

자외선 조사를 이용한 다단계 컨베이어 자동 살균기 개발에 관한 연구

김영철*, 유광호*, 정영국*, 김하석*, 정태성^{*)}, 윤복선**

*대불대학교 전기전자공학부, ** (주) 건양

The development of multi-layer sterilizer using Ultra Violet irradiation

(Y.C. Kim*, G. H. Yoo*, Y. G. Jung*, H. S. Kim*, T. S. Jung*, B. S. Yun**)

*Daebul University, ** Kyoung Yang Co.

Abstract : We made a multi-layer conveyor sterilizing system using UV rays to prolong a storage period of dried marine products. The system is composed of 5 layer conveyor belt of 3 m long each, thus 15 m long in total. It is designed to radiate UV rays for 10 minutes the dried marine products, and can process 300 kg/hour. Eight UV lamps of 30 cm long and 15 W of power with 254 nm wave length are installed in parallel, 15 cm high above in each belt, and 40 lamps in total. The whole system is covered by 1 mm thick metal plates to block the UV rays except a front side which is covered with 5 mm thick plastic plates coated with UV protection film to survey inside of the system. A sterile ratio is about 99.97% with 10 minutes sterilization using this system.

I. 연구 배경

최근, 0-157균의 새로운 등장으로 인하여 식품을 다루는 업체에 있어서 살균 및 멸균에 대한 관심이 점점 높아져 가고 있다. 또한 농업 생산에 있어서 농수산물을 수출할 경우 상품의 질에 대한 전반적인 요구조건의 상향 조정으로 인하여 수출의 어려움을 겪고 있다. 농수산물의 경우, 우리나라의 최대 수출국의 하나인 일본에 많이 수출하고 있으나, 요즘 일본 내의 0-157균에 대한 염려로 인하여 수출품에 대한 검역을 강화하고 있는 실정이다.

이러한 기준을 맞춰 나가기 위한 새로운 기술 대응 체계의 개발이 절실히 요구된다. 특히 우리나라에서 생산되는 농수산물의 상당부분이 소규모의 중

소기업에서 생산하고 있어 선진국의 제시하는 기준에 만족되지 못하여 완성품으로서의 수출이 아닌 1차 가공품으로 수출하고 있으며 이를 제거공해 다시 역수출하는 악순환을 거듭하고 있다.

따라서, 이러한 시점에서 국내 기술로서 식품에 대한 살균 및 멸균 방법을 개발하는 것이 절실히 요구되며 또한, 이 기술 개발로 인하여 제품 보존 기간의 연장 및 품질 향상을 추구한다는 관점에서 반드시 해결해야 할 기술 중의 하나이다.

태양 광선을 분류하면 단파장의 순으로 자외선, 가시광선, 적외선등이 있고, 200nm이상의 파장에서는 오존이 발생, 200 ~ 280nm에서는 살균작용, 280 ~ 320nm에서는 건강작용, 320 ~ 380nm에서는 광화학작용을 행하며, 자외선의 살균 작용력은 260nm부근가 가장 강하며 이 살균력은 태양광선에 포함되어 있는 350nm부근의 자외선의 약 1600배에 해당한다. 현재 살균등에 사용되는 자외선은 254nm의 파장으로 일반 형광등과 같은 내부 구조로 되어 있다.

본 연구에서는 제품의 안정성이 이미 확보된 자외선(UV)을 이용한 살균 자동화 기기에 적용하여 제품의 세균 및 진균의 감소를 위한 자외선 다단계 살균기를 개발하였다. 또한 실험 결과를 통하여 실제로 우수한 성능이 있음을 확인하였다

II. 연구개발 착수 및 추진성과

1. 자외선 살균장치의 구조제작

현재 주식회사 건양의 제품 가공의 마지막 단계에서 사용중인 자동 공정라인에서는 약 30cm 폭의 벨트에 톳을 매우 얇게 흩어서 지나가게 하여 불순물을 손으로 제거하며 한 시간에 300kg의 톳을 처리하고 있다.

본 연구에서는 이 공정라인의 처리 속도에 맞추어 살균 시스템을 제작하게 되었다. 이 시스템의 전체 높이는 280cm, 폭이 100cm 이고 지상에서 제일 아랫단의 벨트까지의 높이는 60cm 이다. 1분당 5kg의 톳을 살균할 수 있도록 벨트의 폭이 80cm, 벨트의 회전 속도가 초당 2 ~ 4cm의 가변형이고, 총 길이가 15m인 5단계로 하였다. (그림1.)

각 단계의 벨트는 길이가 3m이고 각 단계의 벨트 사이의 간격은 30cm이다. 이 벨트는 표면이 코팅이 되어 있어 인체에 전혀 무해하도록 되어 있다. 모든 벨트는 지름이 10cm인 롤러에 의해 모터로부터 동력이 전달되게 되어 있으며 제품이 10kg/m의 하중으로 벨트를 누를 때에도 충분히 견딜 수 있도록 각 벨트의 바로 밑에 2개의 스테인레스로 된 롤러를 설치하였다. (그림2.) 각 벨트는 서로 반대방향으로 전하도록 되어 있으며 동력을 공급하기 위해 두 개의 1 마력 짜리 모터를 사용하였다. 하나의 모터에는 두 개의 벨트가 연결되어 있고 다른 하나에는 세 개의 벨트가 연결되어 있다. 벨트의 회전 속도는 수동으로 기어를 변경하여 어느 정도는 조절할 수 있게 되어 있다. 일단 최적의 상태를 구한 다음에는 속도를 자주 변화시킬 필요가 없기 때문에 구조가 간단한 수동변속 장치를 취하였다. 자외선 조사를 모두 거친 제품은 곧바로 포장 box에 전달될 수 있도록 제일 아랫단의 높이는 60cm로 하여 포장 box에 자동으로 전달되게 하였다.

2. 자외선(Ultra-Violet ray)에 대한 안전장치 및 전원 제어장치 설치

충분한 자외선이 피부에 직접 닿을 경우 여러 가지 부작용을 초래할 수 있으므로 이 시스템의 앞면은 자외선 차단 코팅막을 입힌 플라스틱 판으로 자외선을 차단하여 내부의 공정과정을 감시할 수 있게 하였고, 옆면과 뒷면은 두께 1mm의 아연으로

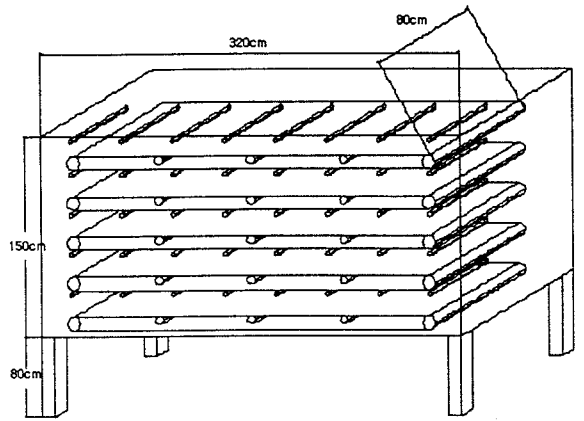


그림 1. 다단계 자외선 살균기의 구조도.

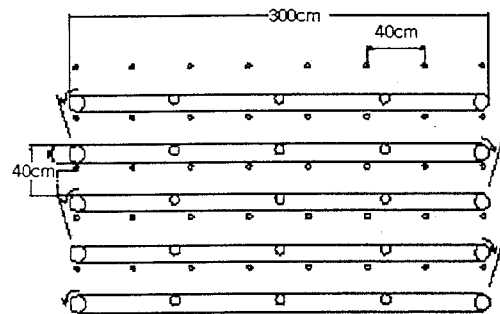


그림 2. 살균기 내부의 구조. (검은 점으로 표시된 부분은 자외선등이고, 화살표는 벨트의 회전방향을 뜻한다.)

도금된 합석판으로 차단막을 설치하였다.

또한 수명이 지난 등을 쉽게 교체 할 수 있도록 좌우의 면과 자외선등이 부착된 구조물은 착탈식으로 하였다. 자외선으로 살균된 뒤에도 가시광선이 직접 톳에 닿을 경우 세균의 자연적인 번식이 활발해 질 수 있기 때문에 이 시스템에 톳이 들어온 후 box에 포장될 때까지 가시광선을 차단할 수 있도록 하였다.

각 단의 벨트 위의 약 15cm 되는 곳에 길이가 30cm, 파장이 252 nm인 15W의 자외선등 8개를 병렬로 설치하였으며 전체적으로는 40개의 자외선등을 설치하였다. 각 자외선등 사이의 간격은 약 40cm가 되도록 하였다. (그림2.)

각 단계의 벨트에서 가공제품은 약 2분 정도 조사되고 다음 벨트로 넘어 가게 된다. 가공품의 전체 조사시간은 최대로 13분까지 가능하며 가공품이 한 단계에서 다음 단계로 넘어갈 때 가공품의 위치를 뒤집어 놓는 장치를 설치하여 자외선이 조사되지 않는 부분이 없도록 하였다. 살균효과에 따라 조사시간을 변경할 수 있도록 되어 있으나 살균효과가 만족스럽지 않을 때에는 자외선등을 더 조밀하게 설치할 수 있도록 하였다. 이 시스템의 하중을 지탱하는 기둥은 아연도금의 철을 사용하였으나 벨트 측면의 지지대, 롤러, 그리고 제품의 위치를 뒤집어 주는 장치 등은 녹이 슬지 않는 스테인레스 판으로 제작하였다. 자외선등을 부착시키는 프레임은 아연으로 도금된 합석판으로 만들었으나 녹슬음을 막아 주는 페인트를 정밀하게 칠하여 녹이 제품에 섞이지 않도록 하였다. 현재는 룯만 살균하지만 추후 가공제품의 종류에 따라 조사시간이나 조사량을 변화시키면서 계속 연구할 계획이다.

제어장치는 안전을 가장 중심으로 생각하여 동작 중에 문을 개폐할 경우 자동적으로 자외선 램프를 소등하도록 하였으며 모터의 과부하방지를 위한 시퀀스회로를 첨가하였다. 전체적인 컨베이어의 구동은 1마력의 모터를 두 개 사용하여 충분한 회전력을 얻도록 하였다. 또한 각층의 자외선 램프를 제어하기 위하여 층별 램프 점등과 소등이 가능하도록 회로를 구성하였으며 각 자외선 램프는 비가시광선인 관계로 램프의 파손여부를 확인하기 위하여 각각의 램프 확인용 시험등을 설치하였다.

그림3은 모터의 결선도를, 그림 4는 전체 시스템의 시퀀스 결선도를, 그림 5는 UV형광등 결선도를 보여 준다.

3. 살균 효과 분석

시스템을 완성한 다음 벨트의 회전 속도를 조절하여 자외선 조사 시간에 따른 살균 효과를 분석하

그림 3. 컨베이어 모터의 결선도

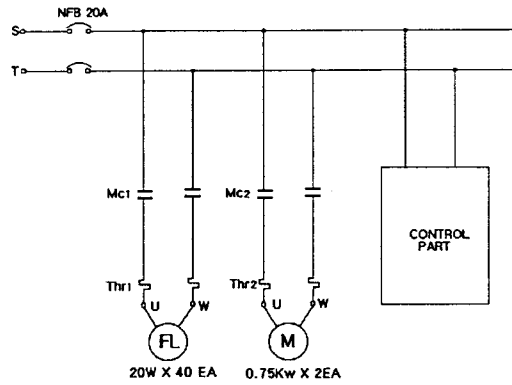


그림 4. 전체 시스템의 시퀀스도

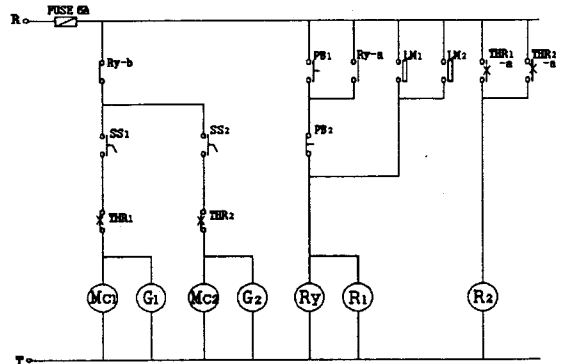
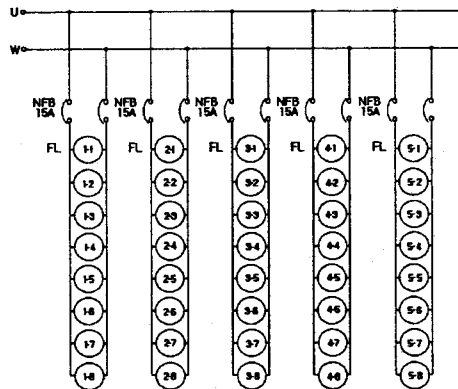


그림 5. UV 형광등 결선도



였다. 본 과제의 살균의 목적은 유해한 미생물을 제거하여 식품의 안전성을 높이고, 식품의 보존가능기간을 늘리는 데에 있는 만큼 본 과제에서는 자외선을 조사하기 전의 제품에 포함된 균의 수와 자외선 조사 후의 균의 수가 어떻게 달라지는가에 초점을 두고 분석하였다.

세균의 측정방법 : 우선 건조된 툿을 여러 개의 그릇에 담고 자외선에 시간을 달리하여 조사한 다음, 분석을 위하여 각 sample의 툿을 0.01g씩 20ml 짜리 cap tube에 미리 살균된 완충 용액에 희석한다. 이 때 용액은 PH7에 맞춘다. tube를 심하게 흔들어 주어 sample에 붙어 있는 균들을 물리적으로 떼어내고 멸균된 Nutrient Agar에 sample의 현탁액 0.5ml를 평판도말 한다. (Beef extract 3g, Peptone 5g, Agar 15g per liter) 평판도말이 완료된 배지는 36°C incubator에 넣고 36~72시간 동안 배양후 형성된 집락을 관찰한다.

이러한 과정에 따라 관측한 자외선의 조사시간에 따른 상대적인 살균효과는 아래와 같다.

표 1. 자외선 조사에 따른 살균 효과 분석

자외선조사 시간 (분)	세균집락수/g
0	30,000 X 10 ⁴
3	706 X 10 ⁴
5	320 X 10 ⁴
10	10 X 10 ⁴
15	(1이하) X 10 ⁴

III. 결론

본 연구는 자외선(UV) 조사를 이용한 다단계 컨베이어 자동 살균기 개발에 관한 연구로서, 시스템은 254nm 파장 15W 의 자외선 살균등을 이용하여 각 층의 컨베이어 윗부분에 설치되며, 다단계 컨베이어 부는 1단의 면적을 이용하여 살균 시간을 연장하도

록 설계되었으며 이러한 살균 시간의 연장으로 인하여 살균 효과를 증대하기 위한 목적을 가지고 있다. 또 순환용 변경 고정대를 프레임에 설치함으로 살균 대상이 한쪽면만 살균되는 문제점을 극복하여 골고루 살균되도록 하였다. 안전 장치 및 제어부는 모터의 제어 및 살균기를 개방할 경우 발생할 수 있는 자외선 조사에 의한 인체의 피해를 막기 위한 목적으로 하는 보호회로로 구성되어 있다.

툿을 살균대상으로 선정하였으며 살균 전에 세균 및 진균수가 30,000 X 10⁴ C.F.U/g에서 자외선 살균기를 이용하여 살균한 결과 5분후 1/100이하로 급격히 그 양이 감소하였으며 7분후는 10 X 10⁴ C.F.U/g으로 감소하였다. 또한 15분 후에는 균이 완전히 멸균된 결과를 얻음으로 이 다단계 컨베이어용 자동 살균기가 유용함을 확인하였다.

결론적으로 개발된 살균기는 여러단의 컨베이어를 1단 컨베이어 면적에 설치하여 같은 면적 안에서 자외선 살균 시간의 연장이 가능하고, 살균대상의 세균 및 진균 수를 감소시킴으로 식품의 보존기간을 연장을 통하여 제품의 상품성과 보존성을 증가시킬 수 있음을 알 수 있다.

참고 문헌

1. 신식품살균공학, 芝崎 勳 著,光 琳출판사(일본)
2. 식품미생물학, 이종근외5인, 탐구당, (1997)
3. 식품공업의 품질관리와 신 제품개발, 장희진 저, 세진출판사
4. 식품공학실험, 유주현외 3인, 탐구당, (1991)