 2011. Estimation Programs Interface Suite™ for Microsoft® Windows, v4.10. U.S. Environmental Protection Agency
- 5) TRENAF Kenkyu Nenpo--Tokyo-toritsu Eisei Kenkyusho. Annual Report of Tokyo Metropolitan Research Laboratory of Public Health. (Tokyo-toritsu Eisei Kenkyusho, 24-1, 3-chome, Hyakunin-cho, Shin-juku-ku, Tokyo 160, Japan) V.1-1949/50- Volume(issue)/page/year: 24,397,1972
- 6) TOIZAG Toho Igakkai Zasshi. Journal of Medical Society of Toho University. (Toho Daigaku Igakkai, 21-16, Omori-nishi, 5-chome, Ota-ku, Tokyo 143, Japan) V.1- 1954- Volume(issue)/page/year: 25,850,1978
- 7) TRENAF Kenkyu Nenpo--Tokyo-toritsu Eisei Kenkyusho. Annual Report of Tokyo Metropolitan Research Laboratory of Public Health. (Tokyo-toritsu Eisei Kenkyusho, 24-1, 3-chome, Hyakunin-cho, Shin-juku-ku, Tokyo 160, Japan) V.1-1949/50- Volume(issue)/page/year: 24,397,1972
- 8) Kay JH, Kohn FE, Calandra JC. Subacute oral toxicity of a biodegradable, linear alkylbenzene sulfonate. *Toxicol Appl Pharmacol.* 1965;7(6):812-818. doi:10.1016/0041-008x(65)90006-2
- 9) <http://www.inchem.org/documents/icsc/icsc/eics1602.htm>
- 10) <https://haz-map.com/Agents/7066>
- 11) U.S. Environmental Protection Agency. Screening-Level Hazard Characterization Linear and Branched Alkylbenzene Sulfonic Acids and Derivatives Category. U.S. Environmental Protection Agency September, 2014.
- 12) U.S. EPA. 2011. Estimation Programs Interface Suite™ for Microsoft® Windows, v4.10. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, USA. Available online from:<http://www.epa.gov/opptintr/exposure/pubs/episuitedl.htm> as of June 9, 2011.
- 13) IPCS INCHEM. INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY ENVIRONMENTAL HEALTH CRITERIA 169 LINEAR ALKYL BENZENE SULFONATES AND RELATED COMPOUNDS. available at: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc169.htm>
- 14) SIDS (2005), Sponsor country: USA, Assessment report on LAS, Revised document submitted on January 21.
- 15) Federle TW and NR Itrich (1997), Comprehensive approach for assessing the kinetics of primary and ultimate biodegradation of chemicals in activated sludge: application to LAS, *Environ. Sci. Technol.* 31: 1178-1184.
- 16) Itrich NR and TW Federle (1995), Primary and ultimate biodegradation of anionic surfactants under realistic discharge conditions in river water, SETAC Meeting, Vancouver, Canada.
- 17) Fox KK, MS Holt, M Daniel, H Buckland, I Guymer (2000), Removal of LAS from a small Yorkshire stream. Contribution to GREAT-ER project, *Sci. Total Environ.* 251/252: 265-275.
- 18) Kuchler T and W Schnaak (1997), Behaviour of LAS in sandy soils with low amounts of organic matter, *Chemosphere* 35: 153-167.
- 19) Elsgaard L, G Pojana, T Miraval, J Eriksen, A Marcomini (2003), Biodegradation of LAS in sulfate-leached soil mesocosms, *Chemosphere* 50: 929-937.
- 20) Figge K and P Schöberl (1989), LAS and the application of sewage sludge in agriculture, *Tenside Surf. Det.* 26: 122-128.
- 21) Gejlsbjerg B, C Klinge, T Madsen (2001), Mineralization of organic contaminants in sludge-soil mixtures, *Environ. Toxic. Chem.* 20: 698-705.
- 22) Gejlsbjerg B, T Madsen, TT Andersen (2003), Comparison of biodegradation of surfactants in soils and sludge-amended mixtures by use of ¹⁴C-labelled compounds and automated respirometry, *Chemosphere*: 50, 321-331.
- 23) Gejlsbjerg B, TT Andersen, T Madsen (2004), Mineralization of organic contaminants under aerobic and anaerobic conditions in sludge-soil mixtures, *J. Soils and Sediments* 4: 30-36.
- 24) Murmann, P. 1984. Akute orale Toxizität von Marlon A 386 für Ratten. *Chemische Werke Huels*, Report No. 0191.

- 25) Kinney LA (1985), Approximate Lethal Concentrations (ALCs) by inhalation of sodium lauryl sulfate and sodium dodecylbenzene sulfonate, Dupont Haskell Laboratory Report No. 474-84.
- 26) BIOLAB (1988), Report 7890.
- 27) BIOLAB (1983), Report T116/2.
- 28) BIOLAB (1989b), Report T00430/2.
- 29) Huntingdon (1986c), Research centre, Report No. 86570D/PEQ 10/SE, Unpublished results
- 30) BIOLAB (1984), Report No. T3R/27.
- 31) BIOLAB (1989c), Report No. T00428/13.
- 32) Palmer K, DD Cozens, P Batham, CP Cherry (1974), Huntington research centre, Effect of CLD reproductive function of multiple generations in the rat, Report LFO10/731029, Unpublished results.
- 33) Ito R, H Kawamura, HS Chang, K Kudo, S Kajiwara, S Toida, Y Seki, M Hashimoto, A Fukushima (1978), Acute, subacute, and chronic toxicity of magnesium LAS (LAS-Mg), J. Med. Soc. Toho Univ. 25: 850-875 (in Japanese).
- 34) Nolen GA, LW Klusman, LF Patrick, RG Geil (1975), Teratology studies of a mixture of tallow alkylethoxylate and LAS in rats and rabbits, Toxicology 4: 231-243.
- 35) Oser BL and K Morgareidge (1965), Toxicological studies with branched and linear alkylbenzene sulphonates in rats, Toxicol. Appl. Pharmacol. 7: 819.
- 36) Ikawa M, M Yoneyama, T Nakao, K Hiraga (1978), Uptake of organic acid and organic base by renal cortical slices of rats treated with LAS and ABS, Ann. Rep. Tokyo Metrop. Res. Lab. Public Health. 29(2): 51-54 Z (in Japanese), see: IPCS, 1996.
- 37) Kay JH, FE Kohn, JC Calandra (1965), Subacute oral toxicity of a biodegradable LAS, Toxicol. Appl. Pharmacol. 7: 812. Yoneyama M, T Fujii, M Ikawa, H Shiba, Y Sakamoto, N Yano, H Kobayashi, H Ichikawa, K Hiraga (1976), Studies on the toxicity of synthetic detergents.(II) Subacute toxicity of linear and branched alkylbenzene sulphonates in rats, Ann. Rep. Tokyo Metr. Res. Lab. 24: 409 Yoneyama M, Y Mabuchi, M Icaawa, H Kobayashi, H Ichicawa, Subacute toxicity of LAS, Ann. Rep. Tokyo Metrop. Res. Lab. Public Health 27(2): 105-112 (in Japanese), see: IPCS, 1996.
- 38) Yoneyama M, Y Mabuchi, M Icaawa, H Kobayashi, H Ichicawa (1976), Subacute toxicity of LAS, Ann. Rep. Tokyo Metrop. Res. Lab. Public Health 27(2): 105-112 (in Japanese), see: IPCS, 1996.
- 39) Watari N, K Torizawa, M Kanai, Y Suzuki (1977), Ultrastructural observations of the protective effect of glycyrrhizin for mouse liver injury caused by oral administration of detergent ingredients (LAS), J. Clin. Electron. Microscopy (Nihon Rinsho Denshikenbikyo Kaishi) 10(1-2): 121-139.
- 40) Sadai M and N Mizuno (1972), Effect of long term topical application of some anionic surfactants on the skin, oral mucous membrane, and tongue, Jpn. J. Dermatol Nihon Hifuka Gakkashi 82(4): 207-221 (in Japanese), see: IPCS, 1996.
- 41) Buehler EV, EA Newmann, WR King (1971), Two-year feeding and reproduction study in rats with LAS, Toxicol. Appl. Pharmacol. 18: 83-91.
- 42) Tiba S (1972), Studies on the acute and chronic toxicity of LAS, J. Food Hyg. Soc. Jpn. (Shokuhin Eiseigaku Zasshi) 13(6): 509-516 (in Japanese), see: IPCS, 1996.
- 43) Fujii T, Y Sakamoto, Y Abe, H Mikurita, K Yuzawa, Hiraga (1977), Pathological examination of rats fed with LAS for their lifespan, Ann. Rep. Tokyo Metrop. Res Lab. Public Health 28(2): 85-108 (in Japanese), see: IPCS, 1996.
- 44) Yoneyama M, M Masubuchi, S Oishi, O Takahashi, M Ikawa, S Yoshida, H Oishi, H Mikuriya, K Yuzawa, K Hiraga (1977), Toxicity of LAS by dietary administration for life-span to rats, Ann. Rep. Tokyo Metrop. Res. Lab. Public Health 28(2): 73-84 (in Japanese), see: IPCS, 1996.
- 45) Tiba S, S Shiobara, A Imahori, T Kitagawa (1976), Effects of LAS on dam, fetus and newborn rat, J. Food Hyg. Soc. Jpn. (Shokuhin Eiseigaku Zasshi) 17(1): 66-71 (in Japanese).
- 46) Palmer AK, MA Readshaw, AM Neuff (1975a), Assessment of the teratogenic potential of surfactants, (Part D),

Toxicology 3: 91-106.

- 47) Palmer AK, MA Readshaw, AM Neuff (1975b), Assessment of the teratogenic potential of surfactants, (Part III), Toxicology 4: 171-181.
- 48) Takahashi M, K Sato, H Ando, Y Kubo, K Hiraga (1975), Teratogenicity of some synthetic detergent and LAS, Ann. Rep. Tokyo Metrop. Res. Lab. Public Health 26(2): 67-78 (in Japanese), see: IPCS, 1996.
- 49) Shiobara S and A Imahori (1976), Effects of LAS orally administered to pregnant mice on the pregnant mice and their fetuses, J. Food Hyg. Soc. Jpn. (Shokuhin Eiseigaku Zasshi) 17(4): 295-301 (in Japanese), see: IPCS, 1996.
- 50) Daly LW, RE Shröder, JC Killeen (1980), A teratology study of topically applied LAS in rats, Fd. Cosmet. Toxicol. 18: 55-58.
- 51) Sato K, H Ando, K Yuzawa, K Hiraga (1972), Studies on Toxicity of synthetic detergents: (III), Examination of teratogenic effects of alkylbenzene sulfonates spread on the skin of mice, Ann. Rep. Tokyo Metrop. Res. Lab. Public Health 24: 441-448 (in Japanese), see: IPCS, 1996.
- 52) Imahori A, T Kitagawa, S Shiobara (1976), Effects of LAS applied dermally to pregnant mice on the pregnant mice and their fetuses, J. Jpn. J. Public Health (Nihon Koshueisei Zasshi) 23(2): 68-72 (in Japanese), see: IPCS, 1996.
- 53) Human and Environmental Risk Assessment on ingredients of Household Cleaning Products (HERA). LAS Linear Alkylbenzen Sulphonate (CAS No. 68411-30-3). Revised HERA Report. April 2013.
- 54) 안전보건공단. 화학물질정보. 선형 알킬벤젠설포네이트, 나트륨 염. Available at: <https://msds.kosha.or.kr/MSDSInfo/kcic/msdsdetail.do>