

## 고전압 펄스에 의한 전기 살균에서 방전 파형의 특성 분석

이 희규\* 末廣純也\*\* 原 雅則\*\* 이 덕출\*\*\*  
부천대\* 九州大學\*\* 인하대\*\*\*

### Discharge Waveform Properties on Electrical Sterilization by HV Impulse

H.K.Lee\*, J.Suehiro\*\*, M.Hara\*\*, D.C.Lee\*\*\*  
Bucheon college\*, Kyushu Univ\*\*, Inha Univ\*\*\*

**Abstract** - We evaluated cell survivability by changing RLC value on HV impulse network. When the L value is changed from 0 to 10mH in this circuit, we found that cell survivability is shown large decline with 4mH of L value. I respect to this result, when waveshapes of oscillatory decay are presented along the variation of L value in RLC circuit, we analyzed whether discharge waveform properties have an effect on sterilization ratio, and measured threshold voltage as the minimum peak voltage of a single pulse which can sterilize cells. Finally, we found that the sterilization effect was related to number of threshold voltage waveforms being applied.

의 식염수에서 3번 뭍힌후 다시 0.1ml의 샘플을 취하여 Desoxy cholate agar plate에 도포하고 섭씨 35도의 인큐베이터에서 24시간 놓아둔 후 코로니 수를 카운트 하였다. 챔버 속의 전극의 갭은 1mm로 조종되었고 충전후 챔버속의 시료에 방전되는 횟수를 카운트하여 shot number로 측정 하였다. 또한 인덕턴스의 값을 변화시켜가면서 충전방전 동작을 시도하였으며 그때의 챔버속에서 인가되는 파형들을 측정 분석하였다. 챔버로 부터 샘플을 채취할 때는 반드시 챔버를 흔들어서 잘 혼합 시킨후 채취하도록 하였다.

### 1. 서 론

생물 세포의 전기적 살균은 종래의 화학적 이거나 열살균 보다도 더 좋은 잇점을 가지고 있기 때문에 지금까지 많은 연구가 되고 있다. (1) 이 기술은 미생물체에 고전압 펄스를 가할 때 미생물 세포막의 절연 파괴로 인하여 세포내외의 고분자, 단백질, DNA 등 비교적 큰 분자들이 이동하게 됨으로서 가역 반응에 의한 막파괴가 일어나는 현상으로 밝혀지고 있다. (1-4). 전기세포조작 이라고 하는 이 기술은 세포내의 물질 도입법으로 이용되기도 하고 특히 살균 기술로 이용될 때 전압 성분만을 사용 함으로서 온도 상승이 없기 때문에 열에 의한 특성 변화의 문제가 야기 되지 않는다. (3-4) 전기 살균의 조건은 현탁액 속에 인가된 펄스의 수와 펄스 길이 와 전계 강도에 의하여 결정된다. (1-5)

특히 이 연구에서는 RLC 회로에서 L값의 변화에 따른 방전 발진 파형이 생존율에 미치는 영향을 조사 하였다.

### 2. 실험장치 및 방법

그림1은 펄스 고전압 발생장치로서 Vdc는 직류 안정화 전원이고 Rc는 충전저항, Rp는 보호저항이며 HVS-24K20은 트랜지스터 스위치를 나타내며 Co는 콘덴서로 0.1uF, ES는 전극이 달린 챔버이다. 챔버 속에는 현탁액으로 채워지며 챔버 속의 현탁액은 9.9ml의 식염수에 1/100로 뭍힌 대장균( $1 \times 10^8$  cell/ml; TS 브러스에 섭씨 36도로 24시간 동안 키움) 0.1ml를 넣은 것이다. 전기 충전후 챔버에서 샘플 0.1ml를 취하여 0.9ml

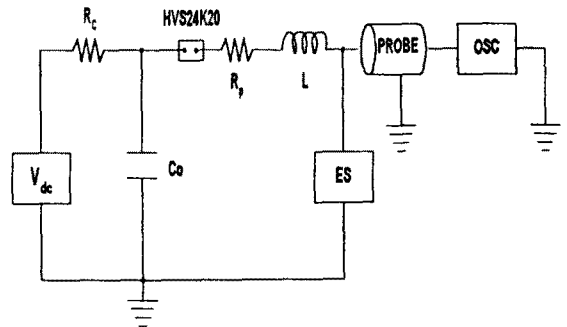


그림1. 펄스 고전압 발생 장치

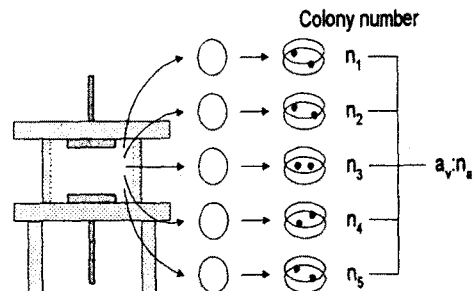


그림2. 생존율 조사

### 3. 실험결과 및 고찰

그림3은 RC 와 RLC회로에서 10kv일때 생존율의 비교 데이터를 나타내었다. RLC회로에서 shot number 80일 때 생존율이 가장 크게 떨어 짐을 알 수 있다. RC회로 보다는 RLC회로의 경우에서 생존율은 더 낮게 나타나고 있다. 펄스 반복수가 10 일 때 RLC회로의 경우에서 RC회로의 생존율 보다 20%의 감소가 있었다. 전계밀도와 펄스당 인가된 에너지는 공급전압 10kv경우 100kv/cm와 500J 이었다.

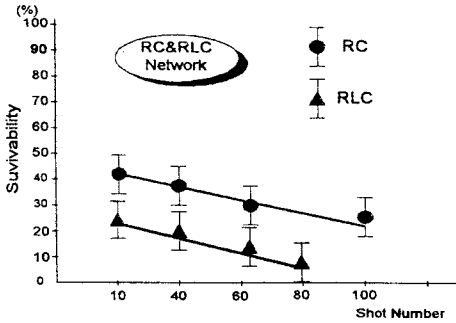
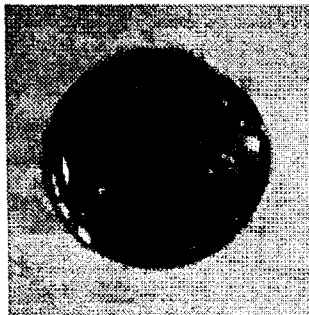
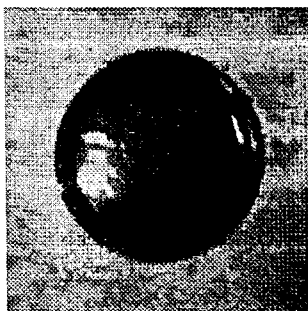


그림3. RC 와 RLC회로의 생존율 비교

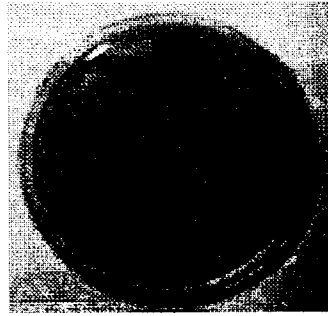
그림5에서 10kv, 10shot number 일 때 5kv 일 때에 비하여 4배의 생존율 감소를 가져왔다. 또 그림6에서 보면 인덕턴스 값이 4mH와 10mH에서 특히 다른 인덕턴스 값에 비하여 2배에서 3배 정도의 생존율 감소를 나타내었다.



(a) RC회로의 코로니 수



(b) RLC회로의 코로니 수



(c) NO SHOCK 상태

그림4. 각 상태에서의 코로니 수

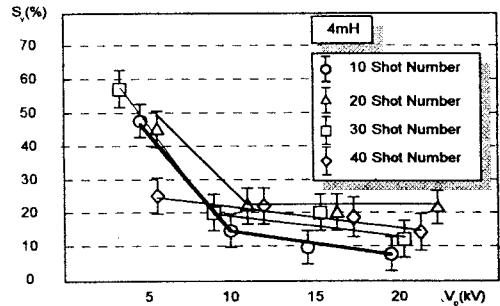


그림5. 펄스 발생전압과 적용횟수에 따른 생존율

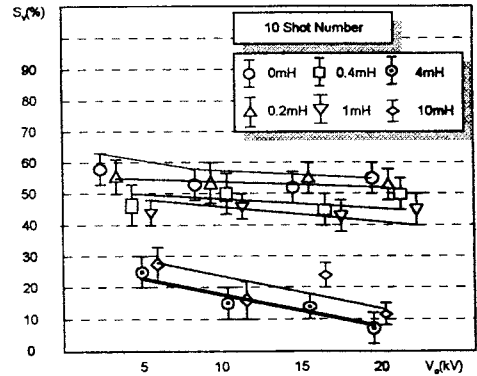


그림6. 펄스 발생전압과 인덕턴스값에 따른 생존율

### 4. 결 론

임펄스 발생 시스템 가운데 인덕턴스의 값을 변화시켜 가면서 cell의 생존율에 어떠한 영향을 주는가를 알아 보고자 하는 연구로서 cell의 생존율에 영향을 크게 주는 조건은 4mH 일 때 부터로 나타났다. 그림7 에서 살균이 일어나기 시작되는 전압으로서 Vc가 1200v로 측정 되었으며 방전

파형이 oscillatory decay 될 때 4mH에서 threshold 전압점(Ne)은 2개 있었다. 또한 각 경우에 챔버에 인가된 방전 파형에 대한 Ne의 수를 보면, Ne의 수와 살균을 간에는 정상관의 관계가 나타나고 있음을 보였다. 그림9 과 10에서 보면 그림의 모양에서 두변수 간에 유사한 경향을 나타내 주고 있다.

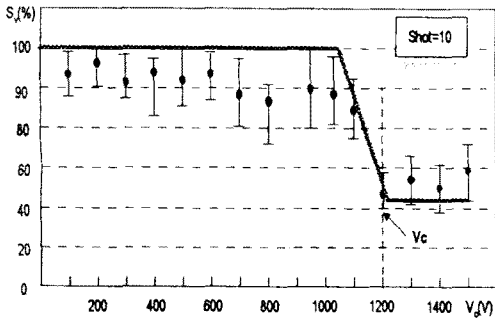
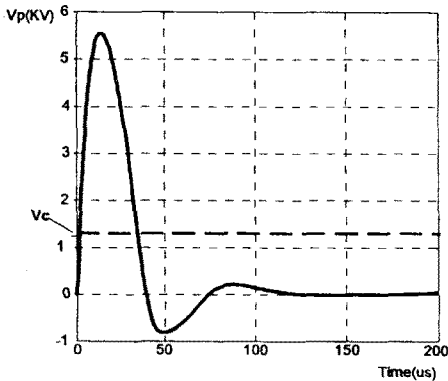
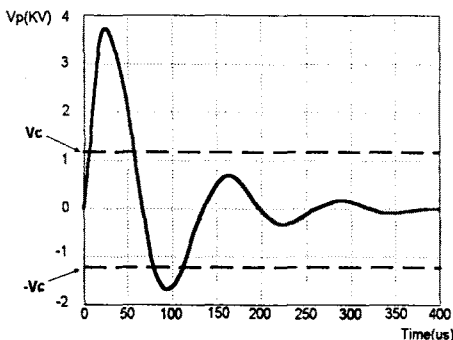


그림 7. 살균 threshold 전압



(a) L = 1mH



(b) L = 4mH

그림 8. 인가 전압 파형에서의 threshold 전압(Vc)

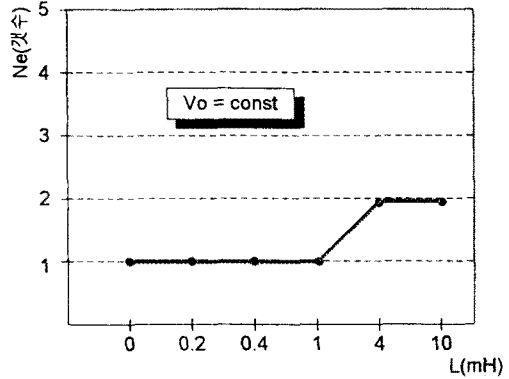


그림 9. 인덕턴스 별 Ne 분포

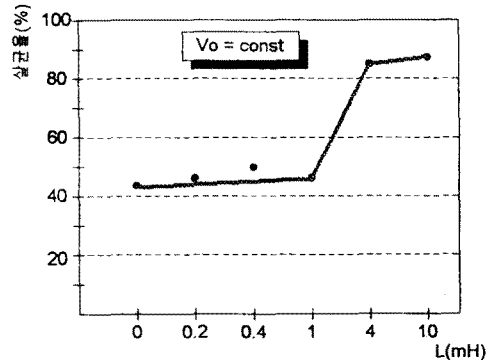


그림 10. 인덕턴스 별 살균율 분포

본 연구는 부천대학 교내 연구비 지원에 의하여 수행 되었으며 이에 감사드립니다.

[참 고 문 헌]

- [1] A.J.H.Sale and W.A.Hamilton "Effect of High Electric Fields on Micro-organisms-I, Killing of Bacteria and Yeasts" Bio chim. Biophys. Acts, Vol 148. pp781-788, 1967.
- [2] A.J.H.Sale and W.A.Hamilton "Effect of High Electric Fields on Micro-organisms-III, Lysis of Erythrocytes and Protoplasts". Biochim. Biophys. Acta, 163. pp.37-43, 1968.
- [3] Boleslaw Mazurek, Piotr Lubicki "Effect of Short HV Pulses on Bacteria and Fungi". Acta -yl IEEE Trans. on Dielectrics and Electrical Insulation Vol.2 No.3, June, 1995.
- [4] H.K.Lee, J.Suehiro, M.H.So, M.Hara, D.C.Lee. "Electrical Sterilization of Escherichia coli by HV Impulse and Effect of Voltage Waveforms". Proc. of Korea-Japan Sympo. on Electrical Discharge and HVE. No.3-3, 1996.
- [5] H.K.Lee, J.Suehiro, M.H.So, M.Hara, D.C.Lee. "Measurement of Excellent Condition to RLC parameter for Electrical Sterilization on Escherichia coli". proc. of the 5th ICPADM Vol.2. pp 1436-1439. May. 1997.