

제조사업장 식당 종사자의 홍반 등 건강장애 원인 규명 및 예방 방안

정지연* · 이광용¹ · 박승현¹

용인대학교, ¹산업안전보건연구원

Identification of Causes and Prevention Measures for Health Disorders Such as Erythema of Restaurant Workers in Manufacturing Company

Jee Yeon Jeong* · Gwangyong Yi¹ · Seung-Hyeon Park¹

Yong In University

¹Occupational Safety and Health Research Institute, KOSHA

ABSTRACT

Objectives: A collective of workers in the company's cafeteria encountered symptoms such as stinging and watering in and around the eyes, a sensation of sand in the eyes, erythema, swelling, and peeling of the skin on the face and neck. The objective of this study is to pinpoint the causes of these symptoms and propose preventive measures.

Methods: Following preliminary on-site investigations, worker interviews, and literature research, it was determined that the most probable cause of the symptoms was ultraviolet rays emitted from a UV sterilizer. Consequently, the study measured and assessed the effective amount of ultraviolet radiation emitted by the sterilizer.

Results: When operating with the curtain-type door of the ultraviolet sterilizer open, it was observed to surpass the 0.1 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 8-hour work exposure standard recommended by ACGIH TLV in most kitchen workspaces. The evaluation of the maximum allowable exposure time based on the distance from the ultraviolet sterilizer indicated only 4.2 seconds at a distance of 0.2 m with the curtain door open, and merely 1.7 minutes at a distance of 1 m.

Conclusions: This study confirmed that the symptoms among restaurant workers emerged immediately after the installation of the ultraviolet sterilizer, and these symptoms were consistent with those associated with exposure to ultraviolet rays. Furthermore, the assessment revealed that the exposure level to ultraviolet rays could be exceeded established exposure standards. It was recommended that the existing ultraviolet sterilizer be replaced with one featuring a glass door, and facility improvements should be made, such as implementing an automatic mechanism to turn off the ultraviolet lamp when the door is opened.

Key words: Cafeteria, erythema, ultraviolet ray, UV sterilizer

I. 서 론


자외선(ultraviolet, UV)은 100~400 나노미터 파장 영역의 전자기파로 가시광선(400 nm~780 nm)보다


짧고, X선(0.01~10 nm) 보다는 길다. 자외선은 파장의 크기에 따라 UVC(100~280 nm), UVB(280~315 nm), 그리고 UVA(315~400 nm)로 분류되며, 자외선 영역 중 180 nm 미만의 파장대는 공기 중에서 쉽게 흡


*Corresponding author: Jee Yeon Jeong, TEL: 031-8020-3208, E-mail: jtp123@naver.com

Department of Occupational and Environmental Health, Yong In University, 134 Yongin daehak-ro Cheoin-gu, Yongin-si 17092

Received: July 15, 2024, Revised: August 16, 2024, Accepted: September 8, 2024

 Jee Yeon Jeong <http://orcid.org/0000-0003-3414-7425>

 Gwangyong Yi <http://orcid.org/0000-0002-3141-0024>

 Seung-Hyun Park <http://orcid.org/0000-0002-6515-4428>

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

수되므로 인체에 영향을 거의 미치지 않는다(ISO, 2014). 자연계에서 발생하는 대부분의 자외선 발생원은 태양이며 일반인들이 흔히 경험하는 과도한 자외선 노출로 인한 건강장해는 홍반(erythema), 일광화상(sunburn)이다. 자외선에 노출된 피부의 주요 반응은 신생 멜라닌 생성 및 피부 두께 증가로 나타나며, 이는 피부 어두워짐(태닝)을 유발하는 적응 방어 기전으로 해석될 수 있고, 장기간 노출은 광노화(photoaging)라고 하는 복잡한 현상을 유발한다(Fisher, 1997; Moan, 2010). 홍반은 UVB와 UVC의 과노출로부터 유발되는 피부의 광화학반응의 결과물이다. UVB에서 보다 긴 파장대(295~315 nm)가 영향을 더 크게 미치는 것으로 알려져 있으며(ACGIH, 2001), 홍반증상의 심각성이나 지속시간은 이러한 파장대의 자외선이 피부의 표피 내부로 얼마나 침투하는가에 달려져 있으며 250~300 nm가 가장 영향이 큰 것으로 알려져 있다(Hausser, 1928; Diffey, 1984; McKinlay et al., 1987).

자외선 노출에 의한 사람의 또다른 주요 건강장해 기관은 눈으로 광각막염(photokeratitis)을 일으키는 데, UVC는 각막에 흡수되고, UVB 및 UVA 광선은 각각 각막과 수정체에 흡수되어 영향을 미친다. 특히 UVA(380~400 nm)의 약 1-2%가 망막에 도달할 수 있으며, 나이 관련 차이로는 어린이에서 최대 10%까지 비율이 높게 나타날 수 있다(ICNIRP, 2010; ICNIRP, 2013). 각막과 결막은 UVB와 UVC를 강하게 흡수한다. 이러한 조직에 과노출되면 각결막염(keratoconjunctivitis)을 일으키는데, 흔히 용접시 발생하는 섬광에 개인 보호구 착용 없이 노출되면 발생하는 광각막염(arc eye)이 대표적이다(Pitts, 1974).

반복적으로 자외선에 장기간 노출되면 피부 결합조직의 호염기성 변성(basophilic degeneration), 탄성조직의 분절화, 그리고 암을 일으키는 것으로 알려져 있다(Daniels, 1963). 자외선 영역 중 피부암과 관련된 주요 파장대는 UVB이며, 여러 역학조사에서 피부암 발생은 위도와 고도, 그리고 구름 등 기상상태와 강한 관련성이 있는 것으로 규명되었으나, 정확한 정량적인 양-반응 관계는 아직 확립되지 않은 상태이다(ACGIH, 2001). 동물실험에서는 UVB 노출에 따른 발암 위험성은 매우 높은 것으로 나타나 있다(Urbach et al., 1986). 비록 UVB 노출과 편평세포(squamous cell), 그리고 기저세포암과의 원인적 연관성은 확립되어 있지만(Van der Leun, 1984), 악성 흑색종(malignant

melanioma)과의 연관성은 아직까지 약한 상태이다(Koh et al., 1990).

본 조사연구는 경기도 소재 사업장의 구내식당에서 근무 중인 근로자가 피부 및 안과 질환증상자가 다수 발생하여 회사 자체적으로 그 원인을 규명하고자 노력하였으나 원인을 밝혀내지 못한 상태에서 원인규명과 예방대책이 무엇이 있을 수 있는지 우리 연구진에게 요청해와 수행한 결과물로서 본 연구진이 회사 요청사항을 해결하기 위한 수행한 산업보건학적인 접근 전략과 그 결과를 제시하고자 한다.

II. 대상 및 방법

1. 사업장 자체식당 현황조사

조사대상 사업장은 경기도 소재 기계부품 제조사업장에서 총 근로자 수는 480명이며, 이중 생산직 근로자는 400여명 이다. 우리 연구팀은 증상 호소자가 근무하는 동 회사의 자체식당에 대한 구조, 식당 근무자들의 근무형태, 그리고 증상 발생 전후의 작업장 내부의 유해 요인의 변동을 초래할 수 있는 환경변화, 그리고 식당 근무자들을 대상으로 증상에 대한 인터뷰를 진행하였다. 조사대상 사업장에 대한 현황 파악 관련 예비조사와 측정 및 근로자 인터뷰가 진행된 본조사는 겨울철(11월~12월)에 진행되었다.

2. 문헌 조사 및 증상 관련 유해인자 파악

조사 대상인 식당 및 식당 근무자들을 대상으로 진행한 예비조사 결과를 바탕으로 현재 식당 근무자들이 호소하고 있는 피부 및 안과 질환과 관련이 될 수 있는 유해인자가 무엇이 있는지를 추정하였다.

최초 근로자들이 호소한 증상의 발생 시기를 전·후하여 식당 내부의 유해요인 발생에 대한 변화를 야기할 수 있는 환경변화는 식당과 비교적 인접한 곳에 설치된 공조용 냉동기(터보 냉동기)의 교체공사가 있었고, 식당에서 사용되는 물컵의 소독을 위해 대형 자외선 소독기 설치하여 사용하고 있었다. 따라서 이러한 환경 변화에 의해 발생할 수 있는 유해요인 중 증상과 관련성이 높은 유해요인이 무엇인지를 문헌 조사를 통해 파악하였다.

3. 유해요인의 작업자 노출수준 평가 및 예방방안 수립

현장 예비조사 결과와 문헌조사를 통해 확정된 유해요인에 대해 작업자들의 실 작업시간 동안 노출수준과

그 노출수준의 유해 정도를 평가하기 위해 본조사(측정)를 진행하였다. 본 조사에서는 유해요인에 대한 측정뿐만 아니라 그 노출수준을 낮추는데 필요한 전략이 무엇이 있을 수 있는지에 대한 조사도 함께 이루어졌다.

III. 결과 및 고찰

1. 조사대상 현황

본 사업장의 작업공간은 출입구 좌측에 자외선 소독기가 있고, 자외선 소독기 좌측 옆면에 식기 세척실이 있으며, 자외선 소독기는 주방과는 정면으로 마주 보고 있었다. 또한, 주방 우측에는 식당 출구, 식당 숙소와 기계실(보일러실)이 있었다. 작업은 세척실에서 식기세척작업, 주방에서 조리작업, 식탁에서 배식작업으로 나누어져 있고, 주로 작업하는 장소는 주방과 세척실이었다(Figure 1).

식당 근로자들의 작업시간은 1일 8시간, 주 6일간 작업이 이루어지고 있으며, 아침 식사시간은 06시 50분~07시 20분(30분, 120명), 점심 식사시간은 12시~13시(1시간, 480명), 저녁 식사시간은 17시~17시 30분(30분, 360명), 야간 식사시간은 0~0시 30분(30분, 90명)이었다. 식당 근로자는 모두 8명으로 주간조 4명, 야간조 2명(주간조 중 2명이 연속 근무함), 식당보조원 1명(남자), 실장(영양사) 1명이었다. 주간조(4명)는 오전 7시 30분에 출근하여 그중 2명은 19시에 퇴근하고 나머지 2명은 야간조로 근무하고 있었다. 야간조는 다음

날 주간조와 함께 작업한 후 오전 12시와 14시에 각각 1명씩 퇴근한다. 남자 근로자는 7시 30분에서 19시까지 근무하고, 실장(영양사)은 오전 7시 30분에서 18시까지 근무하고 있었다.

식당 근로자들 중 실장을 제외한 근로자 7명이 모두 특정 날자에 갑자기 눈과 눈 주위가 따갑고 눈물이 나며, 눈 안에 모래가 들어간 느낌, 눈 주위를 포함한 안면부, 목과 가슴부위에 홍반, 부종 및 피부가 벗겨지는 증상 등이 나타났다. 이들 중 증상이 심하였던 야간 근무자 2명은 병원에서 치료를 받고 곧 상기 증상이 회복되었다.

그 후 가끔 상기 증상이 지속적으로 발생하여, 사업장에서는 발생 원인을 냉동기 냉매로 사용하는 프레온가스로 추정하고 자체 조사를 실시하였으나 증상의 원인을 찾지 못한 상태였다.

2. 증상 관련 유해요인 추정 결과

최초증상 발생시기를 전후로 하여 식당 유해요인의 발생에 변화를 줄 수 있는 요인이 2가지였다. 즉, 사업장에 공조용 공기를 공급하기 위해 설치된 공조용 냉동기(터보 냉동기)의 냉매(프레온 가스, CFC-12) 교체가 있었고, 기존에 없던 물걸레 소독을 위한 대형 자외선 건조기 설치이다.

교체된 냉동기 냉매는 프레온 가스로서 디클로로디플루오로메탄 가스(CAS 번호: 75-71-8)와 1,2-디클로로테트라플루오로에탄(CAS 번호: 76-14-2)이 혼합된 물

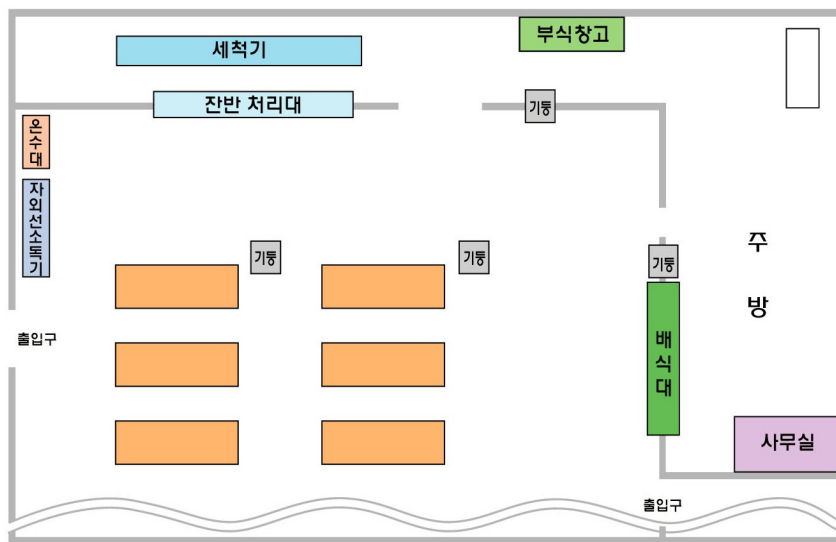


Figure 1. Schematic diagram of the company restaurant

질로서 CFC-12이다. 사용되는 CFC-12는 무색의 압축 액화가스이며 달콤한 냄새가 특징이고, 흡입시 주로 급성증상이 나타나는데 구역질, 구토, 현기증, 얼얼한 느낌, 숨이 막히는 증상과 눈 자극 증상, 피부에 수포 형성, 동상을 일으키는 것으로 알려져 있다(KOSHA, 2024). 그러나 프레온 가스는 상온·상압(20℃, 1기압) 상태에서는 쉽게 증발하므로 작업장 내에 잔류하기 어렵다. 그리고 근로자들의 냉동기에서 냉매를 제거한 후에도 발현하였다는 점을 고려하면 이번 식당 근로자에게 발생한 증상과도 무관한 것으로 판단되었다.

두 번째로 추정되는 유해인자는 자외선 건조기에서 발생하는 자외선이었다. 자외선 노출에 따른 건강영향 문헌조사 결과 가장 대표적인 증상이 피부홍반과 각막 및 망막 관련 안과 질환이었다(Fisher, 1997; ACGIH, 2001; Moan, 2010). 315 nm 이하의 자외선 파장에 노출되면 노출의 세기에 따라 눈과 눈 주위가 따갑고 눈물이 나고, 눈 안에 모래가 들어간 느낌이 나타나며, 피부에 대한 급성반응으로는 297~254 nm 파장의 자외선을 조사를 받으면 눈 주위를 포함한 안면부, 목과 가슴부위에 흥반, 부종 및 피부가 벗겨지는 증상이 나타난다고 보고되고 있다(Hathaway et al., 1994). 문헌 조사에 확인된 증상은 회사 근로자들의 증상과 거의 일치하는 것으로 파악되었으며, 따라서 근로자에게서 발생한 상기 증상은 자외선이 그 원인일 가능성이 가장 크다고 판단하였다.

한편 조사대상 사업장의 건강 이상 증상 발생 작업자들의 인터뷰 내용을 종합 검토한 결과 자외선 소독기가 식당에 설치 가동되고 2~3일이 경과 된 후 첫 증상자가 발생하였으며 이후에도 첫 증상자 발생시점으로부터 6개월이 경과된 시점에 시작된 본 연구진의 조사가 시작된 시점에도 지속적으로 동일 증상을 호소하는 근로자 있었다.

회사에 설치된 자외선 소독기는 물컵을 소독하기 위한 용도로 사용하고 있었으며, 근로자의 최초증상 호소 2일 전에 설치되어 가동되었다. 자외선 소독기는 두 부분으로 나뉘어져 있으며, 상단부는 컵을 소독하고 하단부는 식수를 따르는 부분이다. 컵을 소독하는 상단부는 8칸으로 총 316 L 용량으로 약 300개의 컵을 소독할 수 있었다. 상단부에는 자외선 출력이 각각 15 Watt인 자외선 램프 8개가 설치되어 있었다. 자외선 소독기는 전면은 비닐 재질의 커튼을 이용하여 차단하고 있었으며, 자외선 소독기를 가동하면서 세척한 물컵에 묻어



Figure 2. UV sterilizer used in company cafeteria

있는 물이 증발하면서 발생하는 수증기를 원활하게 배출시키기 위하여 전면에 부착한 비닐에 일정한 크기(약 1 mm) 및 간격(약 1.5 cm)으로 수백 개의 구멍을 뚫어 사용하고 있었다(Figure 2).

3. 자외선 노출수준 평가 결과

자외선 경우 우리나라 고용노동부에서는 산업안전보건법에 따른 측정대상 유해인자는 아니며, 노출기준 역시 관련 고시로 정해져 있지 않은 상황이다. 따라서 이번 조사에서 사용한 노출기준은 미국산업위생전문가협회(ACGIH, 2024)에 정한 자외선 노출평가 기준인 관련 TLV를 사용하여 측정평가가 하였다.

1) 측정 및 평가 방법

ACGIH에서 정한 TLV와 비교하기 위하여 화학 자외선의 파장 범위인 180~320 nm의 자외선을 직독식 측정장비(IL 1400A, IL, USA)로 자외선 유효조사량을 측정하였다. 이번 조사에 사용된 자외선 측정기기인 IL 1400A는 ACGIH TLV 설정에 이용된 파장별 가중치의 적용과 보정이 가능한 장비이다. 측정에 사용된 장비의 기본 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. Characteristics of IL 1400 A

장비명	IL 1400A (USA)
측정파장 범위	190~400 nm
평가방식	Signal mode : $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ Integrate mode : mJ/cm^2
검출세기 범위	700 nW/cm^2 ~ 350 mW/cm^2
직선성	± 0.2 %
검출기 타입	Solar blind vacuum photodiode tube SED240/T2ACT3

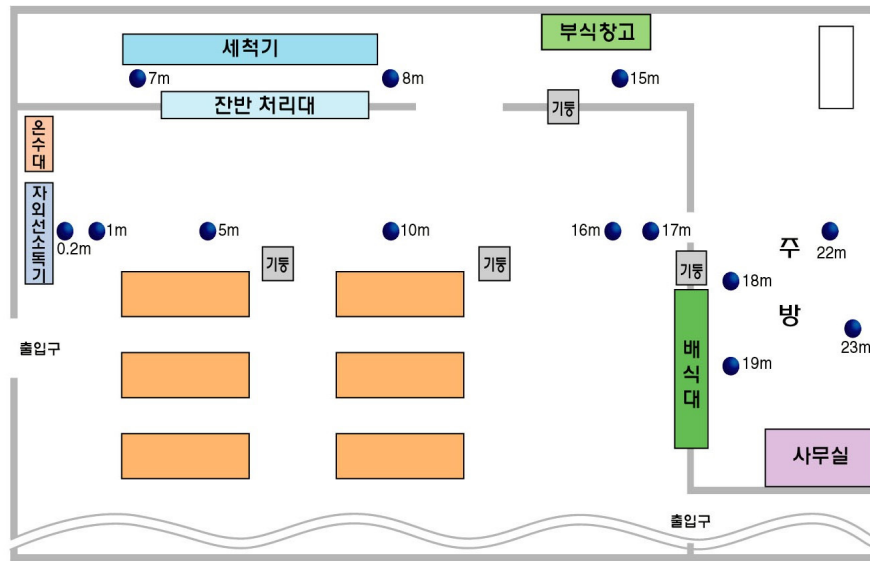


Figure 3. The measurement locations of ultraviolet radiation

식당 근로자의 주 작업위치는 자외선 소독기로부터 7~10 m 떨어진 식기 세척대 주위와 20~25 m 떨어진 배식 및 조리작업대로, 이들 지역에서의 실제 자외선 노출량을 파악하기 위하여 세척기(7, 8 m), 부식창고(15 m) 및 주방내 3개 지점(18, 19, 23 m)에서 측정하였다. 또한 거리에 따른 자외선 노출량 변화를 알아보기 위하여 방출원(자외선 소독기)으로부터 0.2 m, 1 m, 3 m, 5 m, 7 m, 10 m, 20 m의 거리에서 측정을 실시하였다(Figure 3). 자외선 소독기는 구멍이 난 비닐재질의 커튼형식의 문을 이용하여 자외선 차단 및 살균시 발생하는 수증기를 배출하고 있었다. 자외선 측정은 자외선 소독기를 켜 후 비닐재질의 문을 닫은 상태와 문을 연 상태에서 동일한 장소에서 각 측정지점에서 각각 2회씩 측정하여 평균값을 사용하였다. 측정 전·후에는 배경 빛의 세기에 대하여 보정을 실시하였다.

우리나라의 경우 자외선에 대한 노출기준을 별도로 정하고 있지 않기 때문에 ACGIH에서 권고하고 있는 노출기준을 준용토록 하고 있다(MoEL, 2020). ACGIH에서 권고하고 있는 자외선에 대한 노출기준(TLV)은 NIOSH에 권고하고 있는 노출기준(REL)과 동일하며, 그 노출기준은 자외선 유효조사량(effective irradiance, E_{eff})으로 나타내고 있다. 이러한 노출기준 설정으로 보호하고자 하는 건강장해는 피부홍반과 각막염 및 결막염의 장해를 예방하기 위한 기준이다(NIOSH, 1972; ACGIH, 2024).

ACGIH에서 정한 자외선 노출기준(TLV)은 2가지 종류가 있다. 하나는 자외선 파장범위(180~400 nm)에서

개별 파장대별로 각각 제시하는 TLV(단위: J/m^2 또는 mJ/cm^2)와 각 파장대별로 인체에 미치는 영향이 다른 점을 보정하여 아래 식(Equation 1)에 따라 전체 파장 범위의 자외선 유효방사량(effective irradiance)으로 환산된 단일 값(단위: $\mu W/cm^2$)이다.

$$E_{eff} = \sum E_{\lambda} S_{\lambda} \Delta \lambda \dots\dots\dots \text{(Equation 1)}$$

E_{eff} ; 270 nm의 단파장에서의 irradiance에 대한 상대 유효조사량 ($\mu W/cm^2$)

E_{λ} ; spectral irradiance in $\mu W/(cm^2/nm)$

S_{λ} ; relative spectral effectiveness(unitless)

$\Delta \lambda$; wavelength(nm), $1 \mu W = 1 \times 10^{-3} mJ/sec$

2) 주 작업위치에서 평가 결과

자외선 소독기에 의해 발생하는 자외선이 근로자에게 노출되는 정도를 측정하기 위하여 주 작업위치에서 자외선 소독기에 설치된 비닐로 된 커튼의 문을 개방한 경우와 닫은 경우에 대하여 각각 측정한 결과는 Table 2와 같다. 측정치는 각 위치에서 2회 반복 측정한 결과의 평균값이다. 자외선 유효조사량 측정결과를 살펴보면, 비닐로 된 자외선 소독기 문을 열어놓고 작업할 때 세척작업의 경우 $0.44 \sim 0.63 \mu W/cm^2$, 부식창고 앞 $0.30 \mu W/cm^2$, 주방이 $0.04 \sim 0.20 \mu W/cm^2$ 로 나타났다. 그러나 비닐로 된 자외선 소독기 커튼 문을 닫고 자외선 유효 방사량을 측정한 경우는 세척작업을 수행하는 장소에서만

Table 2. UV effective irradiance of main working locations

Location	Effective UV irradiance($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)*	
	Open door	Closed door
Dish wash machine(7 meters away from ultraviolet sterilizer)	0.44	0.01
Dish wash machine(8 meters away from ultraviolet sterilizer)	0.63	0.02
Front of food warehouse(15 meters away from ultraviolet sterilizer)	0.30	ND [†]
Cooking area(18 meters away from ultraviolet sterilizer)	0.04	ND
Cooking area(19 meters away from ultraviolet sterilizer)	0.20	ND
Cooking area(23 meters away from ultraviolet sterilizer)	0.09	ND

*: Average of two repeated measurements

†: Not detected

Table 3. Effective UV irradiance according to distance from the UV lamp

Condition	Effective UV irradiance($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)*						
	0.2 m	1 m	5 m	10 m	16 m	17 m	22 m
Open door	721.5	30.08	3.26	0.76	0.34	0.30	0.02
Closed door	- [†]	1.26	0.15	0.02	0.01	ND [‡]	ND

*: Average of two repeated measurements

†: Measurement is not possible with the door closed

‡: Not detected

자외선이 검출되었으며 그 양은 0.01~0.02 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 로 나타났다. 자외선 소독기의 커튼 문을 열어 놓고 작업을 수행할 경우 주방 위치를 제외한 대부분의 작업공간에서 ACGIH TLV에서 제시하는 8시간 작업 노출기준인 0.1 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 를 초과하였다. 이번 측정에 사용한 장비는 직독식 장비여서 작업자들의 1일 전체 작업시간 동안의 평균 노출 유효 자외선 방사량이 ACGIH의 기준을 초과한 것인지는 동 측정결과로 직접 평가할 수는 없다. 그러나 대부분의 주방 공간이 허용기준(TLV)을 초과하고 있어 주방 작업자들의 1일 평균 노출량도 허용기준을 초과할 가능성이 높다고 판단된다. Table 2에 제시한 주 작업위치에서의 자외선 유효 방사량 측정결과를 보면 동일한 작업영역(세척기, 주방)에서 자외선 소독기와의 거리가 더 멀리 떨어져 있음에도 불구하고 자외선 노출량이 높게 나타난 것은 발생원에서 방사되는 자외선의 전파 경로상에 방해물의 위치에 따라서 노출량이 다르게 평가된 것으로 판단된다.

2) 자외선 소독기로부터 거리에 따른 자외선 유효조사량 발생원(자외선 램프)에서의 자외선 유효 방사량은 이번 조사에 사용된 자외선 측정기의 측정범위를 초과하여 측정이 불가능하였다. 발생원으로부터 거리에 따른 자외

선 유효방사량 측정결과는 Table 3과 같다. 측정치는 각 측정지점에서 각각 2회씩 측정하여 평균값을 사용하였다. 측정결과를 살펴보면 자외선 소독기 문을 열고 측정할 때 721.5 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (0.2 m), 30.08 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (1 m), 3.26 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (5 m), 0.76 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (10 m), 0.34 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (16 m), 0.30 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (17 m) 그리고 0.02 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (22 m) 이었으며, 소독기 문을 닫고 측정할 때에는 1.26 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (1 m),

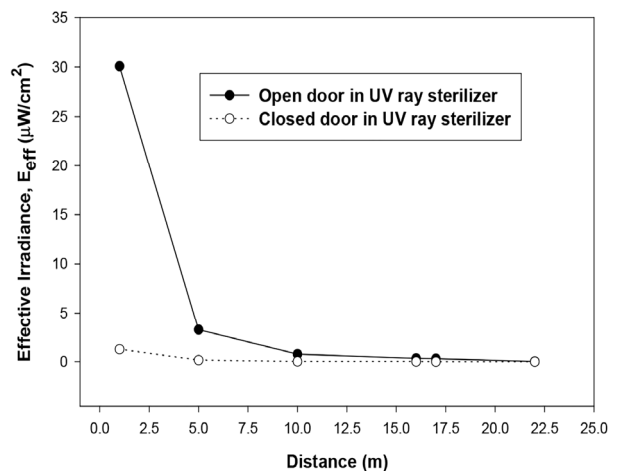


Figure 4. The trend of effective UV irradiance according to distance from the UV lamp

0.15 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (5 m), 0.02 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (10 m), 0.01 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ (16 m), 17 m와 22 m에서는 검출되지 않았다. 이를 그림으로 나타내면 Figure 4와 같다. 커튼 문을 닫은 경우 거리에 따른 자외선 유효 방사량의 감소는 별로 없으나, 커튼 문을 열고 측정한 경우 발생원으로부터 5 m 지점부터는 그 값이 급격히 감소되는 것으로 나타났다.

3) 발생원과의 거리에 따른 최대허용 작업시간 평가결과
ACGIH에서는 자외선 유효 방사량에 따른 최대허용 노출시간(MPET, maximum permissible exposure time)을 Equation 2에 따라 계산하도록 하고 있다.

$$\text{MPET}(\text{sec}) = \frac{3,000(\mu\text{J}/\text{cm}^2)}{\text{Arithmetic mean of } E_{\text{eff}}(\mu\text{W}/\text{cm}^2)} \dots\dots\dots (\text{Equation } 2)$$

이번 현장조사에서 얻은 측정치를 활용하여 상기 식에 따라 식당 근로자의 주 작업위치와 자외선 소독기에서 거리별 최대허용 노출시간을 구한 값은 Table 4, 5와 같다.

주 작업위치에서 자외선 소독기 문을 열어놓고 작업할 때 최대허용 노출시간은 세척작업의 경우 80~104분, 부식창고 앞은 167분, 주방이 250~1,250분이었으며, 자외선 소독기로부터 거리에 따른 최대허용 노출시간은 커튼 문을 열어 놓은 경우 4.2초(0.2 m), 1.7분(1 m), 15분(5 m), 66분(10 m), 147분(16 m), 167분(17 m), 그리고 22 m에서는 8시간 이상이었다. 반면에, 소독기의 커튼 문을 닫은 경우는 주 작업위치에서는 모두 8시간 이상으로 나타났으며, 거리에 따른 최대허용 노

출시간은 1 m에서 40분, 5 m에서 333분, 10 m이상의 지점에서는 8시간 이상으로 나타났다.

이번 측정결과를 보면 식당 종사자들의 주작업 위치(세척, 조리) 위치에서의 자외선 노출량은 1일 8시간이상 해당 공간에 머물러도 자외선 노출에 의한 주요 건강장애(홍반, 피부 손상)를 일으키는 수준은 아닌 것으로 평가되었다. 그러나 컵을 세척한 후 컵의 건조 및 소독을 위해 자외선 소독기의 전면 비닐 커튼 문을 열고 컵을 넣는 작업을 수행하는 경우 자외선 소독기 전면으로부터 0.2 m에서의 최대허용 노출시간이 4.2초에 불과하다는 점과 해당 소독기의 경우 약 300개의 컵을 소독할 수 있는 대용량임을 고려해볼 때 해당 작업시간은 현장 근무자들의 호소증상을 야기시킬 수 있는 충분한 자외선에 노출될 수 있는 시간으로 판단된다.

자외선 노출량을 평가하기 위해 이번 현장조사에서 사용된 기기가 연구진들의 보유 장비 여건상 개인시료 측정장비(personal dosimeter)가 없어 직독식 장비로만 측정하였기 때문에 작업자들의 하루 작업시간 동안 시간가중평균으로 평가할 수가 없다는 점은 이번 연구의 한계점이기는 하다. 그러나 비록 직독식 장비로만 측정하였다고 할지라도 자외선 소스로부터 방사되는 자외선량은 일정할 수밖에 없고 그 유효 방사량이 현재 작업자들이 호소하고 있는 증상들을 유발하기에 충분히 가능성이 있다는 것을 판단하는 데는 별 무리가 없다고 판단된다.

한편 자외선 식기 소독기와 같이 자외선 살균장비에 대한 우리나라 국가표준이 존재하는지를 나라표준인증 사이트(Korea Standards & Certification)에서 확인한 결과 국가표준이나 기술기준이 존재하지 않았으나, 해외

Table 4. The maximum permissible exposure time(MPET) by the main working areas

	MPET		
	Washing	Food warehouse	Cooking
Open door	10 - 104 min	167 min	250 - 1,250 min
Closed door	> 8 hr	> 8 hr	> 8 hr

Table 5. The maximum permissible exposure time(MPET) by the distance from the UV lamp

	MPET						
	0.2 m	1 m	5 m	10 m	16 m	17 m	22 m
Open door	4.2 sec	1.7 min	15 min	66 min	147 min	167 min	> 8 hr
Closed door	-*	40 min	333 min	> 8 hr	> 8 hr	> 8 hr	> 8 hr

*: Measurement is not possible with the door closed

경우 관련기준(ANSI/CAN/UL 8802, the Standard for Ultraviolet (UV) Germicidal Equipment and Systems)이 2023년 제정된 것으로 확인 된다.

4) 식당 근무자의 자외선 노출 예방을 자외선 소독기 개선 방안

일반적으로 자외선 소독기의 경우 문을 열면 자동적으로 자외선램프 전원이 차단되도록 설계되어 있다. 그러나 이번 조사대상 소독기의 경우 비닐 커튼 형식의 앞가리개 문을 개방하여도 자외선램프는 계속 작동되고 있었다. 이는 자외선 소독기에 세척된 컵을 비치하는 작업을 수행하는 경우 자외선램프가 계속 작동되고 있고, 이번 측정에서 확인된 자외선 유효방사량으로 판단컨대 순간적으로 매우 높은 자외선에 노출되었을 가능성이 충분하며, 또한 순간적으로 문을 열어놓고 자외선 소독기 주위에서 일을 했을 가능성도 있었다고 판단되었다.

따라서 현재 자외선 소독기는 비닐 커튼을 제거하고 자외선이 투과되지 않는 재질인 유리제품으로 교체해야 하며, 문을 여는 순간 자외선이 자동으로 꺼지는 자동 개폐장치(auto shutdown system)를 설치하는 것이 필요하다. 또한, 교체된 자외선 소독기 문에는 결코 구멍을 내서는 안 되며, 살균시 발생하는 수증기의 원활한 방출을 위해서는 소독기 상부 또는 뒷면에 적절한 크기의 배기구를 만들어 주는 방법을 고려해야 한다. 이러한 시설개선뿐만 아니라 자외선 소독기에서 발생하는 자외선에 의하여 눈과 피부에 건강장해가 발생할 수 있으므로 식당 부서 근로자들에게 자외선의 유해성 및 자외선 소독기 취급요령에 대한 올바른 교육을 실시해야 할 것으로 판단된다.

IV. 결 론

식당종사자의 증상발현 시점, 증상발현 전후에 유해 요인 발생에 대한 영향을 줄 수 있는 설비, 사용물질 등에 대한 현장조사 그리고 관련 증상을 유발할 만한 요인에 대한 문헌 조사와 식당 종사자들의 인터뷰 결과를 종합해 볼 때 증상을 일으키는 원인으로 식당에 설치된 음용 컵을 소독하기 위한 자외선 소독기에서 발생한 자외선 노출이라고 판단하였다.

자외선 소독기의 커튼 형식의 문을 열고 작업했을 경우 현재 대부분의 주방 작업공간에서 에서 ACGIH

TLV에서 제시하는 8시간 작업 노출기준인 0.1 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 를 초과하는 것으로 나타났다. 자외선 소독기로부터 거리에 따른 최대 허용노출 가능 시간을 평가한 결과를 보면 커튼 문을 개방한 상태에서는 0.2 m 거리에서 4.2 초에 불과했고, 1 m 떨어진 거리에서도 1.7분에 불과하였다.

이번 현장조사 결과 식당 종사자의 증상발현 시점은 자외선 소독기를 설치한 직후로, 그 증상이 자외선 노출 관련 증상과 일치함을 확인하였으며, 자외선 노출수준도 작업상황에 따라 다를 수 있는데 세척된 컵을 소독기 내부로 옮기는 과정에서도 허용 불가 수준의 자외선에 과노출될 수 있음을 확인할 수 있었다.

자외선 소독기로부터 발생하고 있는 자외선에 대한 작업자의 노출을 최소화하기 위해서는 현재 설치된 비닐 커튼 형식의 문을 자외선이 투과하지 못하는 유리 재질의 문으로 교체해야 하며, 문을 개방시 자외선 램프가 자동으로 꺼지도록 연계시키는 등 시설개선이 필요하고, 작업자들에 대한 자외선에 대한 유해성, 그리고 자외선 소독기에 대한 올바른 사용방법 등에 관한 교육이 필요하다고 판단된다.

References

American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH). Threshold limit values(TLVs) for chemical substances and physical agents & biological exposure indices(BEIs). ACGIH, Cincinnati(OH): 2024.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH). Documentation of the threshold limit values and biological exposure indices, 7th Ed. ACGIH, Cincinnati(OH); 2001.

Daniels F Jr. Ultraviolet carcinogenesis in man, in Urbach F(ed): Conference on biology of cutaneous cancer. Bethesda, Md, Natl Can Inst Monograph No 10, 1963.

Diffey BL. Observed and predicted minimal erythema dose: a comparative study. Photochem Photobiol 1984;60(4):380-382

Fisher GJ, Wang ZQ, Datta SC, Varani J, Kang S, Voorhees JJ. Pathophysiology of premature skin aging induced by ultraviolet light. N. Engl. J. Med. 1997;337:1419-1428

Hathaway JA, Sliney DH. Physical and biological hazards of the workplace. In chapter 12 ultraviolet radiation. New York: Van Nostrand Reinhold; 1994.

- Hausser KW. Influence of wavelength in radiation biology. *Strahlentherapie* 1928;28:25
- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection(ICNIRP). ICNIRP statement-protection of workers against ultraviolet radiation *Health Phys* 2010;99:66-87
- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection(ICNIRP). Guidelines on limits of exposure to incoherent visible and infrared radiation. *Health Phys* 2013;105:74-96
- International Standard Organization(ISO). ISO/CIE 17166:2019. Erythema Reference Action Spectrum and Standard Erythema Dose. [Accessed 14 May 2014] Available from <https://www.iso.org/standard/74167.html>
- Koh HK, Klingler BE, Lew RA. Sunlight and cutaneous malignant melanoma: evidence for and against causation. *Photochem Photobiol* 1990;51(6):765-779
- Korea Occupational Safety and Health Agency(KOSHA). Material safety and health data of CFC-12. [Accessed 17 May 2024] Available from <https://msds.kosha.or.kr/MSDSInfo/kcic/msdsdetail.do>
- Ministry of Employment and Labor(MoEL). Occupational exposure limits of chemical substances and physical agents. MoEL Notice of Korea 2020-48, 2020
- McKinlay AD, Diffey BL. Reference action spectrum for ultraviolet induced erythema in human skin. *CIE J* 1987;6:17-22
- Moan J, Juzeniene A. Solar radiation and human health. *J Photochem Photobiol* 2010;101:109-110
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Criteria for a recommended standard of occupational exposure to ultraviolet radiation. Cincinnati(OH): NIOSH; 1972.
- Pitts DG. The human ultraviolet action spectrum. *Am J Optom Physiol Opt* 1974;51(12):946-960
- Urbach F, Gange RW(Eds). *The Biological effects of UVA radiation*. New York: Praeger publication; 1986.
- Van der Leun JC. Photocarcinogenesis. *Photochem Photobiol* 1984;39(6):861-868

<저자정보>

정지연(교수), 이광용(연구위원), 박승현(원장)