

고전압 전기장에 의한 살균실험

강성미, 박수지*, 김우진, 장인성*, 이준호
 호서대학교 전기공학과, *호서대학교 환경공학과

Sterilization Experiment by High-Voltage Pulsed Electric Fields

Sung Mi Kang, Su Ji Park*, Woo Jin Kim, In Sung Chang*, June-Ho Lee
 Dept. of Electrical Eng. Hoseo Univ., *Dept. of Environmental Eng. Hoseo Univ.

Abstract - Recently, the membrane technology has actively been applied to make generating water because the convention; chemical treatment technology for purifying water has caused second environmental pollution. In spite of its ecological advantages, this membrane technology has some drawbacks such as ease of membrane contamination, efficiency and running cost. The purpose of this research is reduction of membrane contamination by applying high voltage pulsed electric field to the water prior to its penetrating membrane.

를 사용하여, 펄스폭은 40[ns], 주파수 10[Hz], 전계의 세기는 5[kV/cm], 15[kV/cm]로 실험하였다. 실험에 사용한 pulse generator를 Fig.1.에 도시하였다.

1. 서 론

발전소에서 사용되는 발전용수는 항상 고 순도의 물을 사용해야 한다. 그렇지 않으면 불순물이나 용존 물질의 석출, 스케일 등으로 인하여 열전달에 큰 영향을 미쳐 다량의 에너지 손실이 발생하고, 발전설비의 부식 등으로 인하여 발전 효율의 손실이 발생하기 때문이다.

최근 발전 용수의 생산은 전통적인 수 처리 (Conventional water treatment) 공정에서 역삼투 공정 (Reverse Osmosis) 및 나노여과 (Nanofiltration)와 같은 분리막 기술 (Membrane Technology)을 활용하는 공정으로 변화하려는 추세에 있다. 분리막 기술은 탁월한 처리 효율뿐 아니라 안정적으로 용수를 생산할 수 있는 장점이 있기 때문이다. 그러나 분리막 공정은 항상 막 오염 현상이 문제점으로 지목되고 있기 때문에 막 오염 제어 기술의 확보가 시급한 실정이다.

막 오염의 발생으로 인하여 막의 성능 저해 및 이에 따른 용수 생산의 감소뿐 아니라 발전 효율의 감소를 초래할 수 있고, 잦은 교체주기로 인하여 설비비용이 부담되고 있기 때문에 막 오염 제어 기술 확보 필요성이 대두되고 있다. 현재 막 오염 현상을 해결하기 위해서 화학적 세정을 비롯한 몇 가지 방법이 시행되고 있으나 2차 오염 문제 등 근본적인 해결책을 제시하지는 못하고 있다.

따라서 본 연구에서는 화학물질의 사용에 따른 2차 환경오염 문제가 발생하는 화학약품이나 물리적인 세정이 아닌 고전압 펄스 전기장 (High-Voltage Pulsed Electric Fields) 장치를 이용하여 막 오염의 근본적인 문제를 제어하는 것이 목적이며, 이를 위하여 고전압 펄스 전기장 처리 장치의 미생물 사멸효과를 검증해 볼 수 있는 실험을 해 보았다.

2. 본 론

2.1 실험장치

2.1.1 전원장치

실험에 사용한 펄스 발생장치로는 transmission line을 이용한 장치를 사용 하였고, 펄스는 구형파(square

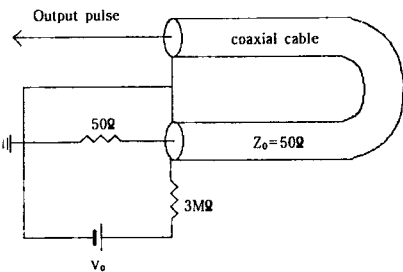


Fig. 1. Diagram of pulse generator

2.1.2 살균장치

살균 Chamber의 전극 간격은 0.2[cm], 실험에 사용한 균주로는 유해세균 중 수질 오염 측정의 우선 항목인 대장균 (Escherichia coli)을 사용하였다. 전기장을 가할시 대장균이 전기장을 피해 chamber 옆면으로 이동할 경우를 감안하여 교반기 (Agitator)를 사용하였다. 실험장치의 전체 블록 다이어그램을 Fig.2에 도시 하였다.

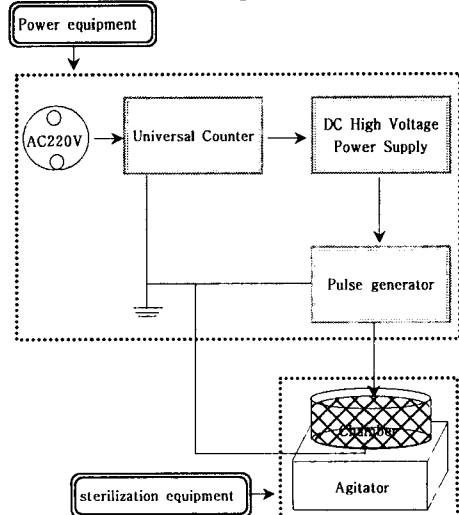


Fig. 2. Block diagram of the high voltage electric fields equipment

2.2 실험 방법

실험 Chamber에 대장균 배양액 150[ml]를 채운 다음 고전압 펄스 전기장(5[kV/cm],15[kV/cm])을 인가시켜 전기장을 가한 후 0~60[min]동안 5분~10간격으로 시료를 채취하여 대장균의 개체 수 변화를 관찰하였다.

3 실험결과 및 검토

고전압 펄스 전기장을 가한 후 대장균의 개체 수와 전기장을 가하지 않은 즉, 대조군의 개체 수를 시간의 변화에 따라 측정하여 Table.1, Table.2, Table.3에 나타내었고, 이 결과에 따른 개체 수 변화를 한눈에 보기 위하여 Fig.3, Fig.4, Fig.5에 그래프로 나타내었다.

먼저 Table. 1.과 Fig.3의 고전압 펄스 전기장을 인가하지 않은 대조군의 변화를 보면 큰 배수로 증가하는 것을 볼 수 있다. 그다음으로 고전압 펄스 전기장을 인가한 실험군의 대장균 개체 수 변화를 보면 5분, 15분에서 50%의 감소율을 볼 수 있다.

Table. 1.

전기장 5kV/cm				
시간[min]	대조군 개체 수 변화	개체 수 변화[%]	Pulse 전기장인가 후의 개체 수 변화	개체 수 변화[%]
0	1.0×10^3	0%	2.0×10^3	0%
5	2.0×10^3	200%	1.0×10^3	50%
15	10.0×10^3	1000%	1.0×10^3	50%
30	3.0×10^3	300%	2.0×10^3	0%
60	2.5×10^3	250%	2.0×10^3	0%

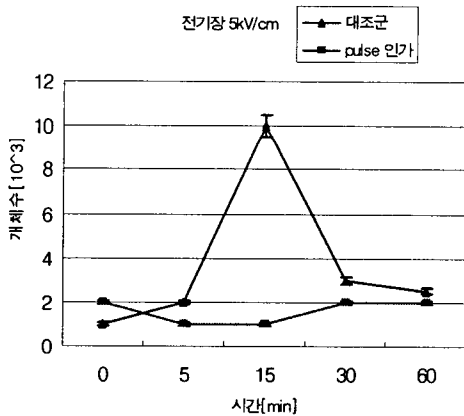


Fig. 3. 5kV/cm 전기장에서 대장균 개체 수 변화

Table. 2.와 Fig.4는 전기장 15kV/cm인가 후 15분까지의 대조군과 실험군의 대장균 개체 수 변화를 나타낸 것이다. 표에서 보이는 바와 같이 5kV/cm에서의 개체 수 변화율 보다 사멸율이 약 5.39% 더 높은 것을 볼 수 있다.

Table. 2.

전기장 15kV/cm				
시간[min]	대조군 개체 수 변화	개체 수 변화[%]	Pulse 전기장인가 후의 개체 수 변화	개체 수 변화[%]
0	1.85×10^5	0%	2.32×10^5	0%
5	1.7×10^5	5.56%	0.96×10^5	58.62%
10	4.36×10^5	235.67%	1.11×10^5	52.16%
15	2×10^5	108.10%	1.13×10^5	51.30%

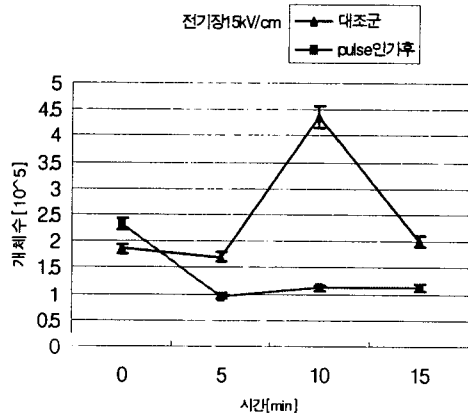


Fig. 4. 15kV/cm 전기장에서 대장균 개체 수 변화

Table. 3.과 Fig. 5는 전기장 15kV/cm인가 후 60분까지의 대조군과 실험 군과의 대장균 개체 수 변화를 나타낸 것이다. 이 표에서도 앞의 Table. 2.와 마찬가지로 15분까지는 대장균의 개체 수가 감소율을 보이고 있으나 15분 후 부터는 점차 증가하는 현상을 보이고 있다. 이는 전기장에서 환경에 적응한 사멸하지 않은 대장균이 미생물의 성장곡선에 따라 성장하면서 이와 같은 결과가 나왔을 것이라 판단된다.

Table. 3.

전기장 15kV/cm				
시간[min]	대조군 개체 수 변화	개체 수 변화[%]	Pulse 전기장인가 후의 개체 수 변화	개체 수 변화[%]
0	1.38×10^5	0%	3.23×10^5	0%
5	1.17×10^5	15.22%	3.26×10^5	100.93%
10	3.42×10^5	247.83%	1.06×10^5	67.18%
15	3.18×10^5	230.43%	0.90×10^5	72.14%
30	3.63×10^5	263.04%	3.62×10^5	112.07%
40	1.89×10^5	136.93%	3.45×10^5	106.81%
50	1.39×10^5	100.72%	1.02×10^5	68.42%
60	1.27×10^5	7.97%	0.65×10^5	79.88%

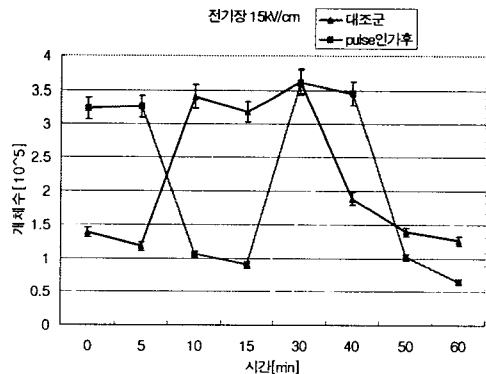


Fig. 5. 15kV/cm 전기장에서 대장균 개체 수 변화

위의 실험결과를 검토하여 보면,

1) 고전압 펄스 전기장을 인가한 후의 대장균 사멸율이 전기장을 가하지 않은 대장균 사멸율보다 월등히 높다는 것을 알 수 있었다.

2)대장균군의 사멸율은 전기장의 세기에 비례한다는 것을 Table. 1과 Table.2,3과의 비교를 통해 알 수 있었다.

3)대장균군의 사멸율은 처리시간에 비례하는 것이 아니라 처리시간에 기준이 있음을 Table. 2와 Table. 3과의 비교를 통해 알 수 있었다.

4. 결 론

본 논문에서는 용수처리 방법 중 하나인 고전압 펄스 전기장에 의한 미생물 사멸 효과를 알아보는 실험을 하였다. 실험하기전의 예상으로 대장균군의 사멸율은 전기장의 세기에 비례할 것이라 예측했으나, 실제로 실험을 해본 결과 처리시간에 기준이 있음을 알 수 있었다. 또한, 전기장 처리가 지속되는 동안에 대장균의 개체수가 15분후 이후부터 증가율을 보였는데 이는 전기장의 세기가 충분히 강하지 않아 사멸하지 않은 균들이 번식을 하여 이러한 결과가 나왔을 것이라 판단하였다.

위의 결과를 바탕으로 하여 전기장의 세기를 더 높여 실험을 하면 더 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대되며, 이 고전압 펄스 전기장 실험 장치를 용수처리 시설뿐만 아니라 식품 살균분야 등 고도의 살균장치가 필요한 여러 가지 분야에서의 효용성을 입증 해보는 실험을 계속 해나갈 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 신정규, 변유량 “고전압 펄스 전기장에 의한 식품의 살균”, 식품과학과 산업, 33권 2호, pp.27~35, 2000.
- [2] Paul W. Smith, " Transient Electronics Pulsed Circuit Technology", pp.96
- [3] 이현수, “ZrO₂비드를 가지는 수(水)방전관의 대장균 제거 및 수질 변환 측정”, 대한환경공학회지, 25권 10호, pp. 1329~1333, 2003.
- [4] 이희규, 소명환, “고전압 펄스에 의한 전기 살균에서 임펄스 전압 파형의 영향”, 산업식품공학, 제4권 3호, pp.136~140, 2000.
- [5] 김영범, 박경순, 윤재용, 박종운, “ 전기장수처리 시스템을 통한 필터 교체주기 향상”, 대한환경공학회, 춘계학술연구발표회, pp.792~798, 2004.
- [6] 목철균, 이상기, “적열배열 다중전극 고전압 펄스 전기장 처리장치를 이용한 약주의 살균”, 한국식품과학회지, 제32권 제2호, pp.356~362, 2000.