

## 회분식 고강도 광원 처리에 의한 막걸리 효모의 살균

김보라<sup>1</sup> · 김애진<sup>2</sup> · 홍희정<sup>3</sup> · 신정규<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>전주대학교 식품산업연구소, <sup>2</sup>샘표식품(주), <sup>3</sup>전주대학교 전통식품산업학과, 전주대학교 한식조리학과

### Sterilization of Yeast Isolated from *Makgeolli* by Intense Pulsed Light Treatment in Batch System

Bora Kim<sup>1</sup>, Ae-Jin Kim<sup>2</sup>, Hee-Jung Hong<sup>3</sup>, and Jung-Kue Shin<sup>1\*</sup>

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

<sup>2</sup>Sempio Foods Company

<sup>3</sup>Department of Traditional Food Industry, Graduate School, JeonJu University  
Department of Korean Cuisine, JeonJu University

#### Abstract

Intense pulsed light (IPL) treatment is one of the emerging non-thermal techniques being investigated as an alternative to conventional thermal treatment because it has been proven to be effective for microbial inactivation in air, water, and foods. The aim of this study was to evaluate the possibility of using IPL treatment for the effective inactivation of isolated yeast in *makgeolli*. The key parameters of intense pulsed light are light intensity (input voltage), treatment time, frequency of pulse, and depth of sample. The results show that there is a significant reduction of population along with an increase of light intensity and IPL treatment duration. The highest level of inactivation achieved in this study was approximately a 7 log CFU/mL reduction. In addition, the inactivation rates of yeast cells decrease with increasing initial cell population and depth of samples. But pulse frequency did not affect the inactivation of yeast. Temperature was not changed during IPL treatment.

**Key words:** intense pulse light (IPL) treatment, *makgeolli*, yeast, non-thermal sterilization

## 서 론

소비자들의 식품에 대한 요구가 다양해지면서 기존에 판매되던 가공식품의 패턴을 벗어나 신선식품, 자연식품 등의 다양한 형태의 식품들이 출시되고 있다. 그러나 이러한 식품들은 식품산업에서 전통적으로 사용해 왔던 가열살균 방식에 의해서는 살균을 할 수 없어 안전한 식품의 생산을 위해서는 가열살균을 대체할 수 있는 방법이 필요하다. 따라서 식품산업에서 가열살균을 대체하면서 품질의 특성 변화를 최소화하며 미생물을 제어할 수 있는 신기술들이 연구되고 있다(Kim et al., 2012). 현재까지 연구되고 있는 비가열 기술로는 초고압(high hydrostatic pressure, HHP), 고전압 펄스 전기장(high voltage pulsed electric fields, PEf), 광펄스(intense pulsed light, IPL), 초음파, 저온 플라

즈마, 고전압 아크 방전, 이온화조사, 진동자기장 등이 있다(Cho et al., 1996; Shin et al., 2010a,b).

광펄스 기술은 자외선(ultraviolet) 영역부터 근적외선(near infrared) 영역까지의 넓은 범위의 빛을 짧은 시간 조사하여 식품 표면이나 액상 식품을 살균하는 기술로서 주로 채소, 과일, 분말식품, 생선, 유아식품 등 고체식품이나 반고체 식품 등에 적용하는 연구가 이루어져 있다. 광펄스 기술의 살균 기작은 UV영역, 특히 UV-C영역의 파장에 의한 DNA의 손상, 돌연변이의 유발 등의 유전학적 변이나 광화학적(photochemical) 영향에 의한 것(Marquenie et al., 2002; Chun et al., 2010; Schenk et al., 2011)으로 pyrimidine dimers의 형성에 의한 세포 복제의 저해(Bolton et al., 2003), photoproduct의 형성에 의한 single strand와 double strand의 파괴, cyclobutane dimer의 형성 등(Slieman et al., 2000)에 의한 것과 광에너지가 식품 표면에 전달되어 표면에 존재하는 미생물이 열을 흡수하여 열적 사멸을 일으킨다는 광열(photothermal)효과 등의 보고(Hiramoto, 1984; Dunn et al., 1989; Wekhof, 2000; Wekhof et al., 2001)가 있으며, 최근 들어서는 열적 효과나 유전적 변이가 아닌 비열적 효과 또는 강한 빛에 의한 물리적 충격에 의한 살균 기작(Cheigh

\*Corresponding author: Jung-Kue Shin, Department of Korean Cuisine, College of Culture and Tourism, JeonJu University, 303 Cheonjam-ro, Wansan-gu, JeonJu 560-759, Republic of Korea  
Tel: +82-63-220-3081; Fax: +82-63-220-3264  
E-mail: sorilove@jj.ac.kr  
Received March 1, 2013; revised April 27, 2013; accepted May 7, 2013

et al., 2012; Chen et al., 2011) 등이 보고되고 있으나 어느 하나의 기작에 의해 사멸을 일으키기 보다는 이러한 효과들이 모두 복합적으로 작용하여 사멸효과를 나타내는 것으로 보인다(Shin et al., 2010b).

최근 막걸리에 대한 선호도가 과거에 비해 크게 증가하면서 막걸리 시장이 크게 성장하였다. 또한 한식 세계화의 흐름에 따라 해외에서도 한국의 전통주인 막걸리에 대한 소비가 함께 성장하고 있다(MIFAFF, 2011). 그러나 막걸리는 유통저장 중 잔존하는 당류가 미생물에 의하여 계속적으로 발효되어 단맛이 손실되고 상대적으로 신맛과 쓴맛이 증가하여 품질의 균일화가 어려우며(Lee et al., 2010a), 저장 중 탁주에서 나타나는 다양한 이화학적, 미생물학적 변화에 의해서 주질에 대한 특이 냄새 발생 및 그에 따른 청량감 감소와 더불어 침전현상이 나타난다(Lee et al., 2010b). 그리고 잡균이나 초산균에 의해 부패나 산패되기 쉽기 때문에 보존성 향상을 위하여 열처리 공정을 해왔으나 쓴 맛의 발현, 열에 의한 성분 파괴 및 변성, 강한 가열취의 생성, 변색 및 층분리 등의 물리적 성상 변화를 초래하여 상품성을 저하시키는 문제점이 있었다(Jeong et al., 2006; Lee et al., 1991). 이러한 문제점을 해결하기 위해서 자외선을 이용한 탁주의 변이주 육성(Kim et al., 1975), 저온 살균법의 활용(Lee et al., 1991) 등의 여러 방법이 시도되었으나 아직까지 탁주의 유통저장시 발생하는 문제점을 해결하기 위한 연구는 부족한 실정이다.

본 연구에서는 UV 영역이 배제된 고강도의 광원을 사용하여 막걸리에서 분리한 효모에 대한 살균 효과를 실험하여 고찰하고 막걸리의 새로운 살균 방법으로 적용하기 위한 기초자료로서 활용하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 사용균주 및 배양조건

본 연구에 사용된 효모(*Saccharomyces cerevisiae*) 균주는 시중에 판매되고 있는 막걸리로부터 순수분리하여 사용을 하였다. 분리된 균주는 pH를  $3.5 \pm 0.2$ 로 맞춘 potato dextrose agar(PDA, Difco Laboratories, Detroit, MI, USA)에 2주에 한번 계대배양하여 4°C의 냉장고에 보관하면서 사용하였다. 실험 균주의 생리적 상태를 동일하게 유지하기 위하여 접종균은 균주 보관용 평판배지로부터 2-3 백균이를 YM broth 50 mL가 들어있는 100 mL 삼각 플라스크에 접종한 후 30°C에서 24 시간 전배양하였다. 전배양액 1 mL를 취하여 50 mL YM broth가 들어 있는 100 mL 삼각 플라스크에 접종하여 같은 온도에서 13 시간 배양하여 대수 증식기 후반의 균주를 실험에 사용하였다. 배양한 배양액은 4°C에서 4000 rpm으로 원심분리(Gyro 406G, Gtrozen, Daejeon, Korea)하여 살균 증류수 및 완충 용액에 각각 1 회 세척한 후 현탁하여 사용하였다. 이 때 최종 균체 농도는

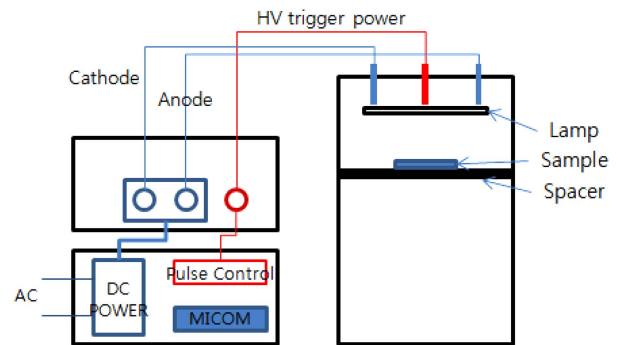


Fig. 1. Schematic diagram of intense pulsed light system.

$2.0 \times 10^6$ - $3.0 \times 10^6$  CFU/mL 수준이었으며, 본 실험에 사용된 모든 균 시료액은 같은 방법으로 매번 새로이 배양한 것을 사용하였다.

### 광펄스 처리장치 및 균주 처리

본 연구에 사용된 고강도 광원 처리 장치(광펄스 처리장치)는 전원 공급부, 펄스 발생기, 램프 그리고 처리용기 등으로 구성되어 있다. 전원 공급부는 일반 상용 전원을 사용할 수 있도록 구성하여 AC 220 V, 50/60 Hz의 단상의 전원을 사용하였으며, 소비전력은 1.2 kW로 설계되었다. 출력부는 DC 전원으로 0-1200 V의 상시 전압을 출력할 수 있도록 하였으며, 전류는 안전을 고려하여 1 A 미만이 되도록 하였다. 사용가능한 주파수(frequency)는 1-50 Hz로 제작되었으며, 1 회 작동할 수 있는 시간은 최대 60 분으로 하여 장치에 무리가 가지 않도록 하였다. 처리용기는 광원과 처리 시료간의 거리를 조정할 수 있도록 칸을 나누어 spacer를 활용하도록 하였다(Fig. 1). 사용된 광원은 Xenon XAP series의 flash 램프(NL 4006, Heraeus Noblelight, Cambridge, UK)로 무수한 xenon 가스로 충전되어 있어 램프로부터 빛을 이끌어내기 위해서는 xenon 가스를 여기시켜 플라즈마를 형성시켜야한다. Xenon 가스를 여기시키기 위한 triggering 최소 전압은 16 kV이며, 상시적으로 600-1200 V의 전압이 공급되어야 한다. 그리고 Xenon Lamp에서 발생하는 파장의 스펙트럼은 UV 영역의 파장을 제외하고 300-600 nm의 가시광선 영역에서 강한 빛을 발생하도록 설계되었다(Fig. 2).

막걸리 효모의 처리는 균체가 도달된 평판배지를 전압 500-1000 V, 평판배지와 램프사이의 거리 6.0-9.7 cm, 주파수 3-10 pps의 범위에서 광펄스 처리를 하였으며, 처리시간은 10-120 초사이에서 임의의 시간을 선택하여 처리하였다.

단 시료 깊이에 따른 사멸효과의 실험에서는 막걸리 효모를 대수 증식기 후반까지 배양한 후 4000 rpm에서 10분간 원심분리한 후 0.85% 생리식염수에 재현탁하고 초기균수를 약  $10^7$  CFU/mL로 맞춘 후 평판에 시료의 깊이를 2-7 mm로 달리하여 1000 V, 5 pps, 120 초간 처리하였다.

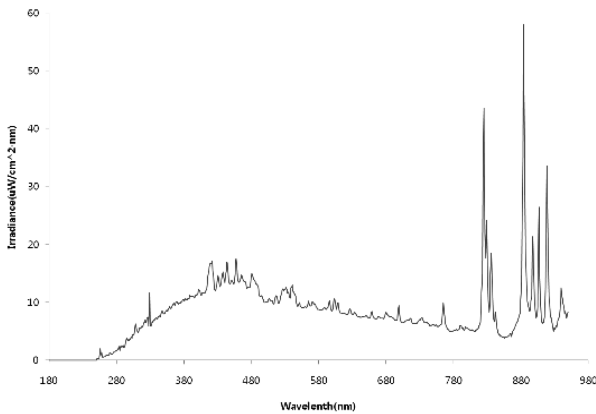


Fig. 2. Energy density profile of Xenon lamp by intensity pulsed light system.

광펄스 처리 시 시료의 표면온도나 시료액의 온도변화를 알아보기 위하여 data logger(GL200, Graphtec Co., Yokohama, Japan)를 이용하여 온도를 측정하였다.

생균수의 측정

YM 배지에서 배양한 막걸리 효모를 PDA 평판배지에 도말하고 균주가 도말된 평판 배지를 광펄스 처리한 후 30°C에서 48 시간 배양하여 평판배지에 형성된 균락수를 계수하였다. 균락수는 30-300 개 사이의 것을 계수하였으며 CFU/mL로 나타내었다. 광펄스 처리에 따른 균체의 생존율은 초기 균수(N<sub>0</sub>)에 대한 처리 후 생균수(N)의 비율로 표시하였으며, 모든 실험은 각 시료당 3 회 반복 실험하여 측정하였다.

결과 및 고찰

빛의 세기와 처리 시간에 따른 사멸 효과

광펄스 처리가 막걸리 효모의 불활성화에 미치는 효과를 살펴보기 위하여 frequency를 5 pps로 고정하고 빛의 세기(전압의 세기)와 처리시간을 변화시키면서 효모를 광펄스 처리하였다. 빛의 세기를 500, 650, 800, 1000 V로 변화시키면서 처리 시간에 따른 사멸 효과를 살펴 본 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 전원 공급 장치에서 광원에 공급하는 전압의 세기가 클수록 광원에서 나오는 빛의 세기는 강해진다. 1000 V에서 막걸리 효모는 50 sec 후 모든 균이 사멸하는 효과를 보였으며, 800 V에서는 모든 균이 사멸하는데 100 sec의 시간이 걸렸다, 그러나 상대적으로 약한 빛을 발생시키는 650 V에서는 120 sec 처리 후에 3.6 log CFU/mL, 500 V에서는 0.3 log CFU/mL만의 사멸 효과를 보였다. 본 실험의 빛의 세기와 처리시간에 따른 사멸 곡선을 보면 500 V를 제외하면 처리 시작부터 균이 사멸하기 시작하여 직선적으로 사멸이 이루어져 임계 처리시간이나 tailing 현

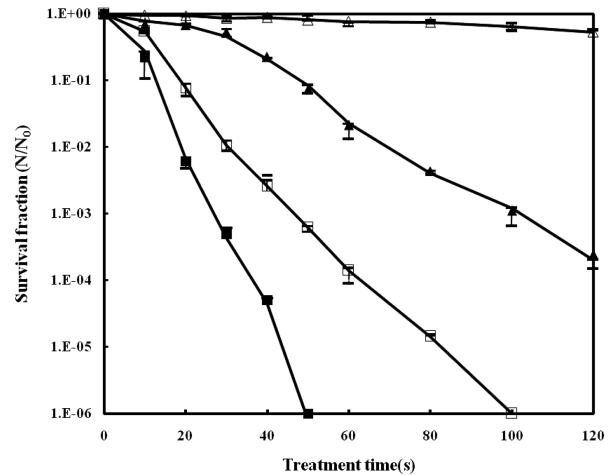


Fig. 3. Effect of light intensity (intensity of voltage) on survival fraction of isolated yeast from *Makgeolli*.  $\Delta$  500 V ( $R^2 = 0.9551$ )  $\blacktriangle$  650 V ( $R^2 = 0.9716$ ),  $\square$  800 V ( $R^2 = 0.9944$ )  $\blacksquare$  1000 V ( $R^2 = 0.9868$ ).

상이 나타나지 않아 광펄스 살균이 tailing이 없다는 기존의 연구 보고(Kirshnamurthy et al., 2004; Otaki et al., 2003; Wang et al., 2005)와 일치하는 결과를 보였다.

가열살균에서 D 값은 온도에 따른 함수로서 표현되는데 광펄스 살균에서는 가열살균의 온도에 해당하는 변수를 빛의 세기로 볼 수 있다. 따라서 빛의 세기와 처리 시간에 의한 사멸 곡선에서 직선부분을 취하여 막걸리 효모의 D 값을 계산한 결과를 Table 1에 나타내었다. 계산된 D값을 보면 막걸리 효모는 1000 V에서는 8.2 sec, 800 V에서는 15.8 sec, 650 V에서는 30.7 sec로 전압의 세기가 커질수록 D 값은 작아지는 것으로 타나났으며, 500 V에서는 D 값이 487 sec로 살균 효과가 거의 없는 것으로 나타났다.

Frequency에 따른 사멸 효과

Frequency가 막걸리 효모의 사멸에 미치는 영향을 알아보기 위하여 빛의 세기는 1000 V로 고정하고 frequency를 3, 5, 7, 10 pps로 변화시켜 광펄스 처리를 하였다. Fig. 4에 처리 시간에 따른 frequency별 사멸율을 나타내었다. Luksiene et al.(2007)의 frequency에 따른 미생물의 사멸 효과를 보면 같은 시간내에서는 광펄스 처리를 하였을 경우 frequency가 높을수록 높은 사멸 효과가 나타나지만 실제 평판배지에

Table 1. Effect of intense pulsed light on DIPL value of isolated yeast.

Voltage	Death rate (s <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>
500 V	478.50	0.9551
650 V	30.74	0.9716
800 V	15.80	0.9944
1000 V	8.23	0.9868

\* Treatment condition : 500-1000 V, 5 Hz, 10-120 s

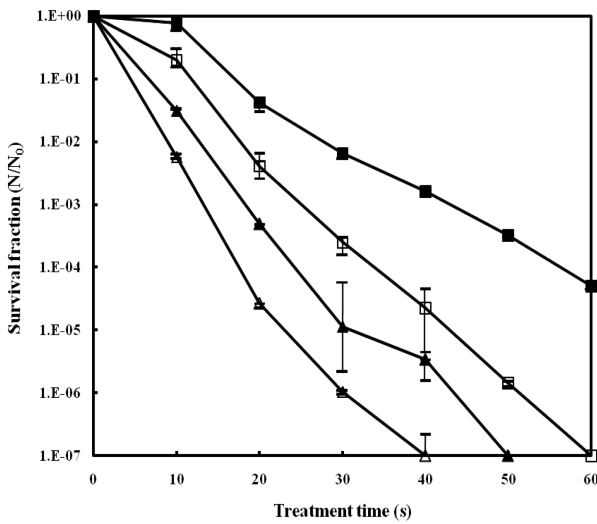


Fig. 4. Effect of frequency on survival fraction of isolated yeast from *Makgeolli*.

■ 3 pps □ 5 pps ▲ 7 pps △ 10 pps

조사된 에너지적 측면에서 본다면 frequency는 미생물의 사멸에 큰 효과가 없다고 보고하였다. 본 실험 결과에서도 1000 V의 같은 빛의 세기에서 막걸리 효모를 처리하였을 경우 같은 시간에서는 frequency가 증가할수록 사멸율이 증가하였다. 그러나 실제 평판배지에 조사된 에너지적 측면에서 본다면 펄스당 에너지가 같기 때문에 ‘frequency×처리시간’으로 동일한 에너지 조사량에서 살균율을 본다면 3 pps, 30 sec; 5 pps 20 sec; 10 pps, 10 sec에서의 막걸리 효모의 사멸율이 약 2-2.2 log CFU/mL로 거의 같게 나타나 frequency는 미생물의 사멸에는 영향을 주지 않고 조사한 에너지에 따라 사멸율이 영향을 받는다는 것을 알 수 있다.

초기 균체 농도에 따른 사멸효과

균체의 초기 농도에 따른 광펄스 처리의 사멸 효과를 알아보기 위하여 막걸리 효모의 초기 균체량을 10<sup>4</sup>, 10<sup>5</sup>, 10<sup>6</sup>, 10<sup>7</sup> CFU/mL으로 조정하여 1000 V, 5 pps의 조건하에서 광펄스 처리를 하였다. Fig. 5에서 보는 바와 같이 초기 균체 농도가 10<sup>7</sup> CFU/mL일 때는 120 sec 처리 후 약 3.7 log

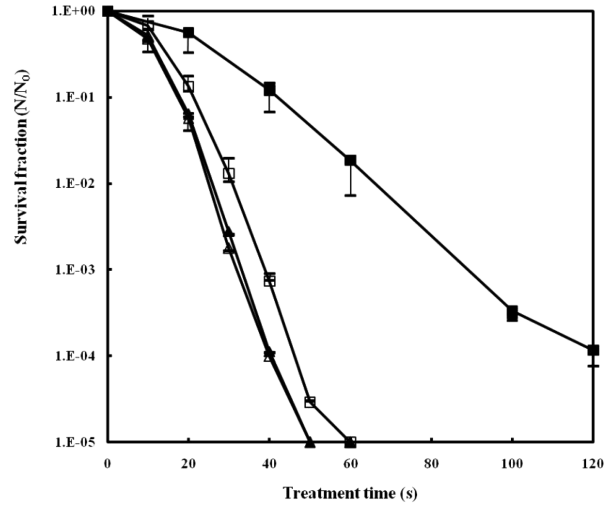


Fig. 5. Influence of initial cell concentration on the inactivation of isolated yeast from *Makgeolli* by intense pulsed light.

△ 10<sup>4</sup> ▲ 10<sup>5</sup> □ 10<sup>6</sup> ■ 10<sup>7</sup>

CFU/mL의 사멸정도를 보였으나 10<sup>6</sup> CFU/mL에서는 60 sec 처리 후에 5 log CFU/mL이상의 사멸 효과를 나타내었다. 10<sup>6</sup>, 10<sup>5</sup>, 10<sup>4</sup> CFU/mL에서는 초기 균체 농도가 낮을수록 사멸효과가 커지는 것을 알 수 있으나 그 차이는 크지 않았다. 이처럼 균체 초기 농도에 따라 사멸 효과에 있어서 차이가 있는 것은 미생물의 높은 균체량에 의한 그림자 효과(shadow effect)(Gomez-Lopez et al., 2005)에 의한 것과 처리 시료의 빛의 투과도의 차이에 따른 것으로 보인다. 실제로 Table 2에서 보는 바와 같이 초기 균체량과 시료의 빛의 투과도를 보면 균체량이 낮아짐에 따라 투과도가 높아지고 투과도가 높아짐에 따라 사멸 속도가 증가하는 것을 알 수 있다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 실제 식품을 광펄스 처리할 경우 탁도가 높은 시료를 처리할 때는 광펄스 처리만으로는 높은 살균력을 얻기 힘들 것으로 판단된다.

시료의 깊이에 따른 사멸효과와 온도변화

광펄스 살균은 광원에서 발생되는 강한 빛을 피사체에 조사하기 때문에 액상 시료일 경우에는 시료의 깊이가 미

Table 2. Transparency and death rate of isolated yeast at different initial cell concentration by intense pulsed light.

Initial cell concentration (CFU/mL)	Transparency <sup>a</sup>		Death rate(s <sup>-1</sup> ) <sup>d</sup>	R <sup>2d</sup>
	control <sup>b</sup>	IPL-treated <sup>c</sup>		
10 <sup>4</sup>	99.96	99.98	9.84	0.9499
10 <sup>5</sup>	95.82	99.98	10.90	0.9231
10 <sup>6</sup>	50.01	62.29	10.75	0.9465
10 <sup>7</sup>	3.91	4.00	28.16	0.9839

<sup>a</sup>Transparency measured at 660 nm

<sup>b</sup> Untreated

<sup>c</sup> These samples were measured after IPL treatment at 1000 V for 40 s

<sup>d</sup> Treatment condition : 1000 V, 5 Hz, 0-120 s

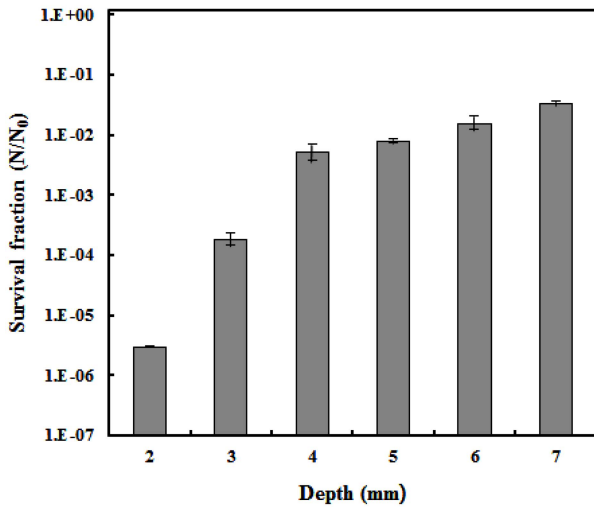


Fig. 6. The effect of the depth on survival ratio of isolated yeast from *Makgeolli* by intense pulsed light treatment at 1000 V for 120 s.

생물의 사멸에 큰 영향을 미친다. 따라서 본 실험에서는 시료의 깊이가 실제 미생물의 사멸에 미치는 영향을 알아보기 위하여 빛의 세기 1000 V, frequency 5 pps에서 시료의 깊이를 2-7 mm로 변화시키면서 사멸율을 알아보았다. Fig. 6에서 보는 바와 같이 시료의 깊이가 낮을수록 사멸율은 증가하였으며, 시료의 깊이가 4 mm가 넘어가면 사멸율의 변화를 보이지 않았다. 시료의 깊이가 2 mm일 경우에는 약 5.5 log CFU/mL의 높은 사멸율을 나타내었으며, 3, 4 mm의 경우에는 각각 3.7 log, 3 log CFU/mL의 사멸율을 나타내었다. 그러나 5, 6, 7 mm의 경우에는 각각 2.1, 1.8, 1.5 log CFU/mL로 사멸율이 큰 차이가 없었다. Keyser et al.(2008)은 자외선에 의한 액상 식품의 처리 시 빛의 흡수의 90 %가 1 mm 깊이 이내에서 일어난다고 보고하였으며, 이는 액체의 불투명도나 점도 등에 따라 다를 수 있으나 일정 깊이 이상부터는 빛에 의한 사멸효과는 감소한다는 것을 알 수 있다. 본 실험에 사용된 광원의 경우 자외선에 비해 강한 고강도의 광원을 사용하였기 때문에 자외선보다는 높은 침투깊이를 보였지만 5 mm 이상의 깊이에서는 사멸효과가 크게 감소하는 것을 알 수 있었다. 따라서 광펄스 처리 시 시료의 깊이는 5 mm 이내로 하여 처리하는 것이 효과적이라 생각된다. 그리고 대량의 시료 처리나 실제 공정의 적용을 위해서는 지름이 5 mm를 넘지 않는 pipe를 honeycomb 방식(Lee et al., 2009)의 line을 고려하여 적용하는 것이 좋을 것으로 보인다.

회분식 처리 용기인 평판 용기에 액상 시료를 담고 광원과 시료의 거리를 7.9 cm로 하여 시료의 깊이에 따른 온도 변화를 측정하였다. 온도의 변화는 Fig. 7에서 보는 바와 같이 초기의 온도와 처리시간이 증가하면서 온도의 변화가 거의 없었으며 시료의 깊이에 따라서도 차이를 보이지 않

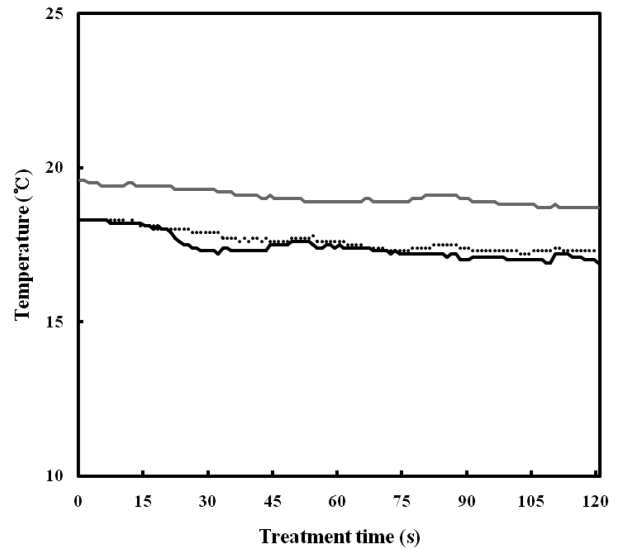


Fig. 7. Temperature profile on liquid samples of various depth during intense pulsed light treatment.  
— 2 mm ····· 3 mm ——— 4 mm

았다. Krishnamurthy et al.(2007)은 UV 펄스로 우유를 연속적으로 처리하였을 경우 우유의 온도가 38°C까지 상승하였으며, 우유가 처리 용기에 체류하는 시간(residence time)이 길수록, 광원과 시료사이의 거리가 가까울수록 온도 상승이 컸다고 보고하였다. 반면에 Rowan et al.(1999)은 광펄스 조사에 의한 처리 시 식품의 온도 상승은 1°C 미만으로 실제 온도변화에 영향을 미치지 않는 것으로 보고하였다. 본 실험에서는 2분간의 처리 시간동안 온도의 변화는 2°C미만의 온도변화를 보여 본 연구에 사용된 광원은 시료의 온도상승에 영향을 미치지 않은 것으로 판단된다.

## 요 약

UV 파장이 차단된 고강도 광원을 활용한 광펄스 시스템을 이용하여 막걸리로부터 분리한 효모의 살균 효과에 대하여 연구하였다. 광펄스 처리의 주요 변수인 빛의 세기와 처리시간 그리고 frequency에 따른 효모의 사멸 효과를 살펴 본 결과 광원의 빛의 세기(전압의 세기)가 높아질수록 그리고 처리시간이 길어질수록 높은 사멸율을 나타내어 1000 V, 50 sec 처리 후 모든 균(약 7 log CFU/mL)이 사멸하였으며, 처리시간에 따라 직선적으로 사멸하는 경향을 보였다. 일정한 빛의 세기와 처리시간에서는 frequency가 증가할수록 사멸 효과가 증가하였지만 실제 처리시간(처리시간×펄스수)이 같으면 frequency에 상관없이 같은 사멸효과를 보여 frequency에 따른 사멸율의 영향은 없었다. 시료내에 초기 균수 농도가 높을수록 투명도의 감소에 의해 광원의 투과력이 떨어져 사멸효과는 감소하였으며, 시료의 깊이가 증가할수록 사멸효과는 감소하여 시료의 깊이가 5 mm이상일

경우 사멸효과가 급격히 떨어졌다. 광펄스 처리 중 시료의 온도는 변화가 없었다. 이상의 결과로 미루어 볼 때 광펄스 처리가 실제 공정에 적용될 경우 온도의 변화없이 시료 내의 미생물을 사멸하는데 효과는 있으나 이를 위해서는 시료의 탁도와 초기균수 그리고 깊이를 고려하여 설계되어야 할 것으로 보인다.

## 감사의 글

본 연구는 농림수산기술개발사업(고부가가치 식품개발사업)의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

- Bolton JR, Linden KG. 2003. Sterilization of methods for fluence(UV dose) determination in bench-scale UV experiments. *J. Environ. Eng.* 129: 209-215.
- Cheng CI, Park MH, Chung MS, Shin JK, Park YS. 2012. Comparison of intense pulsed light- and ultraviolet (UVC)-induced cell damage in *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157:H7. *Food Control* 25: 654-659.
- Chen Y, Lu A, Li A, Yip HY, An T, Li G, Jin P, Wong PK. 2011. Photocatalytic inactivation of *Escherichia coli* by natural sphalerite suspension: Effect of spectrum, wavelength and intensity of visible light. *Cheosphere* 84: 1276-1281.
- Cho HY, Shin JK, Pyun YR. 1996. Nonthermal processing technology using high voltage pulsed electric fields. *Food Sci. Ind.* 29: 28-35.
- Chun HH, Kim JY, Lee BD, Yu DJ, Song KB, 2010. Effect of UV-C irradiation on the inactivation of inoculated pathogens and quality of chicken breasts during storage. *Food Control* 21: 276-280.
- Dunn JE, Clark RW, Asmus JF, Pearlman JS, Boyer K, Painchaud F. 1989. Methods for preservation of foodstuffs. US patent 4,871,559.
- Gomez-Lopez VM, Devlieghere F, Bonduelle V, Devereux J. 2005. Intense light pulses decontamination of minimally processed vegetables and their shelf-life. *Intl. J. Food Microbiol.* 103: 79-80.
- Hiramoto T. 1984. Method of sterilization, US patent 4,464,336.
- Jeong JW, Park KJ, Kim MH, Kim DS. 2006. Changes in quality of spray dried and freeze-dried Takju powder during storage. *Korean Soc. Food Sci. Technol.* 28: 513-520.
- Keyser M, Muller LA, Cilliers FP, Nel W, Gouws PA. 2008. Ultraviolet radiation as a non-thermal treatment for the inactivation of microorganisms in fruit juice. *Innov. Food Sci. Emerg. Tech.* 9: 348-354.
- 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 CJ, Oh MJ, Kim SY. 1975. Studies on the induction of available mutants of Takju yeast by UV light irradiation. *J. Korean Agri. Chem.* 18: 10-15.
- Krishnamurthy K, Demirci A, Inrudayaraj J. 2004. Inactivation of *Staphylococcus aureus* by pulsed UV-light sterilization. *J. Food Prot.* 67: 1027-1030.
- Lee CH, Tae WT, Kim GM, Lee HD. 1991. Studies on the pasteurization conditions of Takju. *Korean Soc. Food Sci. Technol.* 23: 44-51.
- Lee JW, Jung JJ, Choi EJ, Kang ST. 2009. Changes in quality of UV sterilization Takju during storage by honeycomb type-UV sterilizer. *Korean Soc. Food Sci. Technol.* 41: 652-656.
- Lee JW, Park JW. 2010a. Quality characteristics of *Makgeolli* during freezing storage. *Food Eng. Prog.* 14: 328-334.
- Lee JW, Park JW. 2010b. Quality characteristics of *Makgeolli* during separation storage methods. *Food Eng. Prog.* 14: 346-353.
- Luksiene Z, Gudelis V, Buchovec J, Raudeliuniene J. 2007. Advanced high-power pulsed light device to decontaminate food from pathogens: effects on *Salmonella typhimurium* viability in vitro. *J. Food Microbiol.* 103: 1545-1552.
- Marquenie D, Lammertyn J, Geeraerd AH, Van Impe JF, Nicolai BM, Michiels CW. 2002. Inactivation of conidia of *Botrytis cinerea* and *Monilinia fructigena* using UV-C and heat treatment. *Intl. J. Food Microbiol.* 74: 27-35.
- MIFAFF. Mascom Release Report, MIFAFF, 2011. 07. 05.
- Otaki M, Okuda A, Tajima K, Iwasaki T, Kinoshita S, Ohgaki S. 2003. Inactivation differences of microorganisms by low pressure UV and pulsed xenon lamps. *Water Sci. Technol.* 47: 185-190.
- Rowan NJ, MacGregor SJ, Anderson JG, Fouracre RA, Mellvany L, Farish O. 1999. Pulsed light inactivation of food-related microorganisms. *Appl. Environ. Microbiol.* 65: 1312-1315.
- Schenk M, Raffellini S, Guerrero S, Blaco GA, Alzamora SM. 2011. Inactivation of *Escherichia coli*, *Listeria innocua* and *Saccharomyces cerevisiae* by UV-C light: Study of cell injury by flow cytometry. *LWT-Food Sci. Tech.* 44: 191-198.
- Shin JK, Chung MS, Park YS. 2010a. High intensity pulsed light treatment for preservation and shelf-life extension of seafoods. Ministry for FAFR Research Report, Jeonju University.
- Shin JK, Kim BR, Kim AJ. 2010b. Nonthermal food processing technology using electric power. *Food Sci. Ind.* 43: 21-34.
- Slieman TA, Nicholson WL. 2000. Artificial and solar UV radiation induces strand breaks and cyclobutane dimer in *Bacillus subtilis* spore DNA. *Appl. Environ. Microbiol.* 62: 1977-1983.
- Wang T, MacGregor SJ, Anderson JG, Woolsey GA. 2005. Pulsed ultra-violet inactivation spectrum of *Escherichia coli*. *Water Res.* 39: 2921-2925.
- Wekhof A. 2000. Disinfection with flash lamp. *PDA J. Pharm. Sci. Tech.* 54: 264-276.
- Wekhof A, Trompeter FJ, Franken O. 2001. Pulse UV disintegration (PUVD): A new sterilization mechanism for packaging and broad medical-hospital applications. The 1<sup>st</sup> International conference on ultraviolet technologies, Washington D.C., USA.