

단무지 공장에서 발생한 질식 사고의 원인과 방사선학적 소견: 증례보고 및 가스분석 결과¹

박충기 · 김만구² · 김홍철 · 안범규 · 박만수 · 황우철 · 최철순 · 강익원

목 적: 단무지 공장에서 질식사고를 일으켰던 가스의 종류를 알아내고, 이러한 가스중독의 방사선학적 소견을 소개하기 위하여 본 연구를 하였다.

대상 및 방법: 단무지 공장에서 발생한 질식 사고자 3예중 생존자 1예를 대상으로 단순흉부X-선검사와 CT 소견을 분석하였으며, 가스의 종류를 알아내기 위하여 단무지를 유리병에 넣어 발생된 가스를 가스크로마토그래피를 이용하여 분석하였다.

결 과: 단무지 공장에서 발생한 질식사고자중 생존한 1명의 방사선학적 검사에서 신속히 호전되는 폐경결(consolidation)을 볼 수 있었으며 이는 폐부종의 소견임을 알 수 있었다. 혐기성 상태에서 단무지를 담은 유리병의 상층부 가스를 실험 분석한 결과 이산화탄소, 에틸알코올이 다량으로 검출되었으나 독성가스는 주로 황화수소이었다.

결 론: 단무지 공장의 질식 사고자에서 폐방사선학적 소견은 폐경결을 보이는 폐부종으로서 이는 실험을 통해 단무지에서 발생되는 유독가스인 황화수소 때문임을 입증하였다.

서 론

반찬으로 우리 식탁에 자주오르는 단무지는 찰벼에 담가 소금에 절인 무우를 말하며 유기물질을 포함하고 있기 때문에 부패될 수 있다.

저자들은 1992년 8월 단무지 공장에서 발생한 질식사고 때 탱크에 먼저 들어간 두 사람을 구하려고 마지막에 들어갔던 생존자 1명에 대하여 조사하였으며, 이 가스의 종류를 알아내기 위하여 단무지를 병속에 수개월간 저장하여 얻은 가스를 분석하였다.

증 례

단무지 공장을 경영하는 45세 남자로서 단무지 창고에 들어갔던 직원 두 사람이 질식하여 쓰러져 있다는 말을 듣고 이들을 구하러 창고 속에 들어 갔다가 한 사람은 꺼내고 두번째 사람을 꺼내려다 의식을 잃고 쓰러져 주위의 다른 사람에 의해 구조되어 본원 응급실로 내원하였다. 단무지 창고에 들어갈 때 구린내와 소금에 절인 무우 냄새가 지독하게 났으며 탱크에 들어가자 곧 숨이 막혔고 약 3분 지나

서 의식을 잃었다고 한다. 내원 당시 호흡곤란을 호소하였고 흉부 청진상 폐 전체에서 거친 호흡음이 들렸으며 혈압은 80/60mmHg, 맥박은 80회, 호흡은 20회, 체온은 37.4℃, 백혈구 수가 14,300/mm³, 헤모글로빈은 16.6 이었다. 동맥혈 내의 가스 분석은 내원 당시 동맥내 탄산가스 분압이 23.7% 였고 산소분압이 68.3% 이었으며 PH는 7.27 이었고 CO 헤모글로빈이 4.0%(정상 1% 이하)이었으므로 산소공급을 하였다.

내원 당시 촬영된 흉부 X-선사진은 양측 폐의 증가된 음영이 보였으며, 특히 폐문 주위 경화(perihilar consolidation)를 보였고(Fig. 1a), 다음날 폐경화가 현저히 호전되는 것으로보아 폐부종 소견임을 알 수 있었으며 심비대는 없었다(Fig. 1b). 고해상 CT(Siemens DRG, Germany)상에서는 중력에 따른 폐후부와 엽간열 앞에 위치하는 경화 및 마쇄유리음영이 보였고(Fig. 2a), 2일후 추적검사에서 신속한 호전을 보였으며 폐저부에 약간의 띠같은 음영(band-like density)만 보였고(Fig. 2b). 폐기능 검사상 FEV1-FVC가 70%로 낮은 수치를 보였으며 경미한 기도 폐쇄성 질환의 양상을 보였으나 역시 곧 호전되었다. 1개월 후 추적관찰시 불면과 피로감을 호소하여 간 기능검사, 흉부 X-선 검사를 시행하였으나 정상이었다.

가스 분석 실험 및 결과

시중에서 구입한 단무지를 1L 유리병에 반정도 채운후

¹한림대학교 의과대학 방사선과학교실

²강원대학교 자연과학대학 환경학과

이 논문은 1994년 2월 22일 접수하여 1994년 5월 9일에 채택되었음

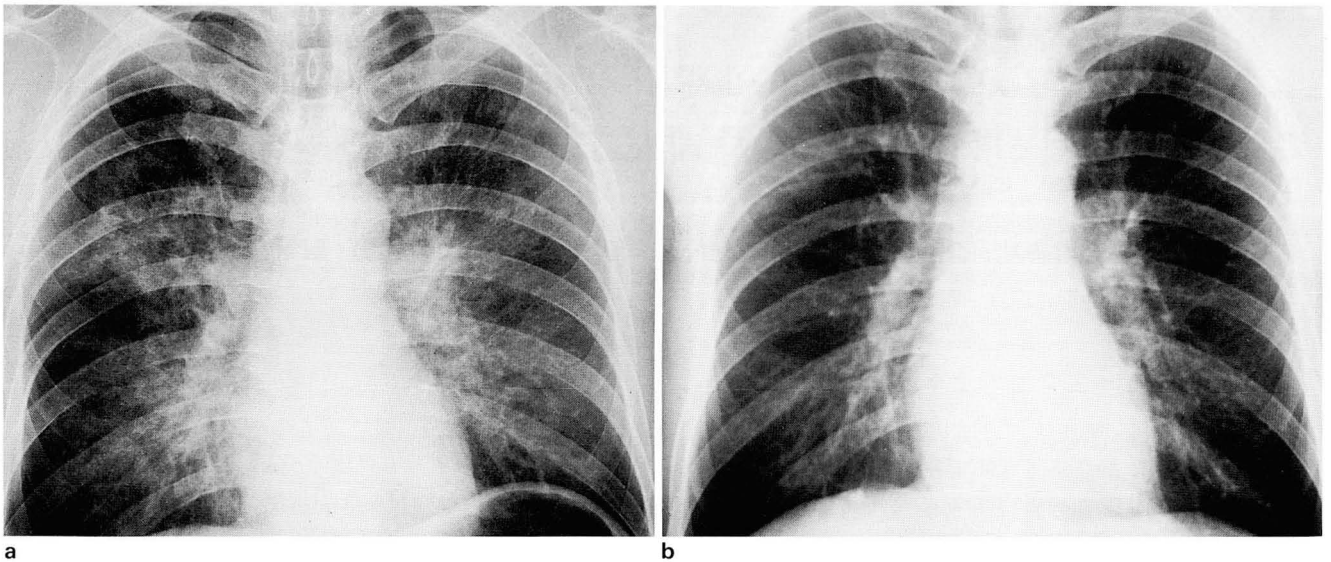


Fig. 1 Chest radiographs of a 45-year-old man with hydrogen sulfide gas poisoning.
a. Initial PA chest radiograph shows perihilar hazy opacities in both lungs.
b. Follow-up radiograph obtained one day after (a) shows almost normal findings. There is no cardiomegaly.

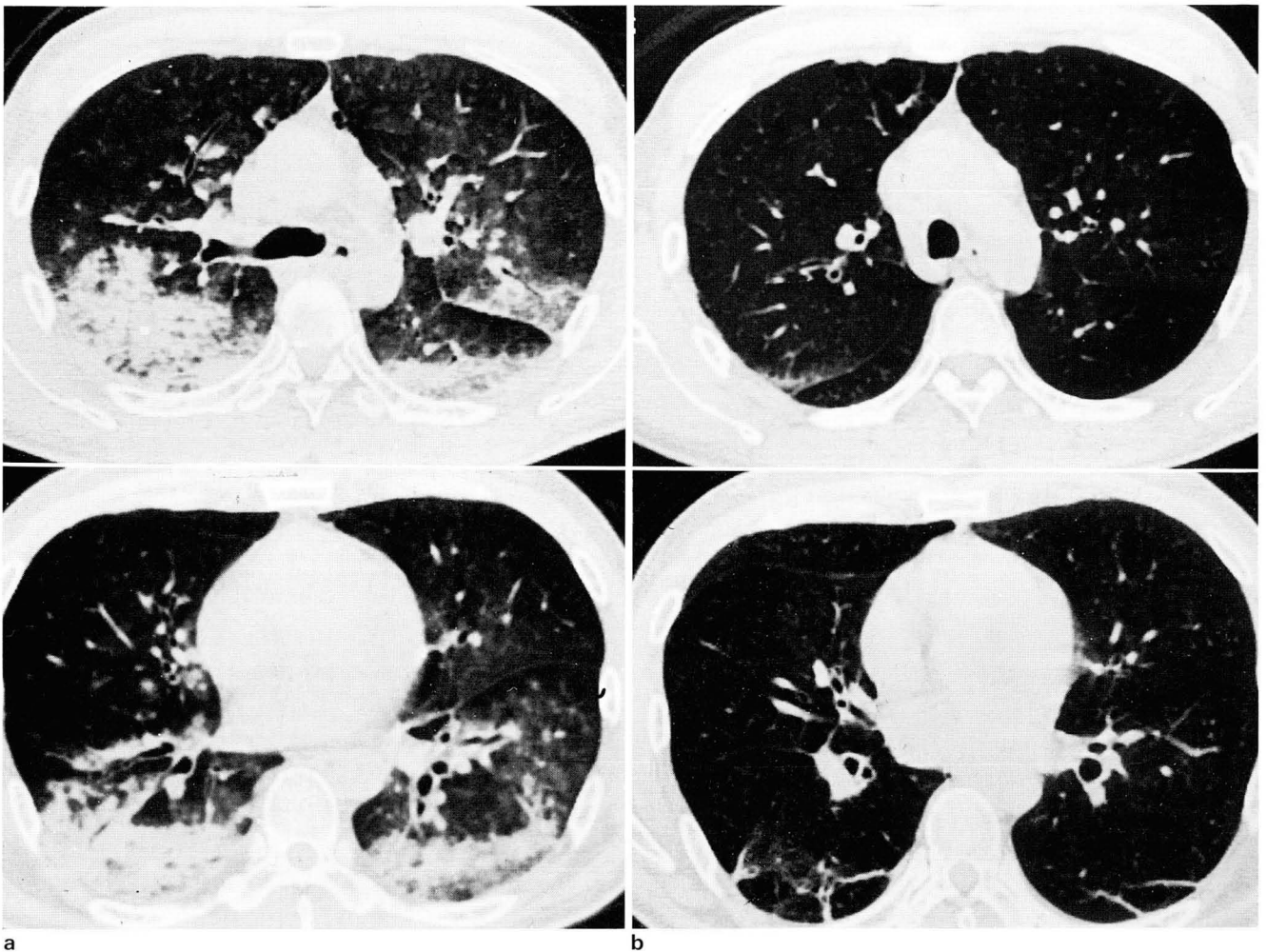


Fig. 2 CT scans of a 45-year-old man with hydrogen sulfide gas poisoning.
a. Initial high-resolution CT images show air-space consolidation and ground-glass opacities at the dependant portion of both lungs.
b. Follow-up CT images show almost normal findings, except minimal ground-glass opacities and parenchymal bands.

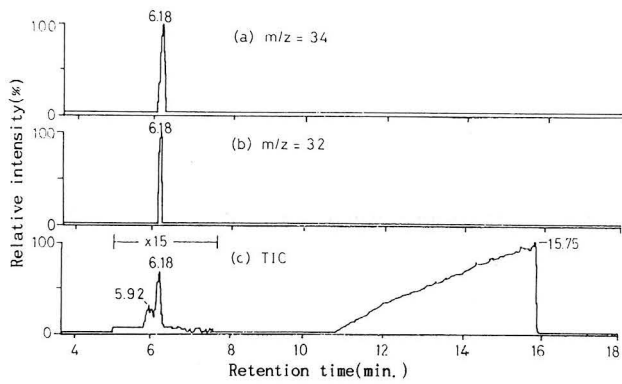


Fig. 3 Selected(a, b) and total(c) ion chromatograms of headspace gas of salted radish which had been kept in glass bottle for 4 month long: Total ion chromatogram(TIC) shows two main peaks at the retention time(r. t.) of 6. 18 and 15. 75 minute. These peaks indicate to hydrogen sulfide(r. t.=6.18) and vaporized water(r. t.=15.75). Selected ion chromatograms of hydrogen sulfide[mass/atomic number(m/z)=34] and sulfur (m/z =32) show the peaks at the retention time of 6.18 minute.

진한 소금물 용액을 부어 뚜껑을 덮고 1주일 후 유리병의 상층부(headspace)에 존재하는 가스와 4개월간 냉장소에서 보관한 후 유리병의 상층부에 발생한 가스를 농축하여 가스크로마토그래피/질량분석기(GC/Mass)로 분석하였다. 가스의 분석방법은 각 시료의 상층부 가스 120ml를 Curie-point Headspace Sampler(JHS-100, Japan Analytical Industry)를 이용하여 -40°C 로 저온 농축하여 가스크로마토그래피(HP 5890 II, Hewlett Packard, U.S.A.)에 도입하였으며, 내경 0.25mm 길이 25m의 BP10(Shimadzu)과 BP20(Shimadzu)을 연결한 50m의 캐필러리컬럼을 사용하여 컬럼온도를 40°C , 이동상가스로 헬륨을 10ml/min의 조건으로 분리하고, 질량분석기(Trio-1000, VG Instrument, England)로 분리된 가스의 성분을 확인하였다.

일주일간 보관한 단무지 유리병의 상층부 가스 성분은 과량의 수증기 및 이산화 탄소와 에칠알코올이 주성분으로 확인 되었다. 4개월간 냉장소에서 보관한 단무지 유리병의 상층부 가스는 총 이온 크로마토그램(Total Ion Chromatogram)에서 보는 바와 같이 머무름시간 15.75분에서 가스속에 포함된 수증기의 주 피크와 5.92분과 6.18분에서 피크가 나타났으며(Fig. 3c), 황화수소의 특성 이온인 $m/z = 34$ 와 32의 선택 이온 크로마토그램(Selected Ion Chromatogram)에서는 6.18분에서 피크가 나타났다(Fig. 3a, 3b). 또한 Figure 4에 나타난 것과 같이 머무름시간 6.18분 피크의 질량스펙트럼과 황화수소의 표준 스펙트럼(Trio-1 GC-MS data system, VG)이 잘 일치하여 황화수소 피크임을 확인하였다.

고 찰

단무지는 무우, 소금, 쌀겨, 색소, 감미료 등을 사용하여

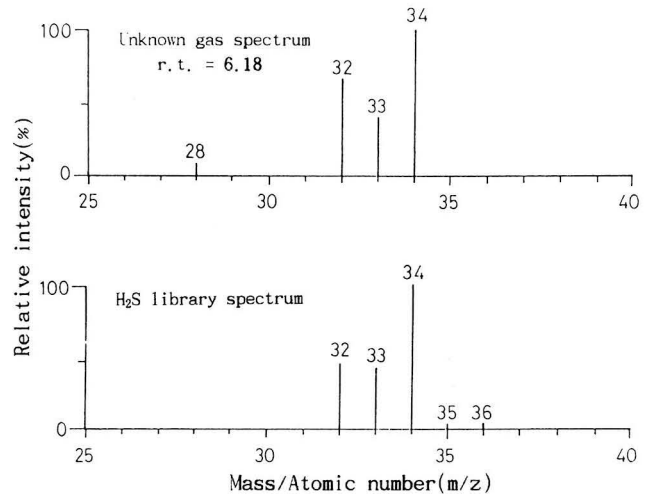


Fig. 4 The unknown gas spectrum of the peak(r. t.=6.18 minute) is corresponded with the library spectrum of hydrogen sulfide.

무우조직에 색소를 침투시키고, 염화마그네슘, 황산칼슘 등을 함께 사용하여 단무지의 조직을 견고하게 한후 물로 염분을 3차례 제거하는 제조 과정을 거치며, 요즈음은 제조과정에 색소를 사용하지 않아 단무지 자체에는 인체에 유해한 물질이 포함되어 있을 가능성은 매우 적다고 사료된다. 무우속에는 methylthiol(CH_3SH), alkylisothiocyanate($\text{R-N}=\text{C}=\text{S}$) 및 alkyl sulfide (R-S-R') 등 황성분이 유기황의 형태로 많이 포함되어 있다. 무우속에 포함된 이러한 유기황들은 제조과정에서 미생물들에 의하여 분해되어 황화수소가 발생한다. 이와 함께 단무지 제조창고는 환기가 잘 되지않아 단무지를 절이는 물은 매우 혐기성인 상태일 것으로 추정된다. 그러므로 단무지를 절이는 소금물은 혐기성이며, 소금에 불순물로 포함된 황산염 및 단무지 제조과정에서 투입되는 황산칼슘에서 기인한 황산염이 박테리아에 의하여 환원되어 황화수소를 발생시킬 가능성이 매우 높다. 이러한 두가지 발생과정에 의하여 단무지 창고내의 공기중에 황화수소가 높은 농도로 축적되었을 가능성이 매우 높을 것으로 사료된다.

황화수소는 cyanide 처럼 세포에 직접적인 작용을 일으키는데 mitochondria 내에서 cytochrome 산화제(oxydase)와 선택적으로 결합하여 세포의 전해질 이동 고리를 끊는 작용을 한다. 황화수소는 악취를 갖는 무색의 기체로 끓는점이 -59.6°C , 녹는점이 -82.9°C , 비중 1.1895로 공기보다 무겁고 매우 약한 염기산이다(1). 황화수소는 0.2 ppm에서 계란 썩는 냄새를 내며, 10 ppm이 안전최대한계치이고, 20 ppm 정도에서 냄새를 인지할 수 없게 되며, 150-200 ppm에서 후각 마비를 일으키고, 250 ppm정도에서 점막을 자극하여 결막염, 기관지염 및 폐부종을 일으키며, 500 ppm에서 의식손실 및 호흡부전을 일으키고 더 높은 농도에서는 중추신경계의 마비를 일으켜 급사를 초래한다(2).

문헌상 황화수소에 의한 중독은 Osbern과 Crapo(3)에 의해서 최초 덩렁(dung lung)으로 기술되어졌으며, 소가 대형 지하 분뇨저장탱크의 뚜껑을 탱크속으로 차넣었는데 한 농부가 분뇨 탱크의 뚜껑을 다시 덮으려고 하다가 가스를 들이마셨고 주위에 있던 다른 두 사람이 그를 구하려다가 셋이 모두 사망한 사건이었다. 이 사건이 보고되면서 유기물질이 부패될 경우 방출되는 독성 가스의 위험을 알게 되는 계기가 되었다. 또한 해양에서 통풍이 잘 되지 않는 창고에 냉동이 덜된 고기를 저장하였을 경우 부패하여 발생하는 가스로 어부들이 가스중독사고를 당한 보고도 있다(2). 특히 이러한 유기물질의 부패로 방출되는 독성 가스는 더운 여름철에 많다. Burnett 등(4)이 유전에서 5년간 경험한 보고에 의하면 황화수소에 노출된 221명 중에서 6%의 사망율을 보였으나, 희생자의 5%는 병원에 도착하기 전에 사망하였다. 저자들의 경우는 3명의 발생중에 2명이 병원에 도착하기 전에 사망하였으며 1명 만이 구조될 수 있었다. 급성 중독은 혼수(coma), 평형감각 손실, 폐부종으로 인한 호흡 부전이 주소견이었으나 1,000 ppm 이상에 이르면 중추신경 마비로 급사를 초래한다.

황화수소 중독증의 치료는 시안 화합물(cyanide) 해독제 중 질산염(nitrite)으로 치료를 하거나 고압 산소 요법으로 치료를 한다. 치료후에 후유증은 드물다(5).

결론적으로 단무지 공장에서 발생한 질식은 여름철의 높은 기온과 통풍이 잘 되지 않는 폐쇄된 공간인 혐기성 조건에서 유기물질의 부패 과정인 황산염이 환원되어 발생된 황화수소가 주 원인인 것을 실험으로 확인하였다. 이 가스중독은 사망율이 매우 높았고, 생존자에서는 폐부종에 의한 호흡부전을 보였다. 앞으로 황화수소에 노출될 위험이 있는 종사자의 의식을 고취함으로써 예방이 가능함을 알리고자 한다.

참 고 문 헌

1. 김현식. 동아 원색 세계 대백과사전. 서울:동아출판사, 1992;30권:507
2. Fraser RG, Pare JAP, Pare PD, Fraser RS, Genereux GP. *Diagnosis of disease of the chest*. 3rd ed. Philadelphia: Saunders, 1991;2460
3. Osbern LN, Crapo RO. Dung lung: A report of toxic exposure to liquid manure. *Ann Intern Med* 1981;95:321
4. Burnett WW, King EG, Grace M, et al. Hydrogen sulfide poisoning: Review of 5 years experience. *Can Med Assoc J* 1977;117:1277
5. Whitcraft DD, Bailey TD, Hart GB. Hydrogen sulfide poisoning treated with hyperbaric oxygen. *J Emerg Med* 1985;3:23-25

Etiology and Radiologic Findings of Anoxia Occured at Dan-Mu-Ji(Salted Radish in Rice Bran) Manufacture : A Case Report and Results of Gas Analysis

**Choong Ki Park, M.D., Man Goo Kim, Ph.D.¹, Heung Cheol Kim, M.D.,
Bum Gyu Ahn, M.D., Man Soo Park, M.D., Woo Cheol Hwang, M.D.,
Cheol Soon Choi, M.D., Ik Won Kang, M.D.**

Department of Radiology, College of Medicine, Hallym University

¹Department of Environmental Science, Kangwon National University

Purpose: To identify the main toxic gas released from salted radish in rice bran(Dan-Mu-Ji) and to introduce the radiological findings of the patient who was exposed to the gas.

Materials and Methods: Chest radiographs and CT scans of one survivor among three men who were exposed to the gas from Dan-Mu-Ji were reviewed. Gas obtained from the closed bottle containing Dan-Mu-Ji was analized by using the gas chromatography.

Results: The radiographic examinations of the survivor were suggestive of pulmonary edema with it's rapidly improving consolidations in both lung. The headspace gas within the bottle containing Dan-Mu-Ji was mainly composed with carbon dioxide, ethyl alcohol and hydrogen sulfide, of which hydrogen sulfide was considered the main toxic gas released.

Conclusion: Under the anaerobic condition, Dan-Mu-Ji released toxic hydrogen sulfide. Inhalation of hydrogen sulfide might produce non-cardiogenic pulmonary edema.

Index Words: Poisoning
Lung, edema

Address reprint requests to : Choong Ki Park, M.D., Department of Radiology Chunchon Sacred Heart Hospital,
College of Medicine Hallym University. #153 Kyo-dong, Chunchon-city, Kangwon-province,
200-060 Korea. Tel. 82-361-52-9970(158)

부산의대 진단방사선과 연수교육

초음파 연수 강좌

본 교실에서 매년 개최하던 복부 초음파 연수가 올해로 제 7회를 맞이하였습니다. 금년에는 상복부 뿐만 아니라 산부인과와 비뇨기과에 걸쳐 Color Doppler Image의 최신지견을 포함한 다양한 내용을 훌륭한 강사님을 초빙하여 준비하였습니다.

초음파를 이용한 진단의 이해를 돕는데 조금이나마 보탬이 되도록 노력하였사오니 많은 참석 바랍니다.

대 상 : 전문의, 일반의 및 전공의

일 시 : 1994년 9월 10일(토요일)

1:00(PM) - 7:00(PM)

장 소 : 부산대학교 병원 신관9층 강당

연수평점 : 6점

연수강좌 책임자

부산대학교 병원 진단방사선과

김 병 수 교수