

## 음식점에서 사용하는 자외선 살균소독기 내 자외선 강도 분포 및 자외선 누출

목철균\* · 이남훈

경원대학교 식품생물공학과

### Distribution of Ultraviolet Intensity and UV Leaking of Commercial UV Sterilizers Used in Restaurants

Chulkyoon Mok\* and Nam-Hoon Lee

Department of Food Science and Biotechnology, Kyungwon University

**Abstract** Ultraviolet sterilizers (UVS) are widely used in restaurants, cafeterias and catering businesses in Korea. The proper application of UVS, however, is still questionable since no studies have clearly identified their efficacy and safety, while regulations and regulatory management systems are yet to be established. In the present study, the efficacy of UVS were investigated by measuring spatial UV intensity inside five commercially operated UVS. The operating safety parameters were also checked by measuring leaked UV intensity. The UV intensities were inversely proportional to distance from the UV lamp within 25 cm, and to the square of the distance exceeding 25 cm. The UV intensities in commercial UVS varied with the distance from UV lamp and the incident angle, highlighting efficacy and stability concerns. Notable leakage was detected through the door gaps of a studied UVS, which also brought about safety concerns. Allowable working distances for the UV leaking UVS were suggested based on international standards.

**Keywords:** ultraviolet (UV) sterilizers, intensity, efficacy, leakage, safety

## 서 론

최근 자주 발생하는 식품 관련 사고는 식품안전에 대한 적극적인 대응을 필요로 하고 있다. 식품안전에 위협하는 인자에는 식중독 등 생물학적 요인, 식품첨가물, 농약, 중금속, 내분비계 장애물질, 조리과정 중 생성되는 유해물질 등 화학적 요인, 그리고 금속, 이물질 등 물리적 요인이 있다(1). 식품관련 사고 중 가장 발생빈도가 높고 큰 비중을 차지하는 것은 생물학적 요인에 기인하며, 식중독 예방은 경제·사회적으로 매우 중요한 과제로 부각되고 있다. 식중독은 식중독 미생물에 오염된 식품 원료를 사용하거나 조리 또는 제조 과정 중 적절한 살균과정이 누락되거나 생산, 보관, 저장 등 취급 시 작업자나 기계, 기구로부터 오염되어 발생한다.

최근의 식중독 발생 패턴은 교통의 발달, 집중화된 식품가공, 대규모 유통 시스템이 보편화됨에 따라 광범위한 지역에 걸쳐 대규모로 발생하는 추세를 보이고 있다. 식중독 발생 건수 및 환자수를 발생장소별로 살펴보면 발생 건수는 음식점, 집단급식소, 가정집 순이었고, 환자수는 집단급식소, 음식점, 가정집 순으로, 대부분의 식중독 사고는 집단급식소와 음식점에서 제공한 식품에

기인하고 있다(2). 음식점과 집단급식소에서 식중독 발생이 주류를 이루는 이유는 외식 인구 증가와 단체급식 등 식품공급 체계의 변화에 따른 것으로서, 식중독 예방을 위해서는 음식점 및 집단급식소의 위생관리가 매우 중요함을 시사한다(3).

식중독 발생을 예방하기 위해서는 식품 원료의 세척, 살균 등 미생물을 제어할 수 있는 적절한 처리와 함께 식품과 접촉하는 작업자와 기계, 기구 등의 물체에 대한 철저한 세척과 살균소독이 필수적이다. 식품생산 및 제조 현장에서 사용하는 살균소독제는 염소계, 4급암모늄염계 등의 화학적 살균제와 열탕, 열풍, 자외선 등 물리적 살균제가 있다(4,5). 이 중 자외선은 생산 및 관리가 용이하고 생산설비의 가격이 저렴하며 잔존 화합물을 생성하지 않는 장점이 있어 우리나라의 식품제조 및 판매업소, 위생업소, 정수장 등 다양한 장소에서 가장 많이 사용되고 있는 살균소독 방법이다.

우리나라의 경우 자외선 살균소독기는 소규모 음식점에서부터 집단급식소, 대형식품제조업체 이르기 까지 널리 보급되어 사용 중에 있고, 그 용도 또한 가장 일반적으로 사용하는 컵 살균부터 칼, 도마, 행주 등의 도구 및 기물의 소독, 위생복, 앞치마, 작업화, 고무장갑 등의 개인위생 용구의 소독에 이르기 까지 매우 다양하다(3).

자외선은 파장 100-400 nm 범위의 전자기파를 칭하지만 살균소독에 사용되는 자외선은 주로 200-280 nm 범위의 UV-C로서 저압수은등을 사용하여 생성한다. 자외선의 살균 기작은 DNA와 RNA의 이중나선 구조를 파괴하고, thymine-thymine dimer, uracil-uracil dimer 등 pyrimidine dimer를 형성하여 사멸시키는 것으로 알려져 있다(6). 자외선의 에너지는 살균 등 생물학적 작용을 나

\*Corresponding author: Department of Food Science and Biotechnology, Kyungwon University, San 65 Bokjeong-dong, Sujeong-gu, Seongnam, Gyeonggi-do 461-701, Korea  
Tel: 82-31-750-5403  
Fax: 82-31-750-5273  
E-mail: mokck@kyungwon.ac.kr  
Received September 28, 2007; accepted February 18, 2008

타내기에는 충분하지만 고체 또는 일정 두께 이상의 액체를 투과할 만큼 높지 않으므로 자외선 살균소독 효과는 대상 물체가 고체인 경우에는 표면에서만, 액체인 경우에는 일정한 두께 이내로 국한되는 단점이 있다. 아울러 살균소독 효과는 자외선 강도에 비례하므로 균일한 자외선 조사와 일정한 자외선 강도의 유지는 자외선 살균소독의 유효성을 유지하기 위한 필수 요소이다(3).

통상 시중 음식점 및 집단급식소에서 사용하는 자외선 살균소독기는 스테인리스 스틸로 제작된 상자의 상부에 자외선램프를 설치하고, 그 안에 대상 물체를 넣고 일정시간 자외선에 노출시켜 살균한다. 이들 장치의 살균력은 자외선램프의 출력 및 수량, 살균소독기를 구성하는 물질의 종류 등에 따라 변화하게 되며, 동일한 살균소독기라 할지라도 램프로부터의 거리, 자외선 입사각도, 자외선 차단 또는 방해 물질의 존재 여부 등에 자외선 강도가 달라진다. 이러한 자외선의 특성을 감안하여 살균해야함에도 불구하고 현재 많은 업소에서는 이를 무시한 채 비합리적으로 자외선 살균소독기를 사용하고 있다(3).

또한 자외선은 미생물뿐만 아니라 인체에도 영향을 미치므로 자외선 살균소독기로부터 누출되는 자외선은 철저히 차단되어야 한다. 만일 자외선 살균소독기로부터 자외선이 누출될 경우 안구손상, 홍반, 피부암 등 작업자와 사용자에게 위해를 끼칠 수 있으므로 이에 대한 관리 역시 자외선 살균소독기의 안전성 확보에 필수적인 사항이다(7-9).

본 연구는 현재 널리 보급되어 사용되고 있는 자외선 살균소독기의 합리적인 사용을 위하여 음식점과 집단급식소에서 실제 사용 중인 자외선 살균소독기를 대상으로 장치 내 자외선 분포를 측정하고, 자외선 누출 여부를 검정함으로써 자외선 살균소독기의 합리적인 유효성 관리 방안과 함께 안전한 사용 방법을 제시하고자 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 자외선 살균램프의 자외선 강도

출력 4, 8, 10, 15 W인 자외선살균램프(Sankyo Ultraviolet Co., Ltd, Seoul, Korea)의 램프로부터의 거리에 따른 자외선 강도를 자외선 강도 측정기(HD 2102.2, Delta OHM, Padua, Italy)를 사용하여 측정하였다. 측정 센서는 LP 471 UVC (220nm-280nm, Delta OHM)을 사용하였으며, 3회 반복 측정하였다.

### 자외선 살균소독기 내 위치별 자외선 강도 측정

자외선 살균소독기의 위치별 살균력 편차를 검정하기 위하여

Table 1과 같은 국내에서 판매되는 음식점 및 집단급식소용 자외선 살균소독기 5종에 대해 자외선램프로부터의 거리에 따른 자외선 강도를 위의 방법으로 측정하였다. 자외선 살균소독기의 부위별 자외선 강도는 SAS Package(version 8.1, SAS Institute Inc. Cary, NC, USA)를 이용한 Duncan의 중범위 검정을 통하여 유의차를 확인하였다.

### 자외선 살균소독기의 누출 자외선 측정

자외선 살균소독기 5종에 대해 자외선 누출 여부를 확인한 결과 유일하게 문틈을 통하여 자외선이 누출되는 것으로 확인된 양문 개폐형 자외선 살균소독기 E(Fig. 1)의 문틈(1.0 mm)을 통한 누출 자외선 강도를 위치 및 문틈으로부터의 거리별로 측정하였다.

## 결과 및 고찰

### 출력 별 자외선 램프의 거리에 따른 자외선 강도

출력 4, 8, 10, 15 W인 자외선램프의 램프로부터의 거리에 따른 자외선 강도는 Fig. 2에 나타나 있다. 자외선 강도는 램프 출력에 비례하였으며, 램프로부터의 거리에 따라 감소하였다.

램프로부터의 거리에 따른 상대 자외선 강도(relative UV intensity)를 계산한 결과는 Table 2와 같다. 거리에 따른 자외선 강도의 변화 경향은 기존의 보고(10)와 유사하였다. 이 결과를 근

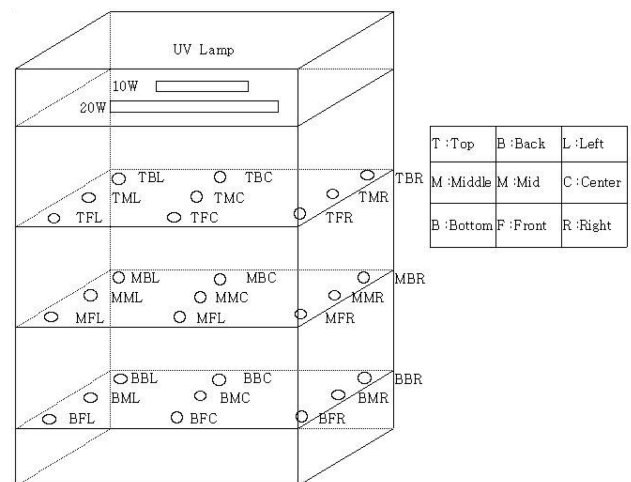


Fig. 1. Schematic diagram of UV sterilizer E and UV intensity measured spots.

Table 1. Ultraviolet sterilizers in which UV intensities were measured

UV Sterilizer codes	Lamp output (W)	Interior width×depth (cm)	No. of doors	No. of shelves	Shelves	Distance from lamp (cm)
A	15	30×20	1	2	Upper	7
					Lower	14
B	15	60×49	1	1	N/A	41
C	15	49×36	1	2	Upper	31
					Lower	54
D	15	54×54	1	1	N/A	35
					Top	30
E	10, 20, 30	81×41	2	3	Middle	60
					Bottom	90

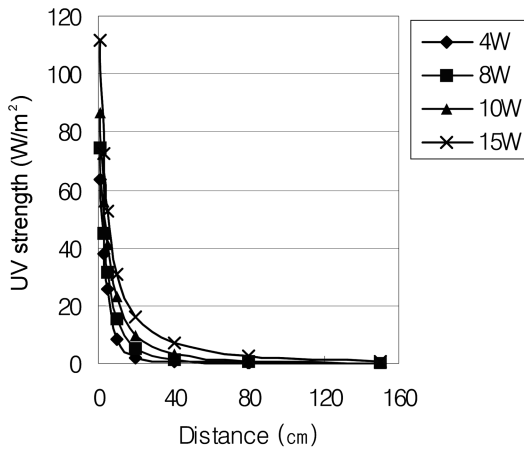


Fig. 2. Effects of UV lamp output and distance on UV intensity.

거리 거리에 따른 자외선 강도의 감소 경향을 자외선 살균소독기 사용 현장에서 쉽게 적용할 수 있도록 단순화하면, 자외선 강도는 램프로부터 거리가 25 cm 이내일 때는 거리에, 25 cm 이상의 거리에서는 거리의 제곱에 반비례한다.

자외선 살균소독기의 위치별 자외선 강도

국내에서 생산되어 시판 중인 다양한 크기의 자외선 살균소독기 5종에 대해 장치 내 위치별 자외선 강도를 측정하였다. 출력 15 W인 자외선램프 1개가 상부에 설치되어 있고, 상부 선반과 하부 선반이 램프로부터 각각 7 cm 및 14 cm 떨어진 지점에 설치된 자외선 살균소독기 A에 대한 결과는 Fig. 3과 같다.

자외선 살균소독기 A의 자외선 강도는 상단 선반의 중앙부에서 가장 높았고, 램프의 중심에서 상하, 전후 또는 좌우 방향으로 멀어짐에 따라 자외선 강도는 감소하였다. 선반 위치에 따른 자외선 강도는 상단 선반과 하단 선반 사이에 큰 차이를 보였으며, 각 선반의 외곽부위에서는 자외선 강도가 극히 약화되었다. 특히 상단 선반의 구석부위는 자외선이 거의 도달하지 않으므로

Table 2. Changes in relative ultraviolet intensity with respect to distance from UV lamp

Distance from UV lamp (cm)	Relative UV intensity (%)
0	100
2.5	35.9
5	19.5
10	9.0
15	5.6
20	4.5
25	4.0
37.5	1.7
50	1.1
75	0.8
100	0.3

이의 보완이 필요한 것으로 나타났다.

자외선램프로부터 41 cm 거리에 1개의 선반이 설치되어 있는 자외선 살균소독기 B의 경우는 Table 3에 나타난 바와 같이 위치에 따라 강도의 변화는 있었으나 그 정도가 램프로부터 7 cm 및 14 cm 떨어진 지점에 2개의 선반이 위치한 자외선 살균소독기 A에 비하여 심하지 않았다. 이러한 현상은 자외선램프로부터 거리가 멀어짐에 따라 자외선 강도는 약화되지만 살균소독기 벽면에서 반사된 자외선의 작용으로 그 차이가 작아지기 때문으로 추정되었다. 이러한 경향은 살균소독기 내 자외선 강도의 편차를 줄이기 위해서는 일정거리의 유지가 필요함을 의미하고 있다.

자외선램프가 중간보다 앞쪽으로 치우쳐 배치되어 있는 자외선 살균소독기 C의 경우를 보면 Table 4와 같이 중앙부에서는 앞뒤 간의 차이가 매우 크게 나타났으나, 가장자리로 갈수록 그 차이는 작아졌다. 위치별 자외선 강도는 상단 선반에 비하여 하단 선반에서 비교적 작은 차이를 보였다.

자외선램프가 자외선 살균소독기 천정의 뒤쪽으로 치우쳐 배치되어 있는 자외선 살균소독기 D의 경우는 Table 5에서 보는 바와 같이 뒤쪽의 자외선 강도가 가장 높았으며 앞쪽으로 갈수록 강도가 약해졌다. 이러한 결과 역시 자외선 강도는 램프의 위

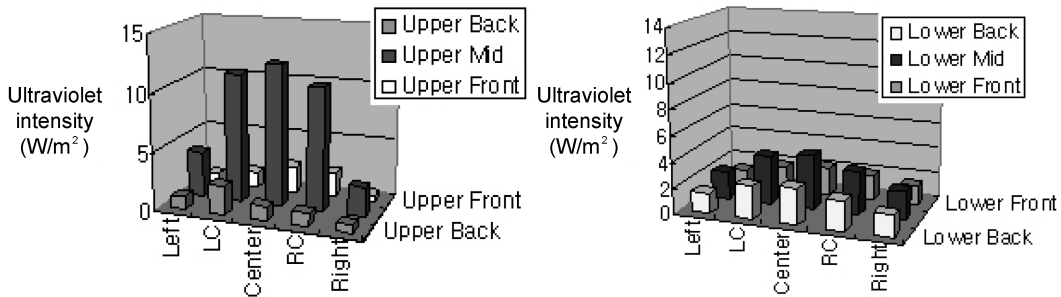


Fig. 3. Ultraviolet intensity at different spots on different shelves of UV sterilizer A.

Table 3. Ultraviolet intensity at different spots on shelf of UV sterilizer B

Location	Left	Left center	Center	Right center	Right
Back	0.502±0.001 <sup>a1)</sup>	1.005±0.002 <sup>f</sup>	1.235±0.003 <sup>l</sup>	1.146±0.002 <sup>i</sup>	0.606±0.001 <sup>b</sup>
Mid I	0.883±0.001 <sup>d</sup>	1.601±0.014 <sup>l</sup>	1.960±0.001 <sup>p</sup>	1.854±0.012 <sup>o</sup>	1.010±0.001 <sup>f</sup>
Mid II	1.055±0.002 <sup>g</sup>	2.045±0.001 <sup>q</sup>	2.472±0.004 <sup>r</sup>	2.039±0.003 <sup>q</sup>	1.106±0.001 <sup>h</sup>
Front	0.956±0.001 <sup>e</sup>	1.798±0.004 <sup>n</sup>	1.724±0.005 <sup>m</sup>	1.503±0.007 <sup>k</sup>	0.864±0.007 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>Values with the same letter are not significantly different ( $p < 0.05$ ).

**Table 4. Ultraviolet intensity at different spots on shelf of UV sterilizer C** (W/m<sup>2</sup>)

Shelves	Location	Left	Left center	Right center	Right
Upper	Back	0.996±0.026 <sup>1)</sup>	2.366±0.010 <sup>o</sup>	1.615±0.002 <sup>k</sup>	1.442±0.002 <sup>g</sup>
	Mid	2.463±0.019 <sup>p</sup>	4.646±0.029 <sup>u</sup>	4.400±0.015 <sup>t</sup>	2.552±0.009 <sup>q</sup>
	Front	1.355±0.011 <sup>f</sup>	7.069±0.016 <sup>w</sup>	6.458±0.004 <sup>v</sup>	1.622±0.006 <sup>k</sup>
Lower	Back	1.115±0.003 <sup>c</sup>	1.525±0.001 <sup>h</sup>	1.562±0.004 <sup>j</sup>	1.080±0.003 <sup>b</sup>
	Mid	1.231±0.002 <sup>d</sup>	2.103±0.006 <sup>a</sup>	1.878±0.003 <sup>l</sup>	1.320±0.006 <sup>e</sup>
	Front	1.543±0.001 <sup>i</sup>	3.559±0.017 <sup>r</sup>	3.648±0.001 <sup>s</sup>	1.951±0.002 <sup>m</sup>

<sup>1)</sup>Values with the same letter are not significantly different ( $p<0.05$ ).

**Table 5. Ultraviolet intensity at different spots on shelf of UV sterilizer D** (W/m<sup>2</sup>)

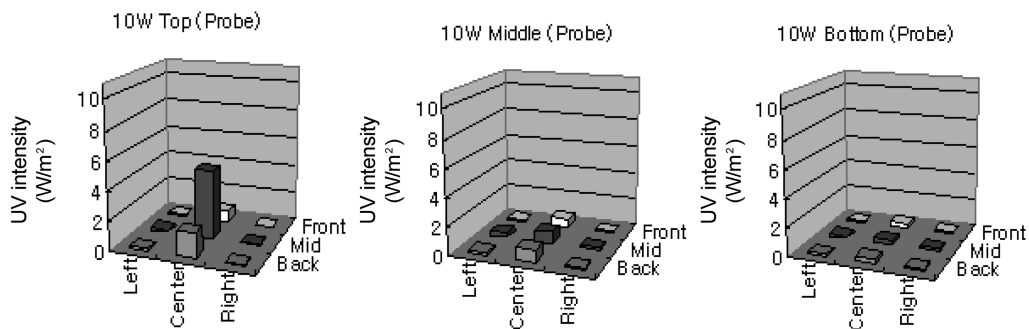
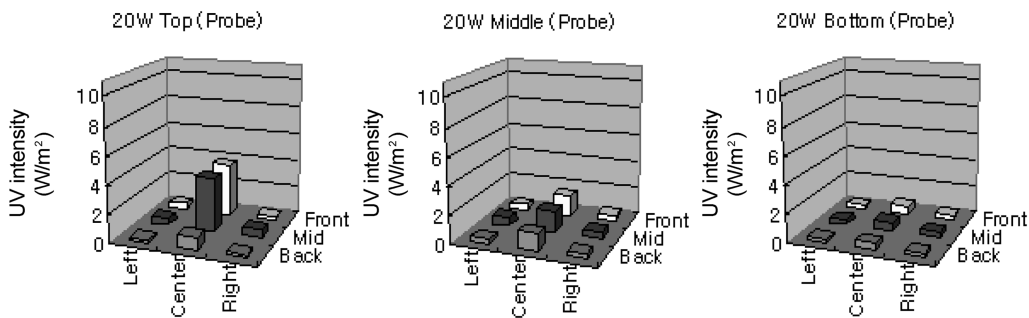
Location	Left	Left center	Center	Right center	Right
Back	3.588±0.013 <sup>p1)</sup>	6.823±0.009 <sup>u</sup>	8.582±0.029 <sup>v</sup>	5.271±0.027 <sup>t</sup>	1.538±0.007 <sup>h</sup>
Mid I	2.353±0.004 <sup>n</sup>	5.098±0.010 <sup>s</sup>	4.483±0.004 <sup>r</sup>	4.128±0.003 <sup>q</sup>	1.179±0.002 <sup>d</sup>
Mid II	1.486±0.002 <sup>g</sup>	3.174±0.009 <sup>o</sup>	1.404±0.002 <sup>e</sup>	1.608±0.005 <sup>i</sup>	0.486±0.002 <sup>c</sup>
Mid III	1.446±0.004 <sup>f</sup>	1.949±0.006 <sup>m</sup>	1.684±0.002 <sup>j</sup>	1.484±0.002 <sup>g</sup>	0.381±0.001 <sup>b</sup>
Front	1.740±0.003 <sup>k</sup>	1.960±0.004 <sup>m</sup>	1.897±0.006 <sup>l</sup>	1.178±0.002 <sup>d</sup>	0.245±0.001 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Values with the same letter are not significantly different ( $p<0.05$ ).

치와 선반의 위치에 따라 크게 변화함을 의미하며, 균일한 살균력을 갖추기 위해서는 램프의 개수 및 위치에 대한 사항도 고려되어야 함을 시사한다.

출력 10 W 및 20 W인 램프가 각각 1개씩 장착된 자외선 살균소독기 E를 사용하여 램프출력을 10, 20 및 30 W로 변화시켰을 때의 선반 및 위치 별 자외선 강도를 측정된 결과 각각 Fig. 4, 5 및 6에 나타난 바와 같이 전반적으로 자외선 강도는 램프의 출력에 비례하여 증가하였고, 살균소독기 내 위치와 램프로부터의 거리가 자외선 강도에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 위치

에 따른 자외선 강도는 램프의 바로 밑 지점인 상단 선반의 중앙부의 자외선 강도가 가장 높았다. 그러나 상단 선반에서는 중앙부 이외의 지점의 자외선 강도는 급격하게 낮아졌으며, 변방부위는 중단 선반의 변방보다도 오히려 작은 값을 보였다. 특히 상단 선반의 구석 부분은 하단 선반의 같은 지점보다도 낮은 자외선 강도를 보여 상단 선반의 구석에는 거의 자외선이 도달하지 않는 것으로 나타났다. 이 역시 위에서 고찰한 바와 같이 자외선 강도는 램프로부터의 거리 이외에 입사각 등이 영향을 미침을 의미하는 것으로, 균일한 살균효과를 위해서는 자외선 살균

**Fig. 4. Ultraviolet intensity at different spots on different shelves of UV sterilizer E with 10 W UV lamp.****Fig. 5. Ultraviolet intensity at different spots on different shelves of UV sterilizer E with 20 W UV lamp.**

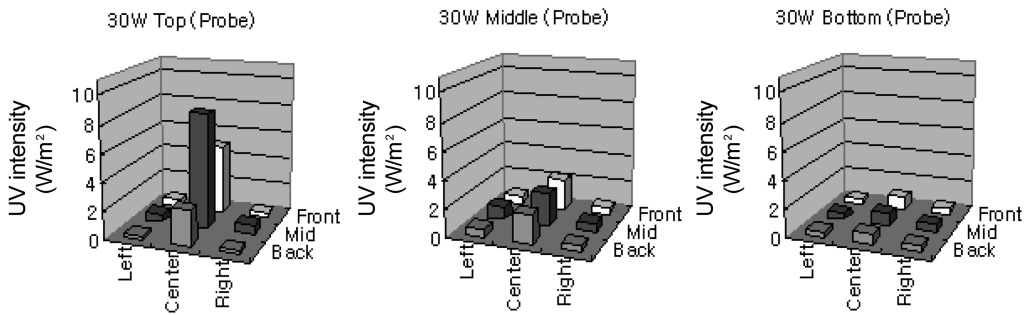


Fig. 6. Ultraviolet intensity at different spots on different shelves of UV sterilizer E with 30 W UV lamp.

소독기를 설계할 때 이를 고려하여야 한다.

한편 출력 10 W에서 상단 중앙부의 자외선 강도는 4.796 W/m<sup>2</sup>인데 비하여 출력 20 W에서 동일 지점의 자외선 강도는 3.848 W/m<sup>2</sup>로 오히려 작은 값을 보였는데, 이는 출력 20 W 램프의 위치가 중앙부에서 약간 뒤쪽으로 치우쳐 설치되어 있기 때문에 나타난 현상으로 생각된다.

결론적으로 균일한 살균력을 위해서는 자외선 살균소독기의 설계 시 램프의 위치와 방향에 대한 면밀한 검토가 필요하고, 제작 시 균일한 자외선 방출을 위한 기계적 보완이 요구된다. 일정한 자외선 강도를 얻기 위해서는 1개의 고출력 램프를 설치하는 것보다는 다수의 저출력 램프를 설치하는 것이 바람직할 것이며, 이 경우 동일한 간격을 유지하거나 램프 사이의 각도를 동일하게 설치하면 보다 균일한 자외선 강도를 유지할 수 있을 것으로 예상된다.

**자외선 살균소독기의 작업안전성**

자외선의 생물학적 작용을 이용하여 미생물을 살균하지만 만일 자외선 살균소독기의 관리가 제대로 이루어지지 않아 작업자, 사용자 및 일반 대중이 자외선에 노출될 경우가 건강에 위해를 입게 된다. 자외선의 인체에 대한 위해로는 안구손상, 홍반, 색소 침착, 알레르기, 화상, 피부노화 및 피부암 등이며(7-9), 선진국에서는 작업자를 보호하기 위하여 자외선 노출허용 기준을 정하여 관리하고 있다(11,12).

자외선 살균소독기의 자외선 누출에 의한 위해성을 조사하기 위하여 5종의 자외선 살균소독기로부터 자외선 누출 여부를 측정 한 결과, 외문형 자외선 살균소독기 A, B, C 및 D에서는 자외선 누출이 감지되지 않았다. 양문형 자외선 살균소독기 E의 경우에도 스테인리스 스틸로 된 후면, 측면, 전면의 틀(frame) 및 유리 부분에서는 자외선 누출이 없었다. 통상 금속은 자외선을 전혀 투과시키지 않고, 창유리의 자외선 침투깊이는 0.1 cm 이하로 알려져 있다(13).

반면에 문 사이의 틈을 통한 자외선 누출은 상당한 수준에 달하였다. 양문 개폐형 자외선 살균소독기 E의 램프 출력을 10~30 W로 달리하고 1.0 mm의 문틈을 통한 누출 자외선 강도를 거리별로 측정한 결과 Fig. 7에서 보는 바와 같이 램프 출력에 따라 누출 자외선 강도가 높았고, 위치에 따라서는 자외선램프에 가까운 문틈 상부에서 가장 큰 값을 보였다.

문틈 상부에서의 누출 자외선 강도는 램프 출력 10 W에서도 0.1031 W/m<sup>2</sup>에 달하여 심각한 수준이었고, 문틈의 중간부와 하부에서는 각각 0.0162와 0.0035 W/m<sup>2</sup>의 누출 자외선이 감지되었다. 램프 출력 20 W에서는 문틈 상부에서 0.0678, 중간부에서 0.0171, 하부에서 0.0025 W/m<sup>2</sup>의 자외선이 누출되었다. 한편 램프 출력 20 W에서의 자외선 누출이 10 W에서의 경우 보다 낮

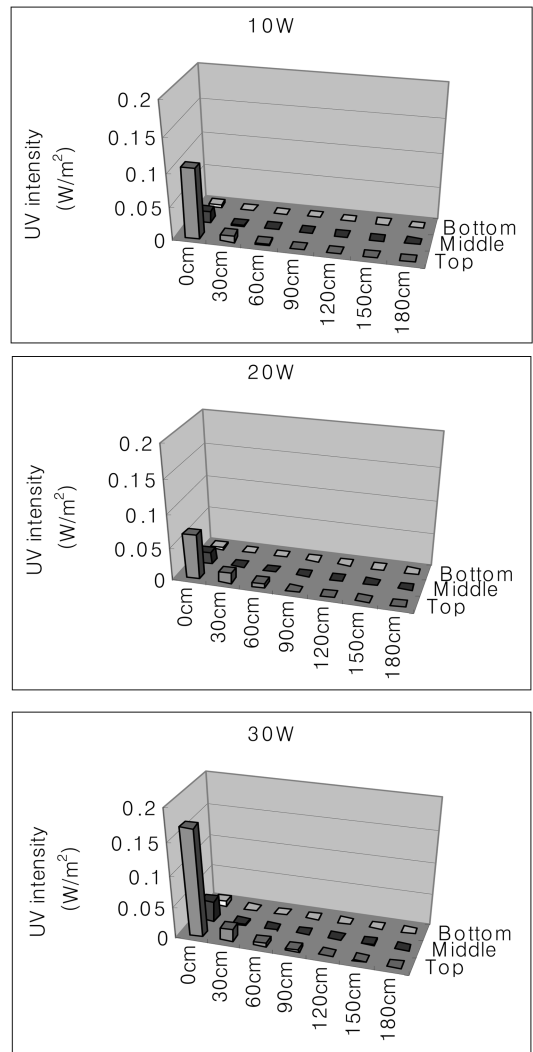


Fig. 7. Ultraviolet leakage through door gap of UV sterilizer E at different spots and distances with varying UV lamp output.

은 수준의 누출을 보인 것은 램프 길이의 차이에 따른 것으로 생각된다. 출력 20 W 램프는 길이는 58 cm로 10 W 램프의 33 cm에 비하여 길고 전극사이의 거리가 멀어 전체 출력은 높았지만 램프의 중앙부에서 나오는 자외선 강도는 10 W 램프에 비하여 낮았기 때문으로 생각된다. 램프 출력 30 W의 경우는 10 W 램프와 20 W 램프를 모두 가동하였으므로 누출 자외선 강도도 10 W와 20 W의 누출 자외선 강도를 합한 값과 비슷한 수준인 상

부에서는 0.1691 W/m<sup>2</sup>, 중간부에서는 0.0319 W/m<sup>2</sup>, 하부에서는 0.0081 W/m<sup>2</sup>의 값을 보였다.

누출 자외선의 강도는 문틈으로부터의 거리가 멀어짐에 따라 낮아졌다. 램프 출력 10 W인 경우 상부와 중간부에서는 90 cm 이상 떨어진 지점에서, 하부에서는 30 cm 이상 떨어진 지점에서 본 연구에 사용한 자외선 강도 측정기의 검출한계인 0.0001 W/m<sup>2</sup> 미만으로 낮아졌다. 출력 20 W의 경우에는 문틈으로부터의 거리가 상부에서는 90 cm 이상, 중간부에서는 60 cm 이상, 하부에서는 30 cm 이상 떨어진 지점부터 자외선이 검출되지 않았다. 반면에 출력 30 W에서는 문틈 상부는 180 cm 떨어진 지점에서도 0.0001 W/m<sup>2</sup>의 자외선이 검출되었다. 중간부에서는 180 cm 이상, 하부에서는 30 cm 이상 떨어진 지점에서는 자외선이 검출되지 않았다.

북미와 유럽국가에서는 작업자와 사용자의 안전을 위하여 자외선 노출을 관리하고 있고, 파장별로 노출 허용량을 규제하고 있다. 미국의 American Conference of Governmental Industrial Hygienists(14)와 U.S. National Institute of Occupational Safety and Health(11) 및 영국의 National Radiological Protection Board(12)에서는 자외선 살균소독 기계장치에서 사용하는 파장 254 nm 인 자외선의 경우 6.0 mJ/cm<sup>2</sup>을 최대 노출허용량으로 정하고 있는데, 이를 SI 단위로 환산하면 60 J/m<sup>2</sup>이다. 이로부터 8시간 노출을 기준으로 허용 자외선 강도를 계산하면 2.083 × 10<sup>-3</sup> W/m<sup>2</sup>이 되며, 이를 바탕으로 본 연구에 사용한 자외선 살균소독기 E에 대하여 안전 작업거리를 산출하면 램프 출력 10 W와 20 W에서는 90 cm 이상, 출력 30 W에서는 120 cm 이상 떨어져야 8시간 연속 작업 시 안전하다고 할 수 있다.

안전한 자외선 살균소독기 사용을 위한 방안으로는 우선 살균소독기 제작 시 완벽을 기하여 자외선이 누출되지 않도록 하여야 하고, 문틈 덮개의 설치 등 부가적인 보완이 필요하다. 안전장치로는 현재 주로 적용하고 있는 개문 안전스위치보다는 사용자가 일정거리 이내로 접근하면 자동으로 램프를 차단하는 안전스위치의 적용이 필요하다. 자외선 살균소독기 사용 시에는 문틈에 이물질이 끼어 틈이 생기지 않도록 주의하고, 항상 청결한 상태를 확보하여 완벽한 밀폐를 유지하여야 한다. 또한 자외선 살균소독 기계장치의 사용 및 안전에 관한 법규의 제정 및 관리가 필요하며, 자외선 살균소독기 승인 형식에 자외선 누출에 관한 사항도 포함되어야 할 것이다.

결론적으로 자외선 강도 등 자외선 살균소독기의 성능에 관한 기준과 함께 안전 기준이 제정되어 살균력 등 유효성 관리와 자외선 노출 허용량 등 안전성에 대한 관리가 이루어져야 하며, 기존에 보급되어 현장에서 사용 중인 자외선 살균소독기에 대해서도 살균력 유지 및 안전한 사용을 위한 관리 방안의 구축이 요구된다.

## 요 약

식품제조 및 조리 현장에 널리 보급되어 사용되고 있는 자외선 살균소독기의 유효성과 안전성을 검증하기 위하여 자외선램프의 출력 및 거리에 따른 자외선 강도를 측정하였고, 시판 자외선 살균소독기 5종에 대하여 장치 내 자외선 분포를 조사하였으며, 자외선 누출을 검증하였다. 자외선 강도는 램프 출력에 비례

하였으며, 근거리(<25 cm)에서는 램프로부터의 거리에, 원거리(>25 cm)에서는 거리의 제곱에 반비례하여 변화하였다. 자외선 살균소독기 내 자외선 강도는 선반의 중앙부에서 가장 높았고, 선반의 중심에서 전후 또는 좌우 방향으로 멀어짐에 따라 감소하였다. 선반 위치에 따른 자외선 강도는 상단 선반과 하단 선반 사이에 큰 차이를 보였으며, 각 선반의 외곽부위에서는 자외선 강도가 극히 약화되었다. 문틈 등 틈새가 있을 경우 이를 통한 자외선 누출은 상당한 수준에 달하였으며, 누출 자외선 강도는 거리에 따라 낮아졌다. 자외선이 누출되는 자외선 살균소독기에 대하여 선진국의 자외선 노출 허용량을 근거로 안전작업거리를 제시하였다.

## 감사의 글

본 연구는 2006년도 식품의약품안전청 용역연구개발사업으로 수행되었으며, 지원에 감사합니다.

## 문 헌

1. Seward II RA. Characteristics of Food Hazards. pp. 11-18. In: Food Safety Handbook. Schmidt RH, Rodrick GE (eds). John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA (2003)
2. KFSA. Outbreak of Food Borne Diseases in 2006. Korea Food and Drug Administration, Seoul, Korea (2007)
3. Lee NH, Kim NI, Mok C. Usage of ultraviolet sterilizers used in domestic restaurants and catering businesses. Food Engineering Progress 11: 225-229 (2007)
4. Marriot NG Principles of Food Sanitation, 4<sup>th</sup> ed. Aspen Publishers, Inc., Gaithersburg, MD, USA. pp. 139-157 (1999)
5. Stanfield P. Cleaning and sanitizing a food plant. pp. 101-114. In: Food Plant Sanitation. Hui YH, Bruinsma BL, Gorham JR, Nip W, Tong PS, Ventresca P (eds). Marcel Dekker, Inc., NY, USA (2003)
6. U.S. EPA. Ultraviolet Disinfection Guidance Manual. United States Environmental Protection Agency, Office of Water, Environmental Protection Agency, Washington DC, USA (2003)
7. WHO. Environmental Health Criteria 14: Ultraviolet Radiation. World Health Organization, Geneva, Switzerland. pp. 61-94 (1979)
8. Shama G. Ultraviolet light. pp. 2208-2214. In: Encyclopedia of Food Microbiology, 3<sup>rd</sup> ed. Robinson RK, Batt C, Patel P (eds). Academic Press, London, UK. (1999)
9. Bintsis T, Litopoulou-Tzanetaki E, Robinson R. Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry-a critical review. J. Sci. Food Agric. 80: 637-645 (2000)
10. Living Pure. A primer on UV-C light. Available from: [http://www.livingpure.co.uk/hygiene/uv\\_uv\\_light\\_primer.pdf](http://www.livingpure.co.uk/hygiene/uv_uv_light_primer.pdf). Accessed Sep. 17, 2007
11. NIOSH. Ultraviolet Transfer Standard Detectors and Evaluation and Calibration of NIOSH UV Hazard Monitor. HEW Publication. No. 75-131. National Institute for Occupational Safety and Health, Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, GA, USA (1975)
12. NRPB. Protection against Ultraviolet Radiation in the Workplace. National Radiological Protection Board, London, UK (1977)
13. Heinz Company. Principles and Practices for the Safe Processing of Foods, Butterworth-Heinemann Ltd., Oxford, UK. pp. 221-253 (1991)
14. ACGIH. Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices for 1986-1987, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, OH, USA. pp. 104-106 (1987)