

냉장고용 紫外線 空氣 淸淨機의 設計와 殺菌 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

Design of UV-ray Air Cleaner for Refrigerator and Its Sterilizing Effect

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

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

Abstract

UV-ray air cleaner consisted of 6 watt UV lamp and fan was developed to sanitize air of refrigerator. Light intensity of the lamp showed 5 times of D value of *Bacillus subtilis* and air velocity around the lamp in holding section was 0.7 m/s, giving 0.33s of the resident time. The performance of air cleaner was tested with bacterial contaminator sprayed with suspension of *Bacillus subtilis* and hey powder. The device effectively decreased 80% of the population of airborne spore after 100 min operation at room temperature.

Key words: UV-ray air cleaner, UV lamp, sterilization.

서 론

가정용 냉장고는 기능면에서 단순한 식품의 저온 저장능력 뿐만 아니라 식품의 특성을 충분히 고려한 新鮮度 유지능력을 갖도록 발전되고 있다⁽¹⁾. 냉장고는 제한된 공간내에서 냉동, 냉장기능을 동시에 수행하여야 하며 수납밀도가 높을 뿐만 아니라 여러 종류의 식품을 함께 저장하기 때문에 여러 가지 기술적 문제를 내포하고 있다. 즉 개개식품의 最適貯藏條件을 충족시킬 수 있는 기술과 저장식품들 상호간의 냄새오염을 방지하는 기술 개발이 요구되고 있다⁽²⁾.

냉장고의 대형화 추세는 냉각시스템을 自然對流 방식에서 强制對流 방식으로, 공간의 효율적 이용에 따른 受納量의 증가, 貯藏期間의 장기화로 발전되고 있다. 그 결과 식품 고유냄새의 相互汚染 문제가 심각하게 대두되었다. 특히 강제순환방식은 냉각효율면에서는 유리하지만 냄새오염이 보다 쉽게 이루어지는 문제점을 갖고 있어서 냄새를 제거하는 기술개발이 필요하게 되었으며 그 방법으로 냄새 발생요인을 제거하는 방법을 개발할 필요가 있다.

냄새의 오염원은 식품자체의 固有臭와 果菜類의 代謝 가스 및 식품의 미생물 感染에 따른 變敗臭를 들 수 있다.

특히 과채류 저장공간이 커짐에 따라 呼吸熱의 축적과 新鮮度의 감소로 수확후 感染현상이 쉽게 일어날 수 있으므로 선도손상에 수반하는 變敗가 문제가 되고 있다. 공기오염을 감소시키는 방법로는 식품별 貯藏區間의 분리, 냄새의 방출, 오염미생물 제거 등이 있으나 경제적 기술적 문제들이 그 해결을 어렵게 하고 있다.

이 중에서 가장 용이한 방법이 공기중 浮遊菌의 감소방법이며 식품산업에서는 紫外線을 사용하고 있다. 그러나 냉장고에 사용하려면 사용자에게 자외선을 노출시키지 않고 공기만 間接照射하는 기술개발이 필요하다. 자외선 등은 비교적 저렴하고 殺菌能力이 우수하며 공기 부유균의 살균에 활용된 사례가 많기 때문에 변패의 원인이 되는 세균의 살균에 이용할 수 있을 것이다^(5,6).

따라서 본 연구는 냉장고에 설치할 수 있는 紫外線 空氣淸淨機를 설계, 제작하고 그 기능에 대하여 연구하였다.

재료 및 방법

실험장치

자외선 공기청정기(자외선청정기)는 紫外線燈과 空氣循環 fan으로 설계, 제작, 사용하였다(Fig.1 참조). 자외선 청정기내 각 구간의유속측정에는 Anemometer(FC 012, Furness Control Ltd, England)를 사용하였다. 자외선 공기청정기의 성능시험을 위하여 plastic 無菌상자를 제작, 사용하였다. 즉, plastic(40×32×44 cm, 56 li-

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

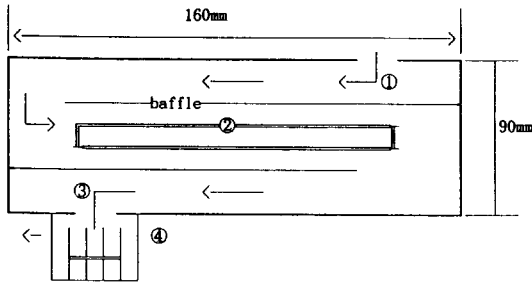


Fig. 1. Structure of UV-ray air cleaner
 ① air inlet ② UV-lamp ③ air outlet ④ fan

ter) 내부 천장에 자외선 청정기를 설치하고 벽면에는 無菌조작이 가능하도록 glove를 설치하였다.

방법

공기의 오염방법 : 공기의 淸淨效能은 공기중 浮游菌의 감소능력으로 검사하였다. 실험에 사용된 공기의 오염원은 부패된 건조를 상온에서 陰乾 후 100 mesh 이하로 분쇄하여 살포하거나, *Bacillus subtilis*를 액체 배양후 그 현탁액을 분무하였다.

오염 및 자외선 공기청정 시험방법 : 자외선의 살균효과를 측정하기 위하여 plastic 상자속에 배지가 담긴 petri dish(직경 100 mm), 20개와 건조가루를 함께 넣고 밀봉하고 자외선 청정기를 작동하여 공기를 순환시켜 glove를 사용하여 오염원을 無菌상자속에 골고루 살포하여 공기를 오염시킨 후 상자내의 petri dish를 각각 20, 40, 60, 80, 100분 경과 할 때마다 1분간 뚜껑을 열어 놓았다가 닫는다. 이렇게 처리된 petri dish들은 汚染상자로부터 꺼낸 다음 37°C의 incubator에서 24시간 배양하고 배지에 형성된 colony 수를 조사하였다. 검사용 배지로는 LB medium(yeast extract 0.5%, trypton 1%, NaCl 1%, agar 2%)을 사용하였다^(3,4).

결과 및 고찰

자외선 청정기의 설계

자외선 청정기는 Fig.1과 같이 상자(90×70×160 mm)에 전원공급장치와 자외선 램프(15×134 mm, 110 V, AC)를 설치하였다. 그리고 2개의 baffle을 설치하여 공기의 흐름이 화살표 방향으로 이동되면서 공기의 체류시간이 길어지도록 하였다. 상자내부와 baffle판은 전부 은박지를 발라 자외선이 반사되어 살균효과를 높힐 수 있도록 하였다. 또한 살균상자의 한쪽 끝에는 fan(forward curved centrifugal fan, impeller dia 50 mm, width 26 mm, 20 blades, 2950 rpm)을 설치하여 오염상자내에 공기가 순환되도록 하였다.

자외선 청정기의 유속분포와 살균기준설정

자외선 청정기의 각 구간에 대한 공기유속을 측정한

Table 1. Velocities of air flow in UV-ray air cleaner

Compartment	Velocity(m/s)
Entance ①*	1.86
Holding section(before UV lamp)	0.70
UV lamp section(lamp surface ②*)	2.55
Holding section(after UV lamp)	0.87
Exit ③*	1.33

*Number in circle indicate the measuring location of lamp in Fig.1

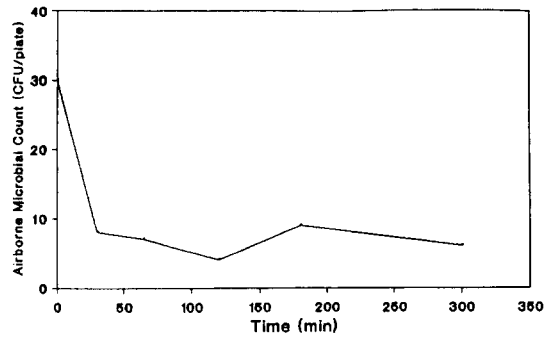


Fig. 2. Effect of UV-ray air cleaner on the bacterial population in closed chamber

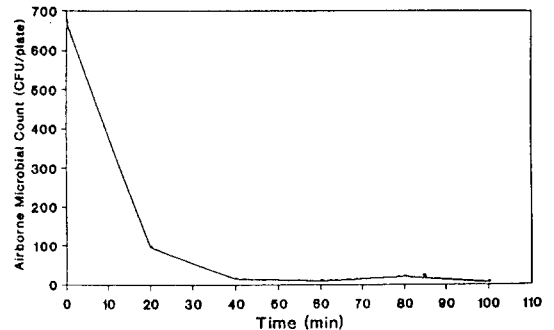


Fig. 3. Survival curves of the airborne bacteria after UV sanitization

결과는 표 1과 같다. 자외선 청정기내에 램프가 설치된 구간은 단면적이 감소되면서 유속이 증가하여 2.55 m/s이지만 램프전, 후의 구간유속은 0.70과 0.87 m/s으로 평균 0.785 m/s이다. 그리고 상자내의 유로의 평균길이를 300 mm로 할 때 공기의 체류시간은 0.382 s이다.

오염원으로 사용된 *Bacillus subtilis* 포자에 대한 90% 살균에 필요한 殺菌線量은 9 mWs/cm²으로 보고되었기 때문에⁽⁵⁾ 약 5배의 殺菌線量(45 mWs/cm²)을 가지는 6 Watt 램프(43.9 mWs/cm²)를 사용하여 설계하였다.

제작한 자외선 청정기의 측면이 7 mm, 윗면이 3.5 mm의 간격을 갖고 있다는 점을 감안할 때 80% 이상의 효율을 가질 것으로 예상되었으며 상자내부를 aluminum

foil로 도포되었기 때문에 광이 반사, 증폭되어 그 이상의 효과를 충분히 거둘 수 있도록 하였다.

자외선의 공기청정효과

실내 공기의 청정효과: 자외선 청정기의 살균력을 시험하기 위하여 실내에서 처리상자를 1일간 개방하여 외부공기로 오염시킨 다음 LB 배지 petri dish를 넣고 문을 닫은 후 자외선 공기살균을 행한 후 배양한 결과 잔존 세균의 수는 Fig. 2와 같았다. 2회 반복 실험결과 각 petri dish당 초기 균수가 25~30였던 것이 100분간 처리후에는 5로 현격히 감소하였다.

오염공기의 청정효과: 냉장고내에는 항상 많은 음식물이 존재하며 이들은 모두 균의 오염원으로 간주되기 때문에 오염균수는 petri dish당 500 이상의 수준에 이를 것이 예상된다. 더욱이 공기 순환팬의 작동으로 균의 부유는 계속될 것이므로 앞의 실험보다 더 높은 오염도 하에서 실험을 행할 필요가 있었다. 따라서 균의 오염원으로는 액체배양 현탁액을 분무하는 방법과 자연오염원을 사용하는 방법을 사용하였다. 이들 오염원을 사용하여 자외선의 공기청정효과를 실험한 결과는 Fig. 3과 같이 청정효과가 현저하게 나타났다.

이상의 실험결과는 자외선 등을 간접 공기접촉 살균 방식에 의하여도 충분한 공기청정효과를 얻을 수 있음을 확인할 수 있었다. 본 연구에서 사용된 자외선 램프는 실제로 가정용 냉장고에서 사용하기에는 용량이 너무 클 뿐만 아니라 냉장고 수명과 비교하여 자외선 램프의 수명이 짧았다. 따라서 장기간 사용이 가능한 소형 자외선 램프를 개발하여 사용할 경우는 실제로 냉장고에 적용할 수 있게 될 것으로 생각된다.

물론 균농도와 자외선 조사량간의 문제는 앞으로 연구되어야 할 문제이나 냉장고 공기청정 시스템으로 자외선 공기청정방식을 채택할 수 있을 가능성이 있음을 확인할 수 있었다.

요 약

냉장고내 공기의 청정장치로 자외선 공기순환식 살균 장치를 개발할 목적으로 6 watt 자외선 램프와 순환 fan을 사용하여 공기 청정장치를 설계, 제작하였다. 자외선량은 *Bacillus subtilis* 포자의 D value의 5배에 이르게 하였으며 순환공기의 유속은 0.785 m/s이었으며 공기의 살균부 체류시간은 0.382 s이었다. 동 장치를 실내공기, 부패 건조 분말과 *Bacillus subtilis* 포자 현탁액으로 오염시킨 공기를 실온에서 80% 청정시키는 살균 효과를 거두어 냉장고용 공기청정기를 설계하는데 필요한 자료를 얻었다.

문 헌

1. Bennett, F.W. and Nelson, F.E.: Action of aerosols of certain viricidal agent on lactic streptococcus bacteriophage. *J. Dairy Sci*, 37(6), 840(1954)
2. Campbell, J.R. and Marshall, R.T.: Cleaning and sanitizing dairy equipment and containers. In *The science of providing milk for man*, MCGraw-Hill Book Co., New York, p.566(1975)
3. Vickers, V.T.: Control for airborne contamination in dairy processing plant. *J. Dairy Sci. Technol.*, 21, 89 (1986)
4. Kang, Y.J. and Frank, J.F.: A review of airborne contamination and its measurement in dairy processing plant. *J. Food Protection*, 52, 512(1989)
5. 日本包装技術協會: 食品包装便覽(基礎便). 東京, p.146 (1988)
6. Seymour, S. Block: Sterilization by ultraviolet irradiation. In "Disinfection, Sterilization and Preservation", 4th ed., Lea & Febiger, Phila, p553(1991)

(1993년 1월 4일 접수)