

## 공기려파기와 플라즈마정전제진기를 리용하는 정화공조시스템의 공기중미생물제거특성

전정혁, 리광옥, 윤은희

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《식료품은 인민들의 건강과 밀접히 연관되어있는것만큼 식료품을 생산하는 현장의 환경을 위생적으로 잘 꾸려야 합니다.》(《김정일선집》 증보판 제25권 271페이지)

자외선소독을 비롯한 여러가지 방법들이 공기중의 미생물들을 제거하는데 널리 리용되고있다.[1] 우리는 열린 동적상태에서 식료품생산이 진행되는 환경의 무균화, 무진화를 실현하기 위하여 공기려파기와 플라즈마정전제진기를 리용하는 정화공조시스템을 구축하고 공기중미생물제거특성을 고찰하였다.

### 재료와 방법

우리가 어느 한 식료품생산공정에 구축한 정화공조시스템의 구성도는 그림 1, 플라즈마정전제진기의 원리구성도는 그림 2와 같다.

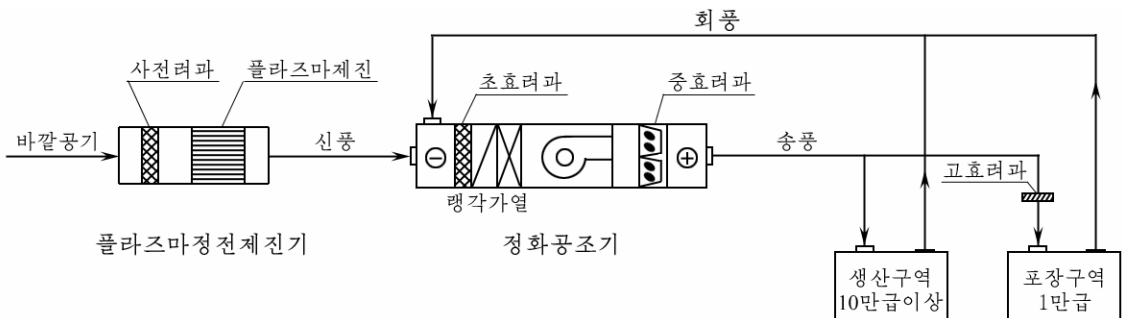


그림 1. 정화공조시스템의 구성도

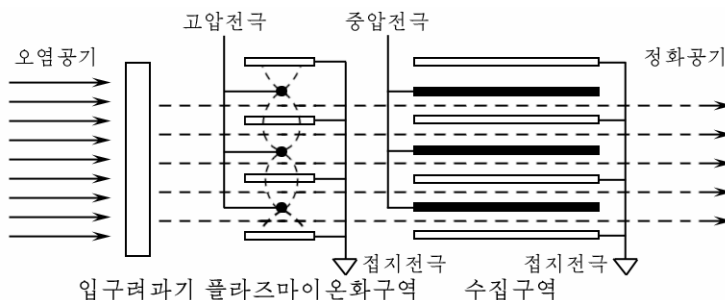


그림 2. 플라즈마정전제진기의 구성도

이 정화공조제통을 구성하고있는 공기러파기와 플라즈마정전제진기의 기술적특성은 표 1과 같다.

표 1. 정화공조제통구성부분의 기술적특성

품명	기술적특성
플라즈마제진장치	중압 4kV, 고압 8kV, 류속 1.5~2.0m/s, 저항 30Pa이하
사전러파기	러파급수: G4, 류속 1.5~2.0m/s, 저항 50Pa이하
초효러파기	러파급수: G4, 류속 1.5~2.0m/s, 저항 50Pa이하
중효러파기	러파급수: F8, 류속 1.5~2.0m/s, 저항 80Pa이하
고효러파기	러파급수: H13, 류속 0.9~1.2m/s, 저항 250Pa이하

공기중미생물시료채취는 다공관형시료채집기(《JYQ-IV》)를 리용하여 충돌식포집법[2]으로, 공기중미립자수는 휴대용미립자계수기(《Y09-3016》)를 리용하여 레이자빛산란법[3]으로 측정하였다.

세균측정용배지로는 콩카제인우무배지(SCDA: Soybean-Casein Digest Agar)를 리용하였으며 진균측정용배지로는 사브로덱스트로즈우무배지(SDA: Sabouraud Dextrose Agar)를 리용하였다.[4]

시료채취조건과 미생물배양조건은 선행방법[2]에 준하였으며 미립자측정결과의 통계처리는 선행방법[3]에 따라 하였다.

공기중미생물시료채취량은 대기와 신평처리단계에서는 50L, 정화공조기내부에서는 200L, 말단고효러파송풍구에서는 1 000L를 취하였다.

## 결과 및 논의

### 1) 플라즈마정전제진기의 공기중미립자 및 미생물제거특성

플라즈마정전제진기의 공기중미립자 및 미생물제거특성을 보기 위하여 정화공조제통을 가동시켜 제진기차름면에서의 풍속을 1.8m/s로 유지하도록 하고 미립자와 미생물농도를 측정하였다.

표 2. 플라즈마정전제진기의 공기중미립자 및 미생물제거특성

측정지표	제진기가 없는 경우*	제진기가 있는 경우	제거률/%
0.3 $\mu$ m이상크기의 립자수/(개·m <sup>-3</sup> )	140 796 273	92 753 927	34.1
0.5 $\mu$ m이상크기의 립자수/(개·m <sup>-3</sup> )	49 731 593	28 286 243	43.1
1 $\mu$ m이상크기의 립자수/(개·m <sup>-3</sup> )	2 108 221	1 012 157	52.0
3 $\mu$ m이상크기의 립자수/(개·m <sup>-3</sup> )	52 349	15 532	70.3
5 $\mu$ m이상크기의 립자수/(개·m <sup>-3</sup> )	3 071	353	88.5
10 $\mu$ m이상크기의 립자수/(개·m <sup>-3</sup> )	2 118	30	98.3
공기중미생물수/(CFU·m <sup>-3</sup> )	760±100	355±122	53.2

\* 플라즈마정전제진기에 전원을 투입하지 않고 측정한 경우

표 2에서 보는바와 같이 플라즈마정전제진기의 공기중미생물에 대한 제거률은 평균 53.2%로서 이것은 립자직경이 1 $\mu$ m이상크기의 미립자들에 대한 제거률(52.0%)과 류사하다.

플라즈마공기정화와 소독에 대하여 적지 않은 연구자료들이 발표[6]되었지만 위의 결과

는 우리가 리용한 플라즈마정전제진기의 미생물제거원리가 정전기적방법으로 공기중미립자를 제거하고 그로 하여 미립자에 부착되어있는 미생물이 제거되는데 기초하고있다는것을 보여준다. 만일 일부 자료[7]에서와 같이 고에네르기전자의 타격에 의한 순간적인 살균효과가 있다면 미생물제거효율이 미립자제거효율보다 높아야 할것이다.

## 2) 공기려과단계별 공기중먼지 및 미생물제거특성

우리가 연구하는 정화공조시스템의 단계별 미생물분포를 보면 그림 3과 같다.

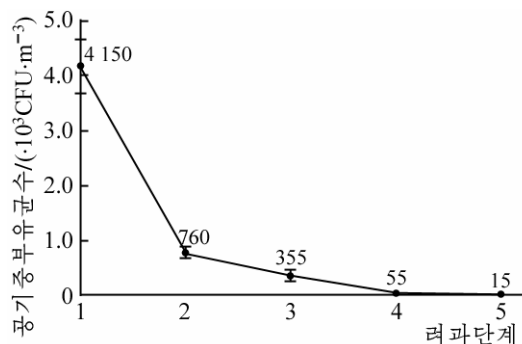


그림 3. 정화공조시스템의 단계별

미생물분포특성

1-대기, 2-사전려과, 3-플라즈마제진,

4-초효려과, 5-중효려과

그림 3에서 보는바와 같이 대기미생물농도는 정화공조시스템의 제일 첫단계인 사전려과단계에서 대폭 줄어들었으며 플라즈마제진단계까지 거치면서 10분의 1이하로 감소되었다. 그리고 회풍과 혼합된 다음 정화공조기의 초효려과에 의하여 또다시 대폭 감소되었으며 중효려과단계까지 거치면서 기본생산환경에 공급되는 송풍공기중 미생물농도는 200분의 1이하로 감소되었다. 또한 플라즈마제진단계에서 미생물수측정오차가 심하였는데 이것은 플라즈마제진장치가 공기려과기들에 비하여 미생물을 제거하는데서 여러가지 인자들의 영향을 받는다[6]는것을 보여준다.

다음으로 우리는 정화공조시스템의 공기려과단계별 미생물제거효율과 미립자제거효율을 조사하였다.

표 3. 정화공조시스템의 공기려과단계별 미생물 및 미립자제거효율(%)

구분	사전려과	초효려과	중효려과	고효려과
공기중미생물	81.7±7.1	84.5±4.6	72.7±3.4	100.0±0
0.3μm이상크기의 립자	19.4±10.4	11.4±2.7	27.3±8.1	99.5±0.4
0.5μm이상크기의 립자	27.9±15.6	20.3±7.9	40.8±9.7	99.9±0.1
1μm이상크기의 립자	69.4±9.9	42.2±15.9	66.0±11.9	100.0±0
3μm이상크기의 립자	89.5±1.5	87.6±2.9	95.0±2.2	100.0±0
5μm이상크기의 립자	91.4±2.3	92.8±2.2	100.0±0	100.0±0
10μm이상크기의 립자	91.5±2.0	91.7±2.3	100.0±0	100.0±0

표 3에서 보는바와 같이 사전려과와 초효려과에 리용한 G4려과기들은 공기중미생물에 대하여 각각 80%이상의 렬과효율을 나타내었으며 이 두 단계의 렬과처리만 거쳐도 95%이상의 공기중미생물이 제거된다. 이것은 대부분의 공기중미생물이 5μm이상의 미립자들에 부착되어 생존한다는 선행연구[5, 6]자료와 일치하며 G4려과기만으로도 대부분의 공기중미생물을 제거할수 있다는것을 보여준다.

우리가 구축한 정화공조시스템은 말단고효려과기가 없이도 공기중의 미생물을 99.5%이상( $\eta = 1 - (1 - 0.81) \cdot (1 - 0.53) \cdot (1 - 0.84) \cdot (1 - 0.72) = 0.9959$ )의 효율로 제거하였다.

우리는 이로부터 식료품생산환경에서 미립자에 대한 조종요구가 특별히 제기되지 않는 한 G4+G4+F8의 3중려과체계만으로도 송풍미생물농도를 50CFU/m³이하로 낮출수 있으며 10만급 정화구역의 미생물기준(500CFU/m³)을 만족시킬수 있다고 본다.

## 맺 는 말

- 1) 싯풍정화처리에 플라즈마정전제진기를 리용하는 경우 그 미생물제거률은 53.2%이며 미생물제거효과는 여러가지 인자들의 영향을 받는다.
- 2) 초효+초효+중효(G4+G4+F8)의 3중려파체제로 99%이상의 공기중미생물을 제거하여 10만급 정화구역의 미생물기준을 만족시킬수 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] 리현광 등; 약품GMP인증기술, 김일성종합대학출판사, 157~159, 주체95(2006).
- [2] 국규 13810-1 : 2014; 정화실(구역)의 부유균 및 침강균측정방법-1부: 부유균, 주체103(2014).
- [3] ISO 14644-1:1999, Cleanrooms and Associated Controlled Environments-Part 1: Classification of Air Cleanliness.
- [4] USP32-NF27, <1116> Microbiological Evaluation of Clean Rooms and Other Controlled Environments, 524, 2008.
- [5] 张长银; 医药工程设计杂志, 25, 2, 22, 2004.
- [6] 许钟麟; 运行与GMP认证, 同济大学出版社, 8, 2011.
- [7] 王晓明 等; 高电压技术, 30, 1, 48, 2004.

주체105(2016)년 8월 5일 원고접수

## **The Removal Characteristics of Airborne Microbes of HVAC System composed of Air Filter and Plasma Electrostatic Cleaner**

*Jon Jong Hyok, Ri Kwang Ok and Yun Un Hui*

Effect of plasma electrostatic cleaner in outdoor air treatment on the removal of airborne microbes depend on several conditions and removal percentage is 53.2%.

The three-stage filter system with prefilter, prefilter and medium filter(G4+G4+F8), can remove 99% of airborne microbes.

Key words: air filter, plasma electrostatic cleaner, air clean