

## 회분식 고전압 Exponential Decay Pulse 전기장 처리에 의한 막걸리의 비열 살균

김보라<sup>1</sup> · 정태범<sup>2</sup> · 홍희정<sup>3</sup> · 김진선<sup>4</sup> · 신정규<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>전주대학교 식품산업연구소, <sup>2</sup>비케이바이오, <sup>3</sup>전주대학교 대학원 전통식품산업학과, 전주대학교 한식조리학과

### Nonthermal Pasteurization of *Takju* using Batch High Voltage Pulsed Electric Fields with Exponential Decay Pulse

Bo-Ra Kim<sup>1</sup>, Tae-Bum Chung<sup>2</sup>, Hee Joung Hong<sup>3</sup>, Jin-Seon Kim<sup>4</sup>, and Jung-Kue Shin<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Food Industry Research Institute, JeonJu University

<sup>2</sup>BK Bio

<sup>3</sup>Department of Traditional Food Industry, JeonJu University

Department of Korean Cuisine, JeonJu University

#### Abstract

*Makgeolli*, a traditional Korean turbid rice wine, was treated with pulsed electric fields (PEF) for the purpose of a development of a new cold pasteurization processes. Inactivation of yeast in the *makgeolli* increased with increase in intensity of the electric field strength and treatment time. The initial yeast count of the *makgeolli* was  $2 \times 10^8$  cfu/ml. A reduction of 2D was obtained at 30 kV/cm and 256 exponential decay pulses at room temperature. The combination of PEF and conventional thermal treatment inactivated the yeast more effectively. Reductions of up to 8D were observed when the *makgeolli* was treated with PEF of 20 kV/cm and 256 pulses at 50°C. The inactivation of the yeast in *makgeolli* increased with an increase in alcohol content. When the alcohol content of the *makgeolli* increased to 12%, PEF treatment with 30 kV/cm and 256 pulses resulted in a 4.8D reduction of yeast. No changes in pH, acidity, or the growth of yeast were observed in the PEF treated *makgeolli* during storage at 4°C for 4 weeks.

**Key words:** high voltage pulsed electric fields (PEF), *makgeolli*, cold pasteurization, alcohol content

## 서 론

막걸리는 곡자와 주모를 사용하는 자연 발효 형태의 우리 나라 전통의 저농도 알코올 발효 음료로서 물리적 성상이 불균일하고 유통저장과정 중에서 계속적으로 발효가 진행되어 품질의 균일화를 기하기 어려운 문제점이 있다. 경제 수준의 향상과 식생활 습관의 변화에 의하여 전통 막걸리의 소비가 급속히 감소되었지만, 최근들어 정부와 민간 단체의 전통주 세계화를 위한 다양한 활동에 힘입어 국내에서는 젊은 층을 중심으로, 그리고 일본등 해외에서도 우리나라의 막걸리에 대한 수요가 늘어나고 있으나, 아직도 막걸리의 저장성, 편이성, 소화의 불량성이 문제점으로 지

적되고 있으며(Lee et al., 1991, Jeong et al., 2006, Kim et al., 2012), 소비자의 기호에 맞는 품질 향상과 제품 개발이 필요한 상태이다. 막걸리의 저장성과 편이성을 향상시키고 관능적 품질을 향상하기 위해서는 막걸리의 품질 요소를 규명하고 공정개선, 저장 방법 및 포장 방법 등의 새로운 제품 개발을 통해 소비자의 기호에 미치는 영향에 대한 체계적인 조사와 연구가 필요하다.

막걸리의 재래식 발효 공정은 곡자와 주모를 사용하는 자연 발효 형태로 여러 가지 미생물이 생육한다. Lee & Lee (1970)과 Shin (1970)에 의하면 막걸리에는 *Mucor*속을 비롯하여 *Rhizopus*, *Aspergillus*속 등의 곰팡이와 *Saccharomyces*, *Pichia*, *Candida*, *Torulopsis*, *Hansenular*속 등의 효모, *Micrococcus*, *Bacillus*, *Aerobacter*, *Pseudomonas*속 등의 세균들이 생육하고 있는 것으로 보고하였다(Min et al., 2011). 그러므로 이들 모든 미생물들이 막걸리의 저장 유통 기간 중에 일어나는 변질에 참여할 수 있다. 이와 같이 막걸리의 부패의 원인은 발효액 중에 존재하는 잡균과 효모에 의한 것이며, 발효 도중에 산패되는 이유는 곡자 또는 공기

\*Corresponding author: Jung-Kue Shin, Department of Korean Cuisine, College of Culture & Tourism, JeonJu University, 303 Cheonjam-ro, Wansan-gu, JeonJu, Jeonbuk 560-759, Korea  
Tel: +82-63-220-3081; Fax: +82-63-220-3264  
E-mail: sorilove@jj.ac.kr  
Received April 28, 2013; revised May 28, 2013; accepted May 29, 2013

중의 젖산균에 의하여 젖산이 생성되거나 또한 생성된 알코올이 초산균이나 낙산균에 의하여 초산이나 낙산이 생성되기 때문이다(Kwon et al., 2012). 막걸리의 후발효에 주로 관여하는 것은 효모이다. 현재 막걸리 생산 공정에서 발효를 일으키는 효모는 *Saccharomyces cerevisiae*로 알려져 있으며 현재 시판되고 있는 종균도 *S. cerevisiae* 분말상이다. 그러나 시판 막걸리 중에는 *S. cerevisiae* 이외 오염된 *S. pretoriensis*, *S. rouxii*, *Hansenular anomala*, *Pichia polymorpha* 등 몇 가지 효모가 혼합되어 있는 상태이며 제조 원료와 방법에 따라 차이가 있다(Yang & Lee, 1996, Koh et al., 1973). 생막걸리는 발효 과정이 끝난 후에 살균 과정을 거치지 않고 또한 여과 과정이 철저하지 않기 때문에 콜로이드성 고분자화물이 많이 현탁되어 있다. 따라서 막걸리는 후숙에 의한 품질 향상을 기대하기 어려울 뿐만 아니라 출고 후에 오히려 후발효가 계속 진행되어 3~5 일이면 변패되어 폐기 처분된다.

막걸리의 저장성 향상을 위한 방법으로 저온 살균 처리에 의해서 생균을 사멸시킴으로써 저장기간을 연장하려는 시도가 있었으며(Kim, 1971),  $\gamma$ -ray와 소금 처리를 병행하여 막걸리 미생물의 생장을 억제하여 저장 기간을 연장시킨 연구(Nam et al., 2010), 냉동 저장을 통한 저장 기간 연장 연구(Lee & Shim, 2010), 고강도 광원을 이용한 저장기간 연장에 대한 연구(Kim et al., 2012)도 보고되고 있다. 이들 연구 결과에 의하면 막걸리의 저장성은 어느 정도 연장시킬 수는 있으나 열처리 혹은 방사선 조사에 의한 강한 화독 냄새의 생성과 변색, 층분리 등의 물리적 성상의 변화로 인하여 상품성을 상실하게 되는 문제점을 아직 해결하지 못하고 있다. 따라서 전래의 전통 발효주의 상업화를 가속시키기 위해서는 이들 주류의 고유한 맛을 유지시키면서 저장성을 연장시키는 새로운 방법을 개발하여야 할 필요성이 급격히 대두되고 있다.

식품 산업에서 가열을 대체할 수 있는 살균 방법으로 실제 적용되거나 연구되고 있는 기술로는 초고압 또는 고압 CO<sub>2</sub> 처리 기술(Hong, 2000), 고전압 펄스 전기장 처리 기술(Shin et al., 2007), 광펄스 기술(Shin et al., 2012, Kim et al., 2012), 방사선 기술(Shin, 2010), 진동 자기장, 초음파, 오존 살균 기술, 천연 항균 물질의 첨가 등(Shin, 2008)이 있다. 이 중 고전압 펄스 전기장 기술은 높은 전압의 전기를 일정한 간극의 처리 용기내에 있는 식품에 짧은 시간동안 순간적으로 인가하여 미생물을 불활성화하거나 사멸하는 기술로서 짧은 처리시간으로 인해 식품에 열을 발생을 시키지 않고 열로 인한 식품의 특성의 변화나 영양분의 손실을 최소화할 수 있는 것으로 보고되고 있다(Son & Shin, 2008). 고전압 펄스 전기장은 지금까지는 물이나 과일음료등과 같은 액상 식품의 음료의 살균, 일부 점성이 높은 식품의 살균, 식물이나 동물세포로부터의 유용물질 추출 등에 대한 연구가 진행되어졌으나(Isabel et al., 2013,

Elisa et al., 2013, Monfort et al., 2012, Mohammad et al., 2012), 고전압 펄스 전기장 처리의 경우 전압이나 시스템의 불안정, 전극이나 처리 용기의 형태 불균일 등에 의해 방전이 발생되기 쉽기 때문에(Shin & Pyun, 2000) 대부분 인화성 물질이 포함되지 않은 일반적 식품에 주로 적용되어 왔으나 알코올류 등을 함유한 주류의 살균에 적용되는 예가 많지 않았다.

본 연구에서는 전통 주류의 신선도와 고유의 맛을 유지하면서 장기간 보관하기 위한 방법을 개발하기 위하여 죽속기의 막걸리를 고전압 펄스 전기장 처리를 하여 변질의 주 원인균인 효모를 사멸시키고, 품질에 영향을 주지 않는 온도 범위에서 고전압 펄스 전기장과 열 병합 처리 효과, 알코올 농도의 영향, 처리한 막걸리의 저장성을 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험에서 사용한 막걸리는 시중에서 판매되고 있는 S사의 막걸리를 사용하였다. 보존기간은 10°C이하에서 제조일로부터 5일 이내이며 본 실험에서는 병입일로부터 하루 경과한 신선한 막걸리를 사용하였다. 막걸리의 여과는 cheese cloth와 Whatman No. 1 filter paper로 각각 1회씩 여과하였다. 초기 효모수는 약  $1.5 \times 10^8 \sim 2 \times 10^8$  CFU/mL이고, 전기전도도는 0.70~0.76 mS/cm이었으며, pH는 3.76~3.82 범위이었다. 본 연구에 사용한 막걸리의 알코올 농도는 6%이었다.

### 고전압 펄스 전기장 발생 장치

Exponential decay pulse 장치는 30 kV DC를 발생할 수 있는 고전압 펄스 발생부(Model JP=PS2550, Jaepae Hitec, Incheon, Korea)와 실질적으로 시료가 전기장 처리를 받는 처리 용기, 그리고 처리 용기 내에 형성되는 파형의 관측과 전기장의 세기를 측정할 수 있는 oscilloscope (Lecroy Digital Oscilloscope, model 9300 AM, Dual 400 MHz, Switzerland)로 구성되어 있다. 펄스 발생장치와 처리 용기는 자체 설계, 제작하였다. 고전압 펄스 발생장치는 220 V AC, 25 A의 입력을 고전압 변압기를 통하여 승압시키고 정류하였고, 공급된 고전압은 series로 연결된 6 M $\Omega$  저항을 통하여 0.12  $\mu$ F의 capacitor에 충전시켰으며, capacitor는 corona와 arching을 막기 위해 oil immersion type으로 만들었다. 충전된 고전압은 thyatron(열음극방전관)을 통한 capacitor의 방전에 의해 고전압 펄스가 처리 용기의 두 전극 사이에 방전된다. 처리 용기는 아크릴과 스테인리스를 이용하여 회분식으로 제작하였으며 전극 간격은 0.35 cm, 처리부피는 14 mL이었다. 또한 본 실험에서는 펄스 폭 1  $\mu$ s의 exponential decay pulse를 사용하였으며 처리 온도는 water bath로 물을 전극 내부에 순환시켜 조절하였다. 실험

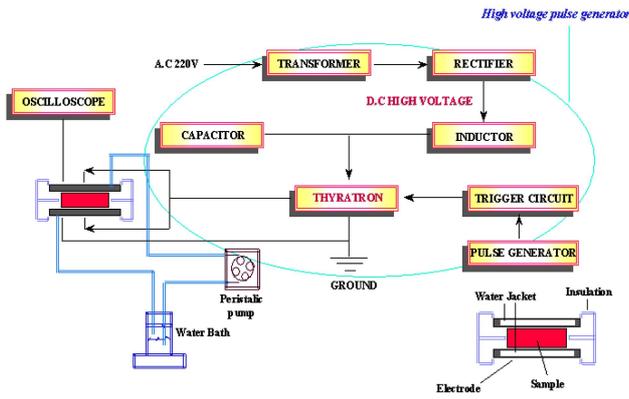


Fig. 1. Schematic diagram of high voltage pulsed electric fields processing system.

장치의 전체적인 개략도는 Fig. 1에 나타내었다.

### 효모의 생존율 측정

생균수는 일정량의 막걸리 시료를 무균적으로 취하고 멸균 생리 식염수에 의한 연속 희석법으로 희석하여 10% tartaric acid로 pH를 3.5로 조절한 PDA (potato dextrose agar, Difco Laboratories, Detroit, MI, USA)에서 pouring method로 28°C, 24시간 배양한 후 생성된 colony를 계수하여 초기 미생물 수에 대한 PEF 처리 후의 미생물 수의 비로 생존율을 구하였다. 이 때 plate내의 균체수는 30~300 개 이내로 나오도록 희석하였으며, 각 희석배수에서 3 개의 plating을 하여 그 평균값을 생균수로 하였다.

### 저장성 평가

PEF 처리구와 무처리구를 4°C와 30°C에 저장하면서 저장 기간 동안의 pH와 적정 산도, 효모의 수를 관찰하였다. pH는 pH meter (Orion 520-A, Thermo Fisher Inc., Beverly, MA, USA)를 사용하여 측정하였으며 적정 산도는 시료 10 mL를 취하여 지시약(0.1% phenolphthalein)을 사용하여 0.1 N NaOH로 적정한 후 다음 식에 의거하여 산출하였다.

$$\text{적정산도} = \frac{0.1 \text{ N-NaOH 적정량}(ml) \times f \times 0.009}{\text{시료량}(ml)}$$

여기서  $f$ 는 NaOH의 factor이다. 모든 측정값은 3 회 반복 실험하여 그 평균값을 사용하여 표기하였다.

## 결과 및 고찰

### 전기장의 세기 및 처리시간에 따른 막걸리의 PEF 살균

고전압 펄스 전기장에 의한 미생물의 치사 효과에 미치는 가장 직접적인 영향 인자는 전기장의 세기와 처리 시간(펄스 수×펄스 폭)이다. 시판 막걸리를 직접 제작한 희분식 처리 용기에 넣고 밀봉한 후 상온에서 1 μs의 펄스폭을 갖는

10~30 kV/cm의 exponential decay pulse를 8~256 회 가한 결과를 Fig. 2a에 나타내었다. 시판 막걸리의 초기 효모수는 약  $2 \times 10^8$  CFU/mL였으며, 30 kV/cm, 256 회의 고전압 펄스 전기장 처리 후 효모의 생존율은 약 1.8 log cycle 감소하였다. 전기장의 세기와 펄스의 수가 증가할수록 살균 효과는 증가하였으며, 처리 중 막걸리의 온도는 거의 변화가 없어서 열에 의한 살균은 일어나지 않는 것으로 보였다. 이러한 결과는 당근 주스의 살균에 있어서 전기장의 세기와 처리시간이 증가할수록 효모의 생존율이 감소하며 온도의 상승이 거의 일어나지 않는다는 결과와 일치한다(Shin et al., 2007).

일반적으로 고전압 펄스 전기장 살균에 있어서 균일한 전기장의 형성은 살균 효과에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Adriane et al., 1998; Magnus & Hannes, 2005).

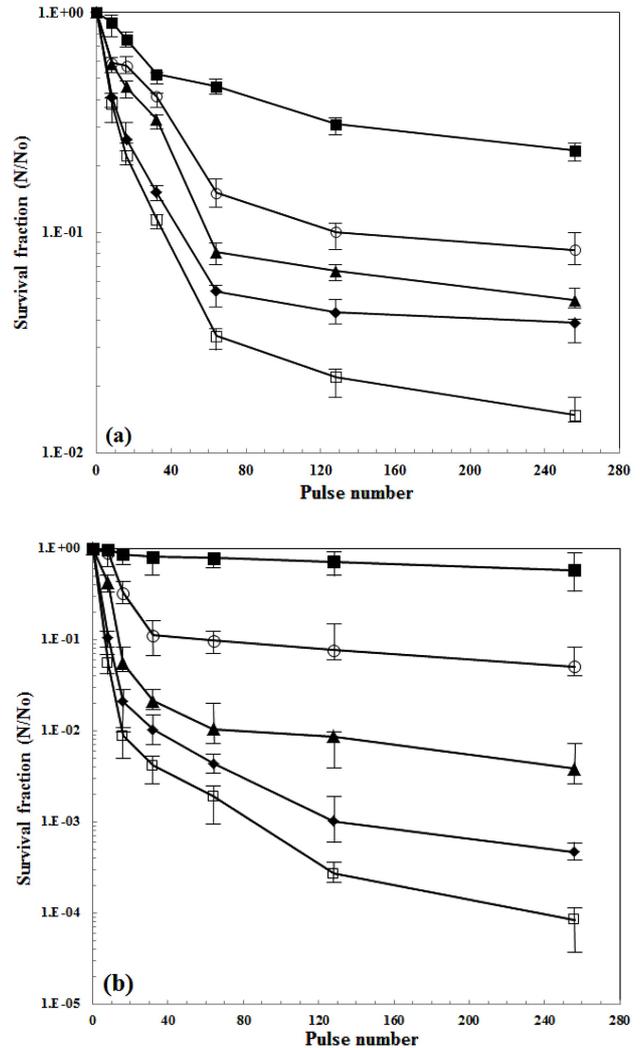


Fig. 2. Effect of electric fields strength and treatment time on survival fraction of yeasts in (a) not filtrated, (b) filtrated *Takju*. ■ 10 kV/cm, ○ 15 kV/cm, ▲ 20 kV/cm ◆ 25 kV/cm, □ 30 kV/cm

국내에서 시판되고 있는 대부분의 막걸리는 곡류를 발효시킨 후 여과를 하지 않은 상태로 제품화가 되기 때문에 크기가 일정하지 않은 입자들이 혼입되어 있다. 따라서 고전압 펄스 전기장 처리시 혼입되어져 있는 입자에 의해 살균에 영향을 받을 것으로 생각되어 시판되고 있는 막걸리를 cheese cloth와 Whatman No. 1 filter paper로 여과하여 고형분을 일부 제거한 다음 동일한 조건하에서 고전압 펄스 전기장 처리를 하였다. 여과 후에도 막걸리의 초기 생균수, 전기 전도도, pH 등의 변화는 없었다. Fig. 2b에 나타낸 바와 같이 여과한 막걸리의 경우, 30 kV/cm, 256 회의 고전압 펄스 전기장 처리 후 효모의 생존율이 약 4.1 log의 감소를 보여서 살균 효과가 현저히 증가하는 경향을 보였으며, 이는 막걸리내의 고형분이 고전압 펄스 전기장 처리시에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

미생물이 사멸하기 시작하는 최소 전기장의 세기인 임계 전기장의 세기( $E_c$ )는 전기장의 세기에 따른 생존율을 외삽하여 측정하였으며 여과하지 않은 막걸리의 효모의 경우 6 kV/cm이었으며, 또한 최소 임계 처리 시간( $t_c$ )은 5  $\mu$ s인 것으로 나타났다(Data not shown).

처리온도에 따른 막걸리의 PEF 살균

고전압 펄스 전기장에 의한 미생물의 불활성화에 미치는 또 다른 인자는 미생물이 포함되어 있는 매질의 온도이다. 막걸리를 80°C 이상으로 가열 살균하면 열처리에 따라 화독 냄새와 같은 강한 이취가 발생하고 쓴 맛이 생기며 변색, 청량감의 상실 및 층이 분리되는 등의 물리적 성상 변화가 일어나 상품성이 현저히 떨어지는 문제가 있다(Lee et al., 1989). 따라서 막걸리의 품질에 영향을 주지 않을 정도의 온도인 55°C 이하의 온도에서 고전압 펄스 전기장 처리와의 병합 효과를 조사하였다.

Exponential decay pulse를 이용하여 전기장의 세기를 20 kV/cm로 일정하게 하고 펄스의 수는 16~256 회, 처리 온도는 25°C, 35°C, 45°C, 50°C, 55°C로 각각 달리하였다. 일반적으로 온도가 증가하면 전기전도도가 증가하여 저항이 낮아지므로 인가되는 전기장의 세기가 낮아지게 된다. 전기장의 세기를 앞선 실험보다 낮은 20 kV/cm로 정한 이유도 55°C에서 시료에 인가할 수 있는 장치적인 최대 전압이 20 kV/cm이었기 때문이었다. 한편, 온도가 높아지면 세포막의 유동성이 증가해서 세포막의 수축이 잘 일어나 고전압 펄스 전기장 처리에 의한 세포막의 파괴가 더 쉽게 일어나서 세포의 사멸이 쉽게 일어나게 된다(Shin, 2000). Fig. 3은 여과하지 않은 막걸리를 20 kV/cm로 고전압 펄스 전기장 처리한 결과를 나타낸 것이다. 여과하지 않은 막걸리의 경우, 상온에 가까운 25°C와 35°C에서는 2 log 미만의 생존률 감소를 보여 큰 살균 효과를 얻지 못했으나 45°C 이상의 처리 온도에서는 5 log 이상의 생존률 감소를 보여 높은 사멸률을 얻을 수 있었다. 특히 50°C에서 256 회의 펄

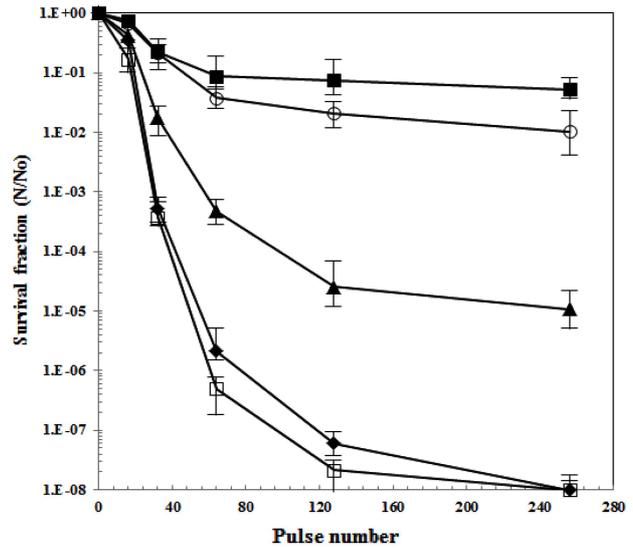


Fig. 3. Effect of treatment temperature on survival fraction of yeasts in *Takju*. PEF treatment were carried out 20 kV/cm with exponential decay pulse. ■ 25°C, ○ 35°C, ▲ 45°C, ◆ 50°C, □ 55°C

스를 가한 결과 거의 모든 효모가 사멸되는 것으로 나타났다. 또한 이러한 사멸효과가 열에 의한 것이 아닌지 검증하기 위하여 고전압 펄스 전기장 처리를 하지 않고 같은 시간 동안 순수하게 열처리만 한 결과, 55°C에서도 거의 균수가 줄어들지 않았다(Table 1). 이로써 고전압 펄스 전기장 처리시 처리 온도가 막걸리내 균의 사멸에 매우 큰 영향을 미치는 인자라는 사실을 알 수 있었다.

알코올 농도에 따른 막걸리의 고전압 펄스 전기장 살균

막걸리는 찌쌀과 조곡(粗糶)으로 술미를 만든 후 찌쌀 및 조곡(粗穀)을 첨가하여 본 담금을 거친 다음 3일이 경과하면 알코올 농도는 10~12%가 되며, 이 농도의 술이 막걸리용 술덧으로 쓰인다. 그리고 숙성되기 전에 술덧을 제성실로 옮겨 알코올 농도가 6%가 되도록 물을 섞어 성긴체를 사용하여 마구 걸러낸다. 본 실험에서는 고전압 펄스 전기장을 이용하여 막걸리를 살균할 경우 알코올 농도가 살균에 미치는 영향을 알아보았다. 우선 여과하지 않은 시판 막걸리(알코올 농도: 6%)에 알코올을 첨가하여 농도가 8%, 10%, 12%가 되도록 하였으며 vacuum evaporator를 이용하여 알코올을 제거하여 2%, 4%로 알코올 농도를 조

Table 1. Comparison of heat treatment and PEF treatment.

Treatment condition	Viable yeast cells (CFU/mL)
Before PEF treatment	2.01×10 <sup>8</sup>
After 55°C heat treatment	1.53×10 <sup>8</sup>
After 55°C heat and PEF treatment	ND

ND : not detected

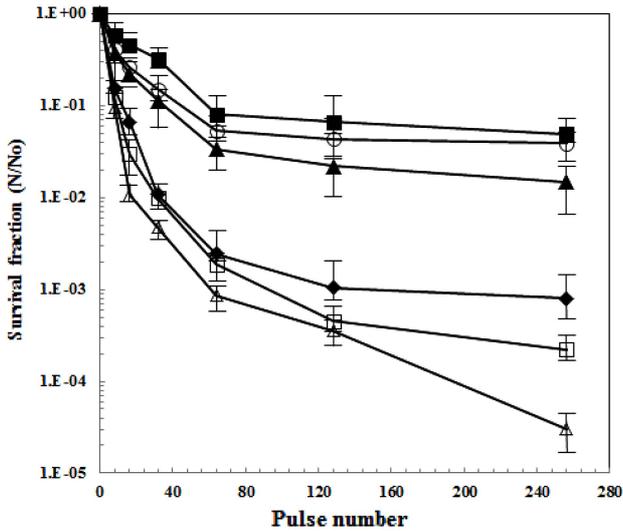


Fig. 4. Effect of alcohol content on inactivation of yeasts in *Takju*. PEF treatment were carried out at 30 kV/cm and room temperature with exponential decay pulse. ■ 2%, ○ 4%, ▲ 6%, ◆ 8%, □ 10%, △ 12%

절하였다. 초기 효모수는  $1.2\sim 1.9\times 10^8$  CFU/mL로 알코올의 농도에 따라 큰 차이를 나타내지는 않았다. 전기장의 세기는 30 kV/cm로 일정하게 하고 상온에서 exponential decay pulse를 8~256 회 가하였다. 알코올 농도가 12%인 막걸리의 경우 256 회 펄스를 가하였을 때 효모의 수가 4.8 log cycle 감소하였고 알코올 농도 2%인 막걸리는 1.3 log 감소하여 알코올 농도가 높을수록 더 효과적인 살균이 이루어짐을 알 수 있었다(Fig. 4). 이러한 결과는 맥주의 알코올 농도를 달리하여 고전압 펄스 전기장 살균하였을 경우 대부분 알코올 농도가 높은 쪽의 살균율이 높고(Ribeiro et al., 2011), 알코올을 첨가하였을 경우 살균율이 크게 증가하였다는 연구결과와 일치하였다(Heinz & Knorr, 2000).

처리한 막걸리의 저장성

시장에서 구입한 신선한 막걸리를 전기장 세기 30 kV/

cm, 처리온도 50°C, 256 회 펄스 처리하였다. 고전압 펄스 전기장 처리로 비열 살균한 막걸리를 30°C와 4°C에 저장하면서 일정한 간격으로 시료를 채취하여 효모 균수와 산도 및 pH의 변화를 4 주간 측정하였다. Fig. 5에 나타낸 것과 같이 고전압 펄스 전기장 처리하지 않은 막걸리의 경우 30°C에서 생균수는 차츰 증가하여 5 일이 지난 후부터는 약 1.5 log 정도 증가한  $7.5\times 10^4$  CFU/mL 정도였으며, 산도는 저장 3 일까지 비교적 완만히 증가하였다가 그 후 저장 7 일까지 급격히 증가하였으며, 그 이후는 완전히 산패되었다. 이에 비해 고전압 펄스 전기장 처리를 한 막걸리의 경우 30°C에서도 저장기간 동안 거의 변화가 없었다. 저장 온도 4°C에서는 고전압 펄스 전기장 처리한 막걸리의 pH와 산도 및 효모 균수에 있어서 큰 변화가 관찰되지 않았다.

요 약

회분식 고전압 펄스 전기장 처리에 의한 막걸리의 비가열 살균 공정 적용의 가능성을 알아보았다. 막걸리의 초기 균수는 약  $2\times 10^8$  CFU/mL로 전기장의 세기와 처리시간이 증가할수록 사멸율은 증가하여, 30 kV/cm, 256 pulse 처리하였을 경우 약 2 log 정도의 사멸율을 나타내었다. 고전압 펄스 전기장과 열을 병합처리하였을 경우 50°C에서 20 kV/cm, 256 pulse 처리를 한 후 8 log의 높은 사멸율을 나타내었으며, 알코올 농도를 달리하였을 경우 알코올 농도가 높아질수록 높은 사멸율을 나타내어 12%의 알코올 농도에서 4.8 log의 사멸율을 보였다. 고전압 펄스 전기장 처리한 막걸리를 4°C와 30°C에서 4 주간 저장하였을 경우 무처리막걸리에 비하여 4°C에서는 pH, 산도, 미생물의 수에 변화가 거의 없었으며, 30°C에서도 적정산도나 미생물의 증가가 일정 수준이하로 억제되어 막걸리의 비가열 살균 공정으로서의 가능성을 보였다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부 ‘농림수산식품 연구개발 사업’

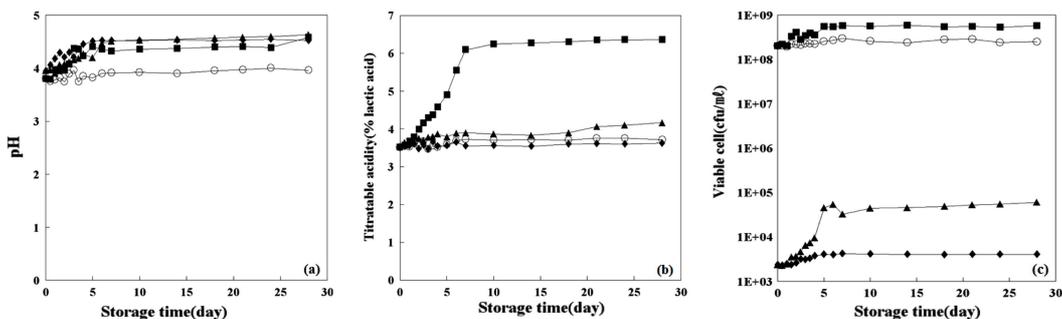


Fig. 5. Changes in (a) pH, (b) titratable acidity, (c) viable cells of *Takju* with and without PEF treatment during storage at 4°C and 30°C. PEF treatment : ◆ 4°C, ▲ 30°C, Without treatment : ○ 4°C, ■ 30°C.

의 지원에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

- Adriane BPM, Elizete FR, Maria LM. 1998. High intensity pulsed electric field for pasteurization of liquid eggs utilizing *Staphylococcus aureus* as a process indicator. B. Ceppa. Curitiba. 16: 139-148.
- Elisa L, Ignacio A, Javier R. 2013. Improving the pressing extraction of polyphenols of orange peel by pulsed electric fields. Innov. Food Sci. Emerg. 17: 79-84.
- Heinz V, Knorr D. 2000. Effect of pH, ethanol and high hydrostatic pressure on the inactivation of *Bacillus subtilis* by pulsed electric fields. Innov. Food Sci. Emerg. 1: 151-159.
- Hong SI. 2000. Sterilization technology of food by High pressure treatment. Food Sci. Ind. 33: 36-49.
- Isabel OS, Ingrid AA, Robert SF, Olga MB. 2013. Pulsed electric fields processing effects on quality and health-related constituents of plant-based foods. Trend Food Sci. Technol. 29: 98-107.
- Jeong JW, Park KJ, Kim MH, Kim DS. 2006. Changes in quality of spray dried and freeze-dried Takju powder during storage. Korean J. Food Sci. Technol. 28: 513-520.
- Kim BC, Kim BR, Kim AJ, Shin JK. 2012. A study of quality and shelf-life of Korean traditional turbid rice wine (Takju) by batch intense pulsed light. Food Eng. Prog. 16: 58-63.
- Kim SH. 1971. Preservation method of bottled Yakju and Takju. Korea Patent 10-1971-0001136.
- Koh CM, Choi TH, Lew J. 1973. Microbiological studies on the Takju brewing: The Korean local wine. Korean J. Microbiol. 11: 167-174.
- Kwon YH, Lee AR, Kim JH, Kim HR, Ahn BH. 2012. Changes of physicochemical properties and microbial during storage of commercial *Makgeolli*. Korean J. Mycol. 40: 210-214.
- Lee CH, Lee HD, Kim JY, Kim KM. 1989. Sensory quality attributes of Takju and their changes during pasteurization. Korean J. Diet. Cult. 4: 405-401.
- Lee CH, Tae WT, Kim GM, Lee HD. 1991. Studies on the pasteurization conditions of Takju during storage by honey comb type-UV sterilizer. Korean J. Food Sci. Technol. 41: 652-656.
- Lee JS, Lee Tae. 1970. Studies on the microflora of Takju brewing. J. Microbiol. 8: 116-133.
- Lee JW, Shim JY. 2010. Quality characteristics of *Makgeolli* during freezing storage. Food Eng. Prog. 14: 328-334.
- Magnus G, Hannes H. 2005. Effect of high intensity electric field pulses on solid foods. In: Emerging Technology for Food Processing. Sun DW (ed). Academic press, San Diego, CA, USA, pp 141-153.
- Min JH, Baek SY, Lee JS, Kim HK. 2011. Changes of yeasts and bacterial flora during the storage of Korean traditional *Makgeolli*. Korean J. Mycol. 39: 151-153.
- Mohammad FT, Catherine B, Eugene V, Alain B. 2012. Continuous pulsed electric field treatment of French cider apple and juice expression on the pilot scale belt press. Innov. Food Sci. Emerg. 14: 61-69.
- Mornfort S, Saldana G, Condon S, Raso J. 2012. Inactivation of *Salmonella* spp. in liquid whole egg using pulsed electric fields, heat and additives. Food Microbiol. 30: 393-399.
- Nam JY, Kim JH, Lee JW, Kim JK. 2010. Growth-inhibitory effect of the sun-dried salts and gamma rays on microorganisms isolated from Korean traditional raw rice wine. Korean J. Environ. Biol. 28: 218-222.
- Ribeiro MW, Gonzalez OR, Jayaram SH, Griffiths MW. 2011. Processing temperature, alcohol and carbonation levels and their impact on pulsed electric fields (PEF) mitigation of selected characteristics microorganisms in beer. Food Res. Intl. 44: 2524-2533.
- Shin JK, Ha KY, Pyun YR, Choi MS, Chung MS. 2007. Pasteurization of carrot juice by high voltage pulsed electric fields with square wave pulse and quality change during storage. Korean J. Food Sci. Technol. 39: 506-415.
- Shin JK, Kwon OY, Park MW, Son SM. 2012. Effect of high intensity pulsed light treatment conditions on inactivation of pathogens. Food Eng. Prog. 16: 393-398.
- Shin JK, YR Pyun. 2000. Sterilization of food by high voltage pulsed electric field treatment. Food Sci. Ind. 33: 27-35.
- Shin JK. 2000. Inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* by high voltage pulsed electric fields. MS thesis, Yonsei University, Seoul, Korea.
- Shin JK. 2008. The effect of operation parameters on inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* by high voltage pulsed electric fields. Food Eng. Prog. 12: 90-97.
- Shin JK. 2010. Development of special food by irradiation technology. Food Stor. Proc. Ind. 9: 65-69.
- Shin YD. 1970. A studies on the microflora changes during Takju brewing. MS Thesis, Seoul National University, Seoul, Korea.
- Son SM, Shin JK. 2008. The effect of environmental factors on inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* by high voltage pulsed electric fields. Food Eng. Prog. 12: 154-162.
- Yang JY, Lee KH. 1996. Shelf-life and microbiological study of Sansung Takju. Korean J. Food Sci. Technol. 28: 779-785.