

회분식 고강도 광원 처리에 의한 막걸리의 품질 및 저장성에 관한 연구

김병철¹ · 김보라² · 김애진² · 신정규*

¹(주)다손 생명공학연구소, ²전주대학교 전통식품산업학과, *전주대학교 한식조리학과

A Study of Quality and Shelf-life of Korean Traditional Turbid Rice Wine (Takju) by Batch Intense Pulsed Light

Byeong Cheol Kim¹, Bo-Ra Kim², Ae Jin Kim², and Jung-Kue Shin*

¹Dason Biotechnology Research Institute

²Department of Traditional Food Industry, JeonJu University

*Department of Korean Cuisine, JeonJu University

Abstract

Intense pulsed light (IPL) is a new nonthermal sterilization method intended for decontamination of food using short time high frequency pulses of an intense broad spectrum light. The effects of intense pulsed light on the bactericidal and quality attributes of akju during storage were investigated. Initial total viable cells of treated Takju was $1.8-2.7 \times 10^4$ CFU/mL, reducing 1-2 log cycle as compared with those of untreated Takju. When the quality changes of treated Takju were examined during storage at 4°C and 30°C, reducing sugar contents increased in both untreated and treated Takju during storage. However, the pH remained constant or slightly decreased in both samples. Titratable acidity of untreated Takju increased rapidly as the storage time was extended, but that of treated Takju was gradually increased. Viable cells of total bacteria, lactic acid bacteria and yeast were maintained in both samples during storage at 4°C. However, the viable cells of treated Takju were similar to those of untreated Takju after 2 days at 30°C.

Key words: Intense pulsed light(IPL), nonthermal sterilization, Takju, shelf-life, quality change

서 론

최근 막걸리의 붐이 일면서 탁주를 비롯한 다양한 우리 술이 개발 · 재현되고 있고, 새로운 유행을 선도하면서 성별, 연령, 국가를 초월하여 일본을 포함한 해외 여러 나라에서 많은 사람들이 즐기고 있다. 이러한 현상으로 농림수산식품부는 우리나라의 탁주 시장이 연간 3,000 억원 이상의 성장세를 보일 것으로 전망하고 있으며, 지속적인 성장을 통해 1 조원의 시장을 형성할 수 있을 것으로 예측하고 있다(MIFAFF, 2011).

그러나 탁주는 유통 · 저장 중 잔존하는 당류가 미생물에 의하여 계속적으로 발효되어 단맛이 손실되고 상대적으로 신맛과 쓴맛이 증가하여 품질의 균일화가 어렵다(Lee & Park, 2010a). 또한 저장 중에 탁주 속에서 나타나는 다양

한 이화학적, 미생물학적 변화에 의해서 주질에 대한 특이 냄새의 발생 및 그에 따른 청량감 감소와 더불어 고형물의 침전 현상이 나타나게 된다(Lee & Park, 2010b). 또한 잡균이나 초산균에 의해 부패나 산패가 되기 쉽기 때문에 보존성의 향상을 위하여 열처리를 해 왔었으나. 이러한 방법은 쓴 맛의 발현, 열에 의한 성분 파괴 및 변성, 강한 가열취(화독내)의 생성, 변색 및 층 분리등의 물리적 성상 변화를 초래하여 상품성을 저하시키는 문제점을 안고 있다(Lee et al., 1991; Jeong et al., 2006). 이러한 문제점을 해결하기 위하여 자외선을 이용한 탁주의 변이주 육성에 관한 연구(Kim et al., 1975), 저온 살균법에 의한 살균(Lee et al., 1991)등 다양한 살균과 저장성에 대한 연구들이 보고되었거나 진행중이지만 현재 탁주의 저장 · 유통시 발생하는 문제점을 완전하게 해결하기 위한 방법이 제시되지는 못하고 있는 실정이다.

최근에 가열 살균을 대체하면서 품질특성의 변화는 최소화하며 미생물을 제어할 수 있는 다양한 신기술들이 연구되고 있는데, 이러한 것으로 고전압 펄스전기장(pulsed electric field, PEF), 광펄스(intense pulsed light, IPL), 초고압(high hydrostatic pressure, HHP), 초음파(ultrasonification),

*Corresponding author: Jung-Kue Shin, Department of Korean Cuisine, College of Culture and Tourism, JeonJu University, 303 Cheonjam-ro, Wansan-gu, JeonJu, Jeollabuk-do, 560-759, Korea
Tel: +82-63-220-3081; Fax: +82-63-220-3264

E-mail: sorilove@jj.ac.kr

Received February 13, 2012; revised February 20, 2012; accepted February 24, 2012

비가열 플라즈마(cold plasma), 고전압 아크방전(high voltage arc discharge), 이온화 조사(ionizing radiation), 진동자기장(oscillating magnetic field)등이 있다. 이 기술들은 식품의 온도 상승이 거의 없고, 처리시간이 짧으면 연속 처리가 가능하며, 가열처리와 비교하였을 경우 식품의 물리적·화학적 및 영양학적 변화가 적고, 에너지의 소모도 적어 녹색 기술로서 관심을 받고 있다(Cho et al., 1996; Shin et al., 2010a; Shin et al., 2010b).

고강도 광원을 활용한 광펄스 살균은 UV(ultraviolet)부터 근적외선(near infrared)영역까지의 넓은 범위의 빛을 짧은 시간에 식품에 조사하는 기술로서, 주로 야채, 과일, 분말 식품, 생선, 초기유아식품 등 고체식품이나 반고체식품의 표면살균에 적용하는 연구가 주로 이루어지고 있으며, 액체식품에 적용한 예는 매우 한정적으로 이에 대한 연구가 보다 많이 필요한 실정이다.

본 연구는 광펄스에 의해 처리된 탁주의 품질 특성 변화와 저장기간 중의 미생물과 품질 변화에 대한 연구를 통해 광펄스 기술의 막걸리 비가열 살균 방법으로서의 가능성을 보고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에 사용한 막걸리는 시중에서 시판되고 있는 B, K, J, U사의 탁주를 구입한 후 생균수를 측정하여, 생균수와 구입의 용이성을 고려하여 K사에서 생산·판매되고 있는 탁주를 시료로 이용하였다. 사용한 막걸리의 알코올 농도는 6%이며, 국내산 백미 100%로 제조되었고, 유통기한은 10°C이하 냉장 보관시 제조일로부터 30 일이었다. 본 실험에서는 병입일로부터 이틀 이내의 신선한 탁주를 구입하여 사용하였다.

광펄스 처리 장치 및 방법

본 연구에 사용된 고강도 광원 처리 장치(광펄스 처리 장치)는 일반 상용 전원을 사용할 수 있도록 구성하여 AC 220 V, 50/60 Hz의 단상의 전원을 사용하도록 하였으며, 소비전력은 1.2 kW로 설계되었다. 출력부는 DC 전원으로 0-1,200 V의 상시 전압을 출력할 수 있도록 하였으며, 전류는 안전을 고려하여 1 A 미만이 되도록 하였다. 사용 가능한 주파수(frequency, Hz)는 1-50 Hz로 설정하였으며, 1 회 작동할 수 있는 시간은 최대 60 분으로 설정하여 장치에 무리가 가지 않도록 하였다. 회분식 처리에 사용한 처리용기는 광원과 처리 시료간의 거리를 조절할 수 있도록 칸을 나누어 spacer를 활용하도록 하였다. 사용된 광원은 Xenon XAP series의 flash 램프(NL 4006, Heraeus Noblelight, Cambridge, UK)로 Xenon 가스로 충전되어 있어 램프로부

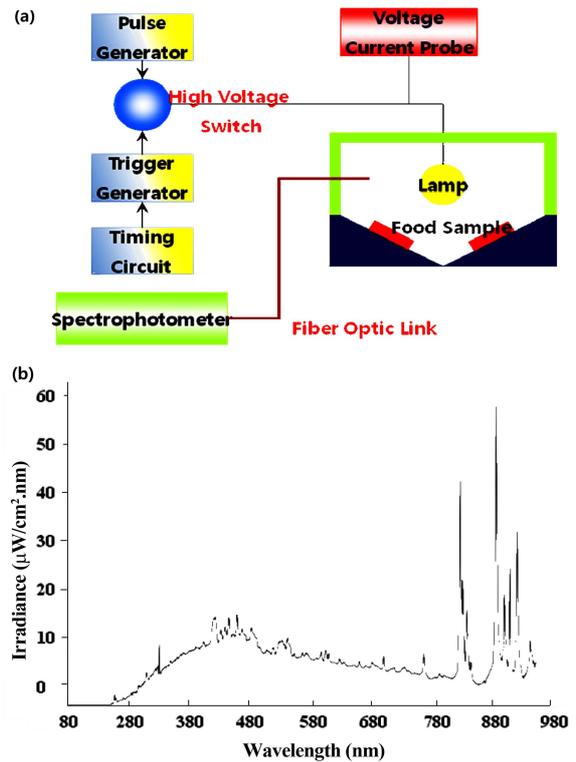


Fig. 1. Schematic diagram (a) and energy density profile of lamp (b) of intense pulsed light system.

터 빛을 이끌어내기 위해서는 Xenon 가스를 여기시켜 플라즈마를 형성시켜야한다. Xenon 가스를 여기시키기 위한 최소 전압은 16 kV이며, 상시적으로 600-1,200 V의 전압이 공급되어야 한다. Xenon 램프에서 발생하는 광원의 파장과 강도와 처리 장치의 전체적인 구성도 Fig. 1과 같다.

시료의 광펄스 처리는 막걸리를 30 mm(diameter)×10 mm (height)의 평판에 시료의 깊이가 3 mm가 되도록 담은 후 덮개를 제거한 상태에서 처리하였으며, 광원으로부터의 거리는 8 cm가 되도록 하였다. 시료를 처리한 조건은 1,000 V, 주파수 5 Hz, 펄스 폭 15 μs, 처리시간은 1-10 분이다.

색도, 당도 및 온도 측정

색도는 quartz cell에 처리 전후의 시료 10 mL를 취하여 색차계(Colorimeter CM-5, Konica Minolta Sensing, Inc., Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였으며, Hunter scale에 의한 L(Lightness), a(redness) 및 b(yellowness)값을 측정하고 아래 식을 사용하여 색차(ΔE)를 계산하였다. 이 때 사용한 표준색판의 값은 L=98.31, a=-1.01, b=2.32이었다.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

당도는 당도계(RA-252H, Kyoto Electronics Mfg, Co.

Ltd., Kyoto, Japan)를 사용하여 측정하였다. 위 실험은 모두 3 번 반복 실험을 하여 자료를 정리하였다.

광펄스 처리 전과 후의 시료의 온도의 변화는 midi datalogger(GL200-UM-851, Graphtec, Santa Ana, CA, USA)를 이용하여 측정하였다.

pH 및 적정산도

pH는 시료 10 mL를 50 mL 삼각 플라스크에 넣고 pH meter(Docu-pH meter, Sartorius AG, Goettingen, Germany)를 이용하여 측정하였다.

적정산도는 시료 10 mL에 1%(v/v) phenolphthalein (Daejung Chemicals & Metals Co., Ltd., Gyonggi, Korea) 지시약을 2-3 방울 떨어뜨린 후 뷰렛을 이용하여 0.1 N(w/v) NaOH 용액으로 시료가 담홍색이 될 때까지 적정(pH 8.8 내외)하였다. 적정 소비량(mL)을 측정 후 다음 식에 의해 시료중의 총산을 lactic acid로 환산하였다.

환원당 함량

환원당은 dinitrosalicylic acid(DNS)법에 의해 측정하였다 (Jaw et al., 2000). 환원당에 의하여 3,5-dinitrosalicylic acid 이 환원되어 생성된 3-amino-5-nitrosalicylic acid의 흡광도를 측정하여 당을 정량분석하는 방법으로 탁주는 시료 농도가 0.1-1.0 mg/mL일 때 최적 흡광도를 나타낸다. 따라서 glucose 표준곡선을 이 범위에서 작성하였다. 시료 1 mL와 DNS 시약 3 mL를 시험관에 넣고 끓는 물에 5 분간 중탕 시킨 후 상온에서 충분히 냉각을 하였다. 냉각한 시료를 분광광도계를 이용하여 546 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 이 때 당정량은 glucose 를 표준물질로 사용하여 위의 방법으로 작성한 glucose 표준곡선으로부터 환산하였다.

생균수의 측정

광펄스 처리하지 않은 시료와 처리한 시료를 4,000 rpm에서 10 분간 원심분리하여 세포를 침전시킨 후 0.85% 멸균 생리식염수로 재현탁하고 원심분리하는 과정을 2 번 반복한

후 단계적 희석을 한 후 일반세균은 plate counter agar (PCA) (Difco, Detroit, MI, USA), 젖산균은 Lactobacilli MRS agar(Difco), 효모는 Potato Dextrose Agar(PDA) (Difco)에 0.1 mL씩 취한 후 각각 도말하여 일반세균과 젖산균은 37°C에서 48 시간 동안, 효모는 30°C에서 48 시간 동안 배양 한 후 집락수가 30-300 CFU가 되는 평판을 계수하여 측정하였다.

결과 및 고찰

광펄스 처리 전후의 품질 변화

Table 1은 광펄스 처리를 하지 않은 탁주와 임의의 조건에서 광펄스 처리한 탁주의 색도와 당도의 변화를 나타낸 것이다. 색도는 hunter scale에 따라 L, a 및 b값으로 나타내었다. 탁주를 광펄스 처리함에 따라 밝기(lightness)는 다소 감소하는 경향을 보였으며, a값도 점차 감소하는 경향을 보였다. 그러나 b값은 L 값이나 a값에 비해 높은 증가를 보였다. 탁주의 a와 b값은 갈변의 정도를 나타내는 것으로 볼 수 있으며, a값은 무처리구에 비해 0.88 감소하였으며, b값은 2.64정도의 증가를 보였는데, 이는 탁주 속의 반응성이 큰 lysine과 같은 아미노산이 당류와 반응하여 갈색물질을 생성하는 amino-carbonyl 반응이 강한 빛에 의해 촉진되어 약간의 갈변현상이 일어나 적색도는 일부 감소하고 황색도는 증가하였기 때문에 보여진다(Kim, 2011). 이전 연구 결과에 따르면 색의 변화가 육안으로 판별이 가능하게 되는 정도의 기준이 각지 다르지만 미국치과의사협회(ADA)에 따르면 DE의 값이 2이상인 경우 색조의 차이가 나타나는 기준값으로 규정해서 사용하고 있다. 따라서 본 연구에서는 DE값이 대조군에 비하여 7 분 이상 광펄스 처리 할 경우 2이상의 DE값을 보여 육안으로 구분할 수 있을 정도의 변화가 있는 것으로 생각된다.

탁주의 초기 당도는 3.67°Bx이었으며, 광펄스 처리를 함에 따라 당도가 조금씩 감소하는 경향을 보였으며, 1,000 V에서 10 분 처리후에는 약 0.57 정도의 감소를 보였지만

Table 1. Changes in color value and sweetness value(°Brix) of Takju by Intense pulsed light.

Treatment time (min)	Hunter values ^a				°Bx	
	L	a	b	ΔE		
Control ^b	101.83±0.00 ^d	0.03±0.00	5.28±0.02	-	3.67±0.06	
Treated ^c	1	101.42±0.01	-0.49±0.28	5.23±0.01	0.66±0.14	3.53±0.12
	3	101.10±0.02	-0.70±0.01	5.90±0.03	1.20±0.01	3.47±0.06
	5	100.94±0.01	-0.79±0.00	6.71±0.01	1.87±0.01	3.37±0.06
	7	100.76±0.01	-0.88±0.01	7.51±0.01	2.64±0.02	3.30±0.10
	10	100.63±0.00	-0.91±0.01	7.92±0.01	3.05±0.00	3.10±0.10

^a L: lightness, a: redness, b: yellowness, ΔE: color difference

^b untreated Takju

^c treatment condition: 1,000 V, 5 Hz, 1-10 min

^d value are mean±standard deviation

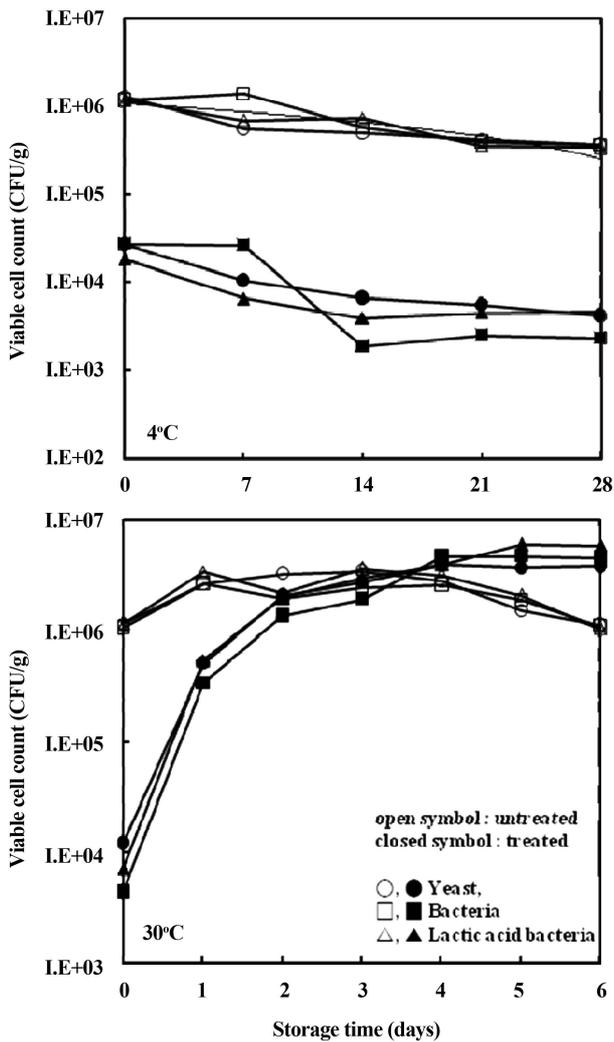


Fig. 2. Viable cell number of untreated and treated takju during storage at 4°C and 30°C.

유의적 차이를 보이지는 않았다.

탁주를 1000 V, 5 Hz에서 10 분 동안 광펄스를 처리하면서 탁주의 온도변화를 측정된 결과, 시료의 온도 상승은 초기온도 16.5°C에서 1°C 미만의 온도변화를 보여 거의 차이가 없는 것으로 나타났다.

생균수의 변화

탁주는 여과를 거치지 않아 물리적 성상이 불균일하고, 유통·저장 중 발효가 계속 진행되어 품질의 균일화에 어려움이 있었으나 최근 탁주의 유통 추세에 하나로서 청주와 같이 맑지는 않지만 탁주의 맛이 살아 있도록 장시간 정치시키거나 처리의 효과를 높이기 위하여 탁주를 여과하여 실험을 하였으며, 여과 후 1 log cycle 정도의 감소를 보였다.

Fig. 2에서 보는 바와 같이 광펄스 처리한 탁주의 생균

수는 처리하지 않은 탁주의 생균수와 비교하여 보았을 때 약 1.8-2 log cycle 정도의 감소를 보였다. 이러한 생균수의 감소는 광펄스의 파장 중 UV 영역의 광화학적 효과(photochemical effect)와 강한 빛에 의한 세포 파괴가 원인인 광물리적 효과(photophysical effect)에 의한 것으로 판단된다(Shin et al., 2010b). 4°C에서 저장 중 탁주의 효모, 세균 및 젖산균수는 광펄스 처리하지 않은 시료가 1.1-1.2×10⁶ CFU/mL 수준에서 저장기간에 따라 약간 감소하는 경향을 보였으며, 이러한 감소의 경향은 Lee & Kim (1995)의 연구에서도 보고된 바 있다. 10 분간 광펄스 처리한 탁주는 1.8-2.7×10⁴ CFU/mL 수준이었으며, 효모는 저장기간에 따라 무처리구와 마찬가지로 약간 감소하는 경향을 보였으나 일정수준을 유지하였다. 그러나 저장 중 탁주의 일반 세균수는 7 일 쯤까지 변화가 거의 없다가 그 이후로 1.2 log cycle 감소하여 효모와 비슷한 생균수의 수준을 유지하였으며, 저장 기간 28 일 까지 큰 변화가 없었다.

무처리 시료와 처리한 시료를 30°C에서 저장하였을 경우 무처리구의 효모, 세균 및 젖산균수는 1.1×10⁶ CFU/mL 수

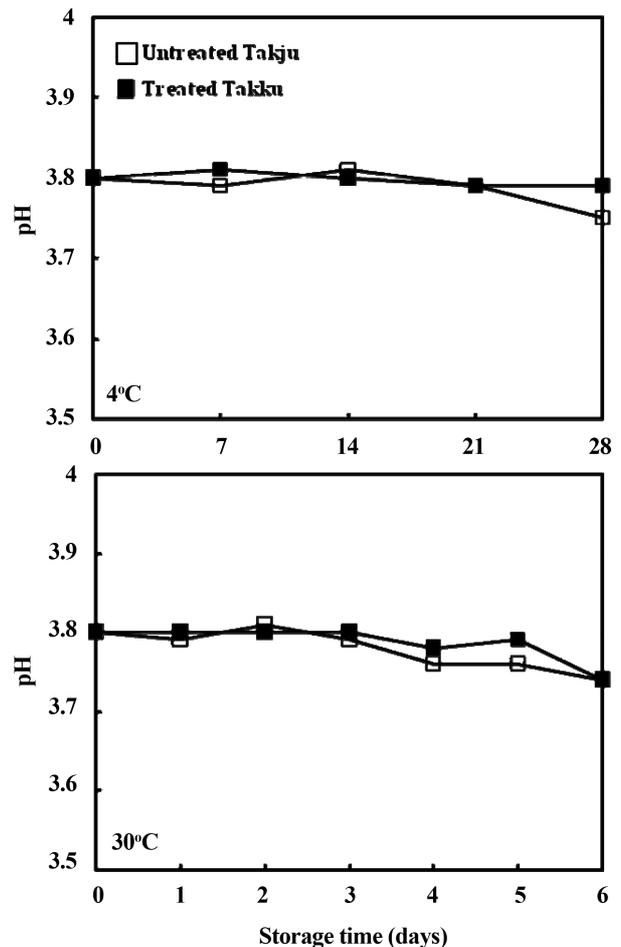


Fig. 3. Changes in pH of untreated and treated Takju during storage at 4°C and 30°C.

준에서 조금 증가하는 경향을 보이거나 거의 일정한 수준을 유지하였으며, 처리구는 초기 균체농도가 효모는 1.2×10^4 CFU/mL, 일반세균은 4.4×10^3 CFU/mL, 일반세균을 포함한 젖산균은 7.1×10^3 CFU/mL이었으며, 모두 급격히 증가하여 2일 째에 무처리구와 유사한 수준이 되었다.

pH 및 적정산도

저장기간동안 탁주의 pH는 Fig. 3와 같이 저장온도에 상관없이 초기 pH 3.80에서 저장기간에 따라 약간 감소하는 경향을 보였으나 그 변화는 크지 않았다. 4°C의 경우에는 저장 3주 후까지는 무처리구와 처리구간에 pH의 차이가 거의 없었으나 4주 후에는 무처리구의 pH가 약간 낮게 나타났다. 그러나 30°C의 경우에는 저장 6일 동안에 두 시료간에 pH의 차이는 거의 나타나지 않았다.

적정산도는 발효 생성물의 정도를 나타내는 지표로서, 주로 당을 발효원으로 하는 각종 미생물의 대사작용에 의해 생성되는 유기산의 농도에 의해 주로 영향을 받는다 (Lee & Kim, 1995). 광펄스 처리 직후에는 적정산도는 무

처리구와 처리구간에 큰 차이는 없었으나, 4°C에서 저장하는 기간 중 7일 째부터 무처리구가 처리구에 비해 약간 높은 적정산도를 나타내었으며, 30°C의 경우에는 저장 2일 째부터 무처리구의 적정산도가 증가하고 4일 이후에는 급격한 증가를 나타내었다. 이러한 적정산도의 증가는 젖산균의 증식에 따른 산의 생성으로 인한 것으로 판단된다. 그러나 광펄스 처리한 시료의 경우에는 4°C에서는 4주간 적정산도의 변화가 거의 없었으며, 30°C에서도 5일 간은 큰 변화가 나타나지 않았고 6일 째부터 증가하는 것으로 나타났다(Fig. 4).

환원당

탁주 중의 환원당은 알코올을 생성하는 기질로서 이용되고 주류의 향기 생성과 감미에 영향을 주는 성분이다(Lee et al., 2009). Fig. 5는 처리구와 무처리구의 시료 저장 중 환원당 함량의 변화를 나타낸 것이다. 무처리구와 처리구 모두 4°C와 30°C에서 환원당의 함량이 감소하는 경향을 보였다. 이러한 환원당의 감소는 탁주 내에 존재하는 미생

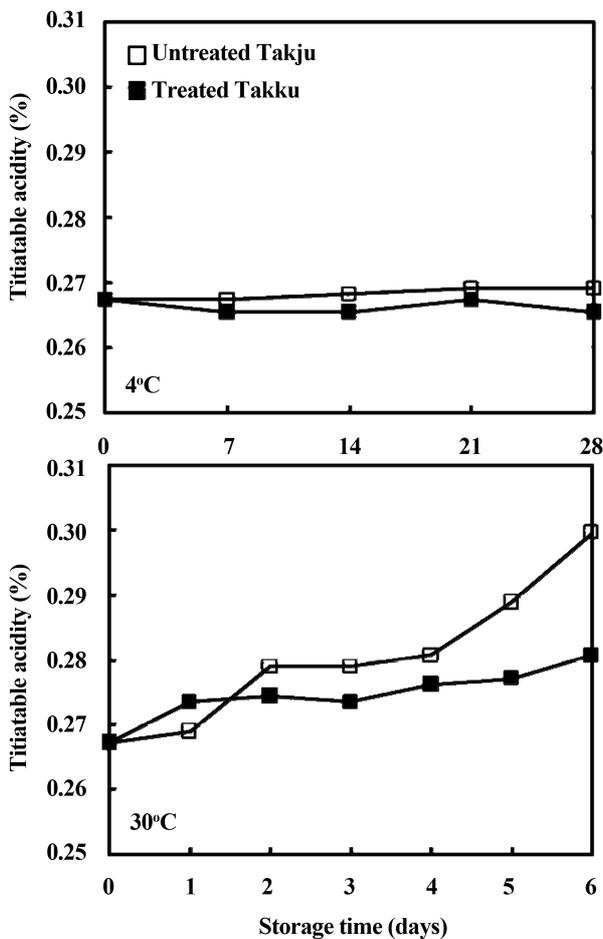


Fig. 4. Changes in titratable acidity of untreated and treated Takju during storage at 4°C and 30°C.

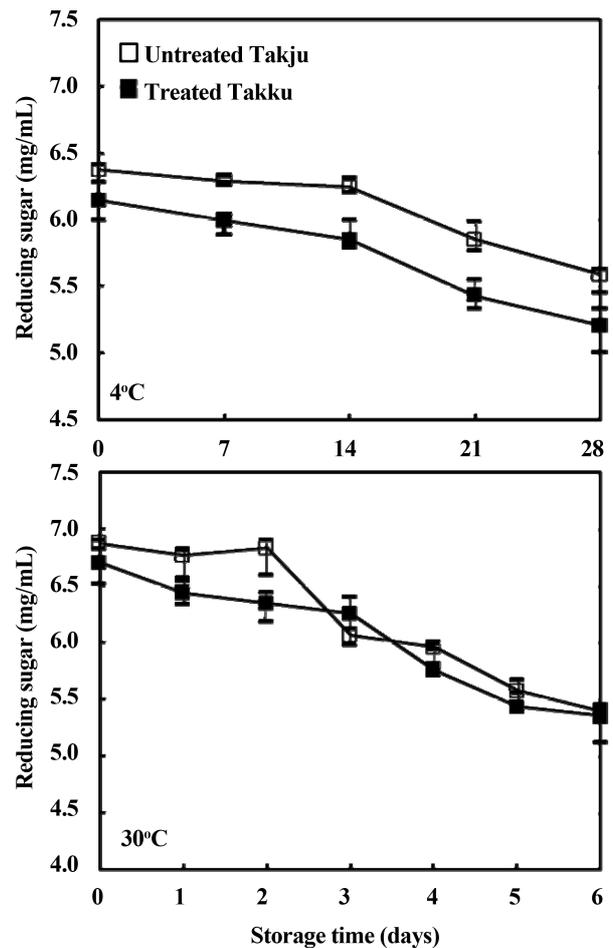


Fig. 5. Changes in reducing sugar of untreated and treated Takju during storage at 4°C and 30°C.

물이 생성하는 α -amylase에 의해서 전분이 분해됨으로써 생성되는 환원당보다 미생물의 영양원으로 이용되는 환원당 함량이 더 많아 전체 환원당 함량이 줄어드는 것으로 생각되어지며(Choi et al., 2010), 처리한 탁주의 경우 탁주 내에 존재하는 환원당이 일부 파괴가 되어 처리하지 않은 탁주에 비해 낮은 값의 함량을 나타내는 것으로 판단된다.

요 약

광펄스 기술은 광범위한 파장의 강한 빛을 짧은 시간동안 조사하여 미생물을 사멸시킴으로서 식품을 살균하는 새로운 비가열 살균 기술로서 주목받고 있다. 본 연구에서는 막걸리를 회분식 방법으로 광펄스 처리하여 살균 효과를 살펴보고, 저장 중의 품질 변화에 대하여 살펴보았다. 광펄스 처리 후 막걸리는 처리하지 않은 막걸리에 비해 2 log cycle 정도의 생균수의 감소를 보였으며, 균수는 $1.8\text{--}2.7 \times 10^4$ CFU/mL 정도였다. 저장 기간 중 생균수는 4°C에서는 처리구와 무처리구 모두 효모, 세균 및 젖산균의 수가 약간 감소하는 경향을 보였으며, 저장 후 4주간 큰 변화가 없었다. 그러나 30°C에서는 광펄스 처리하지 않은 막걸리의 경우 10^6 정도 수준에서 7일간 일정하게 유지되었으며, 처리구는 2일 정도 후에 무처리구와 비슷한 생균수를 나타내었다. 저장기간 중 품질 변화를 보면 pH는 저장 온도와 상관없이 무처리구와 처리구 모두 약간 감소하는 경향을 보였으나 적정산도는 4°C에서는 일정하게 유지가 되었으나 30°C에서는 무처리구의 경우 2일 후부터 급격한 증가를 보였지만 처리한 시료의 경우에는 저장 6일 후까지 큰 증가를 보이지 않았다. 그리고 환원당의 경우에는 저장 온도에 따라 차이는 있으나 처리구와 무처리구 모두 저장기간동안 지속적으로 감소하였다. 이상의 결과로 보아 막걸리를 적절한 조건으로 광펄스 처리하였을 경우 품질변화를 최소화하고 생균수와 적정산도의 증가를 지연시킬 수 있을 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부 ‘농림수산식품 연구개발 사업’

의 지원에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Cho HY, Shin JK, Pyun YR. 1996. Nonthermal processing technology using high voltage pulsed electric fields. *Food Sci. Ind.* 29(3): 28-35.
- Choi EJ, Jung JJ, Lee JW, Kang ST. 2010. Effect of UV sterilization on quality of centrifuged Takju during storage. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 39(3): 461-466.
- Jaw MK, Lim SB, Song SJ, Kim BO. 2000. Quality changes of commercial Yakju and Takju during storage. *Cheju J. Life Sci.* 3(3): 3-9.
- 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(4): 513-520.
- Kim CJ, Oh MJ, Kim SY. 1975. Studies on the induction of available mutants of Takju yeast by UV light irradiation (Part 1). *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.* 18(1): 10-15.
- Kim TH. 2011. Microbial diversity analysis of Makgeolli and Nuruk. Master Thesis, Pai-Chai University, Daejeon, Korea.
- Lee CH, Kim KM. 1995. Determination of the shelf-life of pasteurized Korean rice wine, yakju, in a septic packaging. *Korean J. Food Sci. Technol.* 27(2): 156-163.
- Lee CH, Tae WT, Kim GM, Lee HD. 1991. Studies on the pasteurization conditions of Takju. *Korean J. Food Sci. Technol.* 23(1): 44-51.
- Lee JW, Jung JJ, Choi EJ, Kang ST. 2009. Changes in quality of UV sterilized Takju during storage by honeycomb type-UV sterilizer. *Korean J. Food Sci. Technol.* 41(6): 652-656.
- Lee JW, Park JW. 2010a. Quality characteristics of Makgeolli during freezing storage. *Food Eng. Prog.* 14(4): 328-334.
- Lee JW, Park JW. 2010b. Quality characteristics of Makgeolli during separation storage methods. *Food Eng. Prog.* 14(4): 346-353.
- Ministry of Food, Agriculture, Forestry and Fisheries. 2011. Policy Press Report ‘The law of promotion of traditional wine. Seoul, Korea.
- Shin JK, Kim BR, Kim AJ. 2010a. Nonthermal food processing technology using electric power. *Food Sci. Ind.* 43(1): 9-22.
- Shin JK, Chung MS, Park YS. 2010b. High intensity pulsed light treatment for preservation and shelf-life extension of seafoods. IPET Project Report. JeonJu University, Jeonju, Korea.