

紫外線 空氣 清淨機의 冷藏庫 殺菌 脫臭 效果

전재근 · 이영진 · 김경만 · 이홍원* · 장의영*

서울대학교 農業生命科學大學 食品工學科, *三星電子 綜合研究所

Sterilizing and Deodorizing Effect of UV-Ray Air Cleaner for Refrigerator

Jae-Kun Chun, Yung-Jin Lee, Kyung-Man Kim,
Hong-won Lee* and Eu-Yung Jang*

College of Agriculture & Life Science, Seoul National University
*Samsung Electronic Co., Suwon, Korea

Abstract

Ultra violet ray air cleaner to use as the sterilization and deodorization device in refrigerator was designed and made of UV lamp and carbon block as the main components. The intensity of the lamp was 2.38 mW/cm² and reflector was installed to increase the radation. After running the device for 12 hours, 80% of the population of airborne bacteria was sterilized both at 48 and 480 liter refrigerator chambers. Ozone production caused by UV-ray reached 0.082 ppm at holding section within a few second when the device was operated at 25°C and it showed 0.06 pm at 3°C. Deodorization effect was 2.5 times greater than that of a device made of electrical arc principle at 25°C. New device 2 times more effectively decreased trimethylamine and methyl mercaptan content applied as odor indicator substance in chamber at 3°C than electrical arc type.

Key words: UV-ray air cleaner, sterilization, deodorization, refrigerator

서 론

가정용 냉장고는 식품을 저온상태로 유지함으로써 식품의 신선도를 유지하는데 크게 기여하고 있다. 그러나 각 식품마다 최적 貯藏條件(온도, 습도, 호흡속도)이 다르기 때문에 가정용 냉장고가 이러한 모든 조건을 고루 만족시킨다는 것이 어렵다. 따라서 현재의 가정용 냉장고는 각종 생물학적 반응속도를 낮추는 低溫效果만 클뿐 菌에 대한 耐性이 감소되어 變敗를 야기할 위험성이 있는 불완전한 저장상태를 갖는 시스템이라 할 수 있다.

변패의 주된 원인은 미생물의 활동으로서 미생물은 入庫時 식품에 汚染된 菌과 冷藏庫 내의 浮游菌이라 할 수 있다. 미생물에 의한 변패는 냉장고내에 變敗臭를 발생시켜 심각한 냄새의 오염원이 되며 또 다른 냄새원의 오염원은 김치, 어류, 젓갈류 등이다. 이들 식품 고유의 냄새는 다른 식품의 맛에 영향을 주어 식품의 고유한 맛을 변화시키고 있다.

따라서 부패 원인균의 生育抑制 및 死滅技術과 脫臭技術을 냉장고에 적용할 경우 냉장식품의 鮮도와 맛을

보존하는데 중요한 역할을 할 수 있다. 미생물의 살균 기술로는 加熱, 化學藥品(오존) 및 紫外線을 이용한 방법이 있으나^(1,2,3,6,7,8) 냉장고에 적용할 기술은 공기중 부유균 살균에 많이 이용하는 자외선을 이용할 수 있다^(6,8).

따라서 본 연구에서는 냉장고 시스템하에서 사용이 가능하고 높은 살균력과 탈취력이 있는 紫外線 空氣清淨機를 개발하여 냉장고에 활용코자 하였다.

재료 및 방법

자외선 공기청정기

자외선 공기청정기(자외선청정기)의 구조는 殺菌脫臭部, 空氣送出部로 구성되어 설계, 제작사용하였다(Fig. 1 참조). 殺菌脫臭部는 자외선 램프가 설치된 공간으로 空氣送出部の fan에 의해 流入되는 공기속의 浮游菌이 자외선 照射되어 殺菌되도록 하였다. 이 부분에서 자외선의 화학작용 및 200 nm 이하에서 발생하는 오존의 산화반응을 이용하여 탈취토록 하였다. 탈취반응 및 살균효율을 극대화시키기 위하여 공기와의 접촉면적을 최대한으로 하였으며 내벽을 자외선이 반사되도록 반사판을 설치하였다. 공기송출부는 팬으로 공기를 강제순환시키는 부분으로 살균, 탈취된 공기를 냉장고내로 배출하도록 하였다.

Corresponding author: Jae-Kun Chun, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea

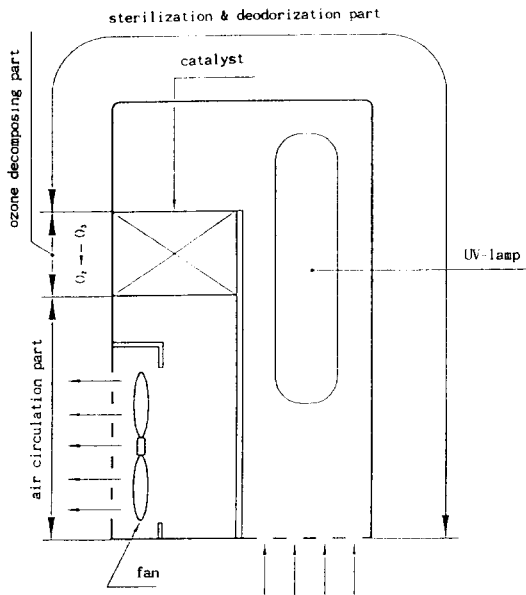


Fig. 1. The structure of the UV-ray air cleaner of refrigerator

냉장고

자외선청정기의 효능시험에 사용된 냉장고는 유효용적 330리터 냉장고(SR-B45LA, 삼성전자)와 450리터 냉장고(SR-3330, 삼성전자)를 개조하여 사용하였으며 냉장고의 내부 벽면에 자외선 청정기를 부착하였으며 on/off로 청정기의 작동을 선택할 수 있도록 하였다.

방법

자외선 청정기의 살균력 측정방법: 밀폐된 공간내 공기의 미생물 오염도를 측정하기 위하여 낙하법(sedimentation method)을 이용한 plate count 방법을 사용하였다⁴⁾. 배지로는 potato dextrose agar를 사용하였으며 배양 온도는 30℃ 이었다. 자외선청정기의 살균효과의 측정은 acryl box(48 liter)와 냉장고(330, 450 liter)속에 전⁶⁾ 등의 방법에 따라 자외선청정기를 설치하여 일정한 시간동안 청정기를 가동시킨 다음 petri dish 뚜껑을 열어 균을 채취하여 배양 후 형성된 균락을 측정하여 균의 감소 정도를 살균 효과로 표시하였다. Acryl box의 경우는 자외선청정기를 천장에 설치하였고 냉장고의 경우는 뒷면 벽에 설치하였다. 이때 사용된 오염원은 2 cm 정도를 절단한 건조 또는 볶짚이 있으며 바닥에 깔아 놓았다. 한편 자외선청정기의 자외선 탈취부의 가동을 하지 않은 것을 대조구로 사용하였다.

자외선청정기의 탈취력 측정방법: 밀폐된 냉장고 및 acryl box 내에 일정한 양의 trimethylamine용액(30%, v/v) 또는 methyl mercaptan(2μ/ml)의 냄새원 물질을 완전히 평행시킨 후 자외선청정기와 오존탈취기(SRD-100N, 삼성전자)를 가동시켰다. 그후 일정한 시간 간격

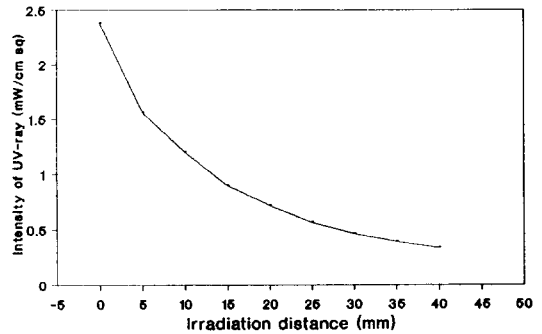


Fig. 2. The intensity of ultraviolet ray at various distance

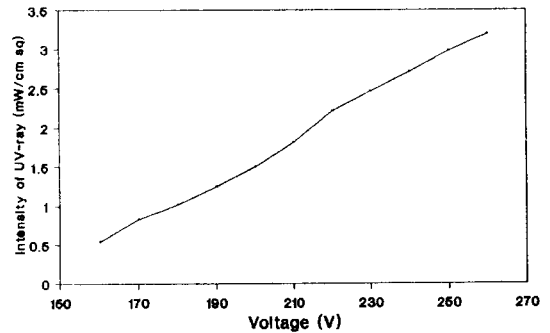


Fig. 3. The intensity of ultraviolet ray at various voltage

으로 시료를 채취하여 가스분석기(Tube Tip Breaker, GAS-801, GASTEC)와 가스검지관을 이용하여 냄새 물질의 감소량을 측정하였다.

오존 및 자외선강도 측정방법: 자외선청정기의 살균 탈취부를 통과하는 공기를 고무관으로 유도하여 오존분석기(1006-AAJ, Dasibi)에 유입시켜 오존을 연속적으로 측정하였다. 이때 살균탈취부의 유속은 1.3 m³/s이며 오존분석기로 유입부의 유속은 4.17×10⁻⁵ m³/s로 하였다. 또한 자외선 램프의 자외선강도는 자외선측정기(UVR-1, Topcon)를 사용하였다.

결과 및 고찰

자외선 청정기의 설계기준

자외선의 미생물에 대한 살균력은 자외선강도(mW/cm²)에 의하여 결정되며 각종 균의 살균에 D값이 殺菌照射線量(mWs/cm²)으로 보고되고 있다⁶⁾. 따라서 개발하고자 하는 자외선청정기에서 사용할 램프의 紫外線強度가 중요한 설계 기준이 되기 때문에 소요 자외선강도를 결정하고 공기의 순환 및 조사방식 등을 결정하고 전압과 온도의 영향을 조사하였다. 자외선청정기의 구조와 배치는 Fig. 1과 같이 공기 유입측에 UV lamp 수평으로

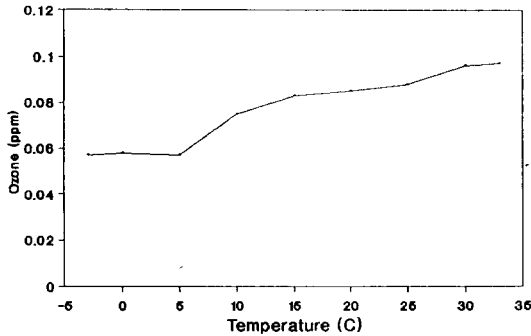


Fig. 4. Ozone production of UV-ray air cleaner at various temperature

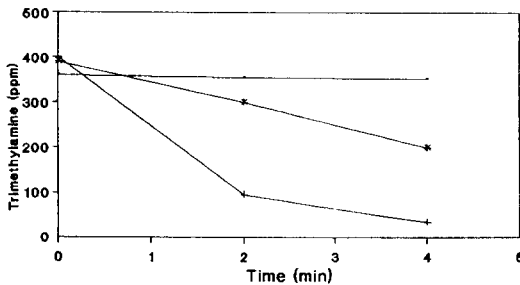


Fig. 5. Comparison of deodorization between UV-ray air cleaner and ozone dodorizer for trimethylamine in room temperature

설치하였고 U trun하여 오존분해촉매판을 통과하도록 하였다. 통과된 공기를 fan으로 강제 배출되도록 설계하여 제작하였다. 정전압 220 V, 25°C 에서 램프의 자외선강도를 측정 한 결과는 Fig. 1과 같이 램프 표면에서 2.380 mW/cm²이었다. 자외선 청정기의 殺菌脫臭部の 길이는 13 mm이므로 살균탈취부 내벽의 선량은 1.0 mW/cm²이다. 살균탈취부 내벽의 反射板으로 인하여 실제로 자외선의 殺菌效果는 상당수준 증폭될 수 있을 것으로 생각된다.

또한 전압을 160~260 V 범위내에서 변화시킬 때 자외선강도는 Fig. 3과 같이 전압에 비례하여 증가하였다. 그러나 260 V에서는 램프 표면 온도가 상승하여 램프수명을 단축시키는 결과를 보였으며 냉장고내의 공간온도를 상승시키는 문제가 발생하였다. 그러나 220 V에서는 온도상승이 없을 뿐만 아니라 충분한 강도를 나타내었다.

자외선청정기의 살균효과

자외선청정기의 살균효과를 분석하기 위해 저온(3°C)에서 용적 48리터의 밀폐박스내에 공기를 오염시킨 후 8개의 petri dish를 넣고 12시간 자외선청정기를 가동시킨 후 계측된 clony수는 자외선청정기 처리구에서 평균 1.0, 대조구에서 5로 나타나 12시간 내에 80%의 균을 사멸하는 효과를 나타내었다.

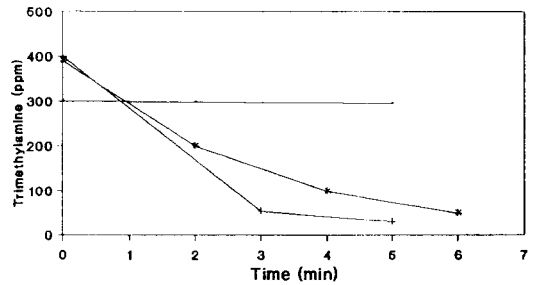


Fig. 6. Comparison of deodorization between UV-ray air cleaner and ozone dodorizer for trimethylamine in the cold temperature

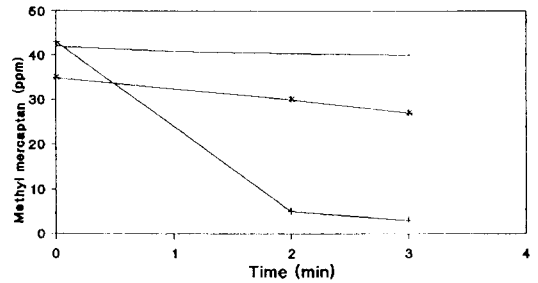


Fig. 7. Comparison of deodorization between UV-ray air cleaner and ozone dodorizer for methyl mercaptan in the cold temperature

가정용 냉장고에서 자외선청정기의 살균효과

개발한 자외선청정기를 실제로 냉장고 환경하에서 살균효과를 보기 위하여 유효용적 450리터 냉장고에 청정기를 장착하고 가동시킨 다음 대조구와 살균력을 비교, 조사하였다. 냉장고를 가동하기 전에 냉동실과 냉장실의 선반에 오염물 분말(100 mesh)을 골고루 뿌리고 4개의 petri dish를 냉장실의 상선반에 넣고 petri dish의 뚜껑을 열어 놓은 후 곧 냉장고를 가동시켰다.

자외선청정기를 장착한 냉장고에서는 배지에 형성된 colony수는 평균 5, 대조구에서는 평균 32로 12시간 가동 결과 84.4%의 살균율을 보였다. 또한 가정용냉장고의 실제 사용조건에서 살균효과를 확인하기 위하여 주위환경을 30°C, 상대습도 80%에서 330리터 냉장고에서 조사하였다. 즉, 배지를 담은 petri dish를 넣고 12시간 냉장고를 가동시키는 동시에 냉장고의 문을 10회(10초/회) 여닫았다. 그 결과 자외선청정기 처리구에서는 평균 colony수는 12, 대조구는 20으로 40%의 살균율을 보였다.

따라서 자외선청정기는 일정한 공간의 밀폐공간 뿐만 아니라 냉장고의 실제 사용조건에서도 보유균에 대한 충분한 살균효과가 있음을 확인할 수 있었다.

오존발생량과 탈취효과

자외선청정기의 램프의 분광 spectrum 분석 결과 오존이 발생될 가능성이 있음을 알 수 있었다. 따라서 200 V

정전압하에서 주위온도변화에 따른 살균탈취부의 오존 발생량을 측정한 결과 Fig. 4과 같이 상온에서는 0.08 ppm, 저온(3℃)에서 0.06 ppm이 발생하였다.

주위온도가 낮을수록 오존발생량이 감소되지만 저온에서도 상온의 70%까지 오존이 발생하였다. 따라서 자외선램프에서 발생한 오존에 의하여 냉장고와 같은 밀폐공간에 존재하는 냄새물질이 오존과 산화반응으로 분해되어 탈취가 일어날 수 있을 것으로 기대할 수 있었다.

자외선청정기의 탈취효과를 측정하기 위하여 상온에서 밀폐박스(48 liter) 내에 생선의 부패취증에서 주요 냄새물질인 trimethylamine 용액을 주입시켜 평형시킨 후 일정한 시간 간격으로 박스 내의 공기를 분석하였다. 그 결과 Fig. 5과 같이 대조구에서는 농도의 변화가 없었지만 공기청정기와 오존탈취기(SRD-100N, 삼성전자)를 가동시킨 구에서는 농도의 감소를 보였으며 자외선청정기와 오존탈취기보다 약 2.5배의 강한 탈취력을 보였다.

자외선 청정기의 오존 발생량이 0.06 ppm으로 오존탈취기내 오존발생량 0.15~0.2 ppm 보다 훨씬 적었지만 탈취율이 높은 것은 오존과 반응할 수 있는 파장 영역이 오존탈취기의 그것보다 3배이며 또 자외선의 작용에 의해 냄새물질이 분해되기 때문이라 생각된다.

탈취력에 온도의 영향을 보기 위하여 밀폐박스를 0℃로 유지하면서 trimethylamine의 농도변화를 측정한 결과 Fig. 6과 같이 상온보다는 탈취율은 떨어지지만 온존탈취기보다 2배 이상의 탈취력을 보였다.

마늘냄새의 주성분이며 여러 종류의 김치냄새물질 중에서 가장 강한 냄새를 내는 methyl mercaptan에 대하여서도 탈취율을 측정한 결과 Fig. 7와 같다. 즉 3분 후 오존탈취기는 초기농도에 대하여 30% 정도 탈취율을 나타내지만 자외선청정기는 약 100%에 가까운 탈취율을 보여 약 3배이상 탈취율이 높았다.

따라서 본 자외선청정기는 냉장고의 부유균수 감소에 효과가 있을 뿐만아니라 탈취효과도 뚜렷하였으므로 실용성이 크다고 볼 수 있다. 더욱이 생선, 김치 등의 냄새물질에 대하여 탈취력이 강하므로 한국형 식품의 저장시설에 활용이 가능할 것으로 생각된다.

요 약

소형 밀폐공간(48 liter)과 가정용냉장고(330,450 liter)에서 살균 및 탈취효과를 가진 자외선공기청정기를 설계, 제작하였다. 자외선램프의 자외선강도는 2.38 mW/cm²이며 강도증폭을 위하여 내부에 반사판을 설치하였다. 자외선에 의한 오존발생량은 25℃에서는 0.08 ppm, 3℃에서는 0.06 ppm이었다. 본 장치를 사용하여 부유균에 대한 살균율은 공간(48 liter)에서는 12시간 가동 후 78.9%, 가정용냉장고에서는 80%을 보였다. 동장치는 25℃에서 전기 방전식 오존탈취기에 비하여 2.5배, 3℃에서 2배의 탈취력을 보였다. 김치 냄새의 주요성분인 methyl mercaptan에 대한 탈취력은 3℃에서 3배 이상이었다.

문 헌

1. Bennett, F.W. and Nelson, F.E.: Action of aerosols of certain virucidal agent on lactic streptococcus bacteriophage. *J. Dair Sci.*, 37(6), 840(1954)
2. Brachman, P.S., R. Ehrlich and H.F.Eichenwald: Standard sampler for assay of airborne microorganisms. *Science*, 144, 1295(1964)
3. Kethley, T.W. and Brench, K.: Ultraviolet lamps for room air disinfection. *Arch. Environ. Health*, 25, 205 (1972)
4. Vickers, V.T.: Control for airborne contamination in dairy processing plant. *J. Dairy Sci. Technol.*, 21, 89 (1986)
5. Kang, Y.J. Frank, J.F.: A review of airborne contamination and its measurement in dairy processing plant. *J. Food Protection*, 52, 512(1989)
6. 日本包装技術協會: 食品包装便覽(基礎便). 東京, p.146 (1988)
7. Seymour S. Block: Disinfection and sterilization by ozone, In *Disinfection, Sterilization and Preservation*, 4th ed., Lea & Febiger, Phila., p.182(1991)
8. Seymour S. Block: Sterilization by ultraviolet irradiation. In *Disinfection, Sterilization and Preservation*, 4th ed., Lea & Febiger, Phila., p.553(1991)

(1993년 1월 4일 접수)