

자외선 살균이 청징 탁주의 저장 중 품질에 미치는 효과

최은주 · 정진주 · 이장운 · 강성태[†]

서울산업대학교 식품공학과

Effect of UV Sterilization on Quality of Centrifuged *Takju* during Storage

Eun Ju Choi, Jin Joo Jung, Jang Woon Lee, and Sung Tae Kang[†]

Dept. of Food Science and Technology, Seoul National University of Technology, Seoul 139-743, Korea

Abstract

A cylindrical UV sterilization system was developed to decrease microorganisms in centrifuged *Takju* (CT). CT was run through 110 strips of honey comb type-teflon tubes and 9 UV lamps (1395 W) were equipped between teflon tubes. The optimum sterilization condition of CT was fixed for 1.5 min at 2 L/min in overall quality aspects; also, 5~6 log cycle decrease of viable cell numbers of total bacteria and yeast was observed at this operating condition. Quality changes of UV-sterilized CT were examined by UV irradiation of CT followed by storing at 30°C for 8 days. To evaluate quality changes of UV-sterilized CT, pH, amino nitrogen content, acidity, reducing sugar content and viable cell numbers of total bacteria and yeast were measured. The growth of yeast and bacteria was retarded, showing around 10^8 CFU/mL even after 4 days and 10^8 CFU/mL after 6 days, respectively. Also, UV sterilized CT showed no changes in pH, titratable acidity, and amino nitrogen content during storage except reducing sugar content. UV sterilization did not cause significant difference in L, a, and b values between CT and UV-sterilized CT over the storage period.

Key words: *Takju*, quality, UV sterilization, storage, centrifugation

서 론

주세통계연보 중 주세 부과에 의하면 2000년 탁·약주의 주세는 약 280억원에서 2004년에 580억원 정도로 2배 이상 증가하였다. 하지만 전체 주세에서 탁·약주가 차지하는 2004년에 2.4% 정도로 맥주와 소주가 차지하는 비율이 각각 56.5%, 31.6%인 것에 비하면 매우 미약한 실정이다(1,2).

탁주의 시장 확대와 탁주의 소비를 증가시키기 위해서는 현대인의 기호에 맞도록 품질이 우수한 탁주 제조기술의 개발을 통한 주질 개선이 필요하며 실온에서도 장기간 본래 맛의 유지가 가능한 탁주의 저장성 향상이 시급한 과제이다.

탁주의 부패와 산패의 주원인은 발효액 중에 존재하는 효모와 곰팡이 및 세균류 등의 미생물, 불용성 고형분 등에 의한 것으로 알려져 있다(3,4). 탁주를 저온 살균처리에 의하여 미생물을 사멸시킴으로써 저장기간을 연장하려는 노력을 계속하고 있으나 가열살균은 약·탁주를 고온에서 장기간 저장하는 것과 마찬가지로 열에 의해 약·탁주 내용물의 산화 및 분해가 촉진되어 화독 냄새 등의 이취가 발생하고 단백질 등의 열변성에 의해 백탁의 생성과 더불어 맛에 영향을 미치며 향기 성분의 손실을 야기한다(5). 이러한 단점을 지닌 가열 살균을 대체하기 위해 감마선

(3), 막 여과(5), 초고압(high hydrostatic pressure)(6), 마이크로웨이브(microwave)(7,8), 고전장 펄스 전기장(high voltage pulsed electric)(9), 자외선 살균(10,11) 등 여러 가지 비열처리 신기술들이 지속적으로 연구되고 있다.

탁주는 알코올 함량이 낮은 음료이며 여과를 거치지 않아 물리적 성상이 불균일하고, 유통, 저장 중 발효가 계속 진행되어 품질의 균일화에 어려움이 있었으나(12) 최근 탁주 유통 추세에 하나로서 청주와 같이 맑지는 않지만 탁주의 맛이 살아있도록 장시간 정치시키거나 여과한 청징탁주의 음용이 확대되고 있다. 이러한 추세에 맞추어 본 연구에서는 시판 생탁주를 원심분리 하여 불용성 고형분을 제거한 청징탁주를 제조하였고 허니컴방식의 자외선 살균기를 제작하여 청징탁주를 자외선으로 비가열 살균하고 탁주의 저장 중 이화학적 품질과 효모·곰팡이 및 일반세균 등의 미생물학적 성장에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 생탁주는 서울탁주제조협회에서 제조된 시판 생탁주(장수막걸리)를 구입하였다. 구입한 생탁주

[†]Corresponding author. E-mail: kst@snut.ac.kr
Phone: 82-2-970-6736, Fax: 82-2-970-6460

를 원심분리기(Union 32R, Hanil Science Industrial, Anyang, Korea)를 이용하여 3000 rpm에서 10분간 원심분리 하여 청징탁주로 하였으며 이를 다시 UV살균기로 살균한 탁주를 UV살균탁주로 하였다.

허니컴 방식의 UV살균기

청징탁주의 살균에는 본 연구팀이 직접 설계·제작한 허니컴 방식의 UV살균장치를 사용하였다(Fig. 1). 제작된 살균장치의 외형은 원기둥형태(높이 1.8 m, 직경 20 cm)이며 외부에 냉각 콘덴서를 부착하여 탁주시료의 품온을 25°C 이하로 유지하였다. UV살균장치의 내부는 유체의 표면적을 넓히고 유입/배출을 원활하게 만든 벌집모양의 구조인 허니컴 방식으로 제작되었고 UV 통과가 가능한 PFA 불소수지 재질로 된 110가닥의 테프론관(길이×내경=1.5 m×2 mm)으로 구성되었다. 테프론관 사이에는 253.7 nm의 파장을 포함하고 있는 출력 155 W의 자외선램프(G36TOL, Light Source, Thousand Palms, CA, USA) 9개를 삽입하였다. UV살균기에 청징탁주 1.66 L를 주입하고 펌프(Mhi202em, LG-Wilo, Seoul, Korea)를 통해 테프론관 내부를 순환시켜 살균하였다. 살균된 시료는 3-way valve로 제작된 시료 채취구를 통하여 무균적으로 채취하였다.

청징탁주의 살균 및 저장

원심분리 된 청징탁주를 UV살균기에서 유속 2 L/min로 1.5분 동안 순환시켜 'UV살균탁주'를 제조하고 채취하였다. 채취된 시료는 무균병 20개에 각각 150 mL씩 나누어 담아 30°C에서 8일간 저장하면서 1~2일 간격으로 미생물수(진균, 일반세균)와 품질변화(pH, 아미노태질소, 환원당 함량, 산도, 색도)를 3회 반복 측정하였다.

진균 및 일반세균수의 측정

진균 및 일반세균 측정 방법은 표준 평판법을 이용하였다. 시료를 10배 희석 단계에 따라 0.85% 멸균 생리식염수로 희석한 후 진균은 malt extract agar(Difco, Detroit, MI, USA), 일반세균은 plate count agar(Difco)를 사용하여 진균은 25°C에서 120시간 동안 배양하였고 일반세균은 37°C에서

48시간 동안 배양한 후 집락수가 30~300 CFU가 나타는 평판을 선택하여 생균수를 측정하고 CFU/mL로 나타내었다(13).

UV살균탁주의 품질변화 측정

시료의 pH는 각각을 원심분리기를 사용하여 5000 rpm에서 10분간 원심분리 하여 얻은 맑은 액을 pH meter(420A, Thermo Orion, Beverly, MA, USA)로 측정하였다. 아미노태질소는 Formol 법으로 측정하였다(14). 환원당 함량은 DNS방법에 의하여 측정하였으며 표준당으로 포도당을 사용하여 환원당으로 그 함량을 표시하였다(15). 산도는 시료 10 mL에 페놀프탈레인 지시약 수 방울을 가한 후 0.1 N NaOH 용액으로 적정하여 소비된 양으로부터 젯산 함량(%)으로 계산하였다. 색도는 색차계(Color and color difference meter, model JC801, Color Techno System Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였으며, Hunter scale에 의한 L, a 및 b값으로 나타내었다. 이때 사용된 표준색판은 X=94.30, Y= 96.11, Z=114.55이었다.

관능검사

관능검사는 20명의 훈련된 패널요원들을 동원하여 5점 기호척도법을 사용하여 색, 맛, 냄새, 기호도에 대한 평가를 실시하였다.

통계처리

통계프로그램인 SPSS(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였으며, Tukey의 다중비교분석법을 이용하여 $p < 0.05$ 유의수준에서 유의성 검정을 하였다.

결과 및 고찰

청징탁주의 UV 살균시간에 따른 살균 효과 및 관능평가 청징탁주 UV 살균시간 결정을 위하여 UV살균기의 유속을 2 L/min으로 고정하고 살균 시간을 1.5, 3.0, 4.5, 6.0분으로 달리하여 살균한 시료에 대하여 살균 효과와 색, 맛, 냄새, 기호도에 대한 관능검사를 5점 척도법으로 실시하였다(Table 1). 청징탁주를 1.5분간 UV살균 처리한 결과 진균수 및 일반세균수는 각각 3.7×10 CFU/mL, 5.6×10 CFU/mL 수준으로 4 log cycle 정도 감소하였다. 살균 1.5분 만에 기호도는 4.36에서 2.93 이하로 낮아졌으나 다른 살균 처리 시간과 비교하였을 때 대조군과 1.5분 살균 처리한 탁주 간에는 유의적으로 차이가 없는 결과를 확인할 수 있었고 3.0분 이상의 살균 처리에서는 살균시간의 증가에 따른 진균수 및 일반세균수의 감소는 크지 않았고 관능적으로 대조군과 유의적인 차이를 보여주었다. 따라서 청징탁주를 유속 2 L/min로 1.5분 동안 살균하는 것을 본 실험의 UV살균기 가동 조건으로 선정하였다.

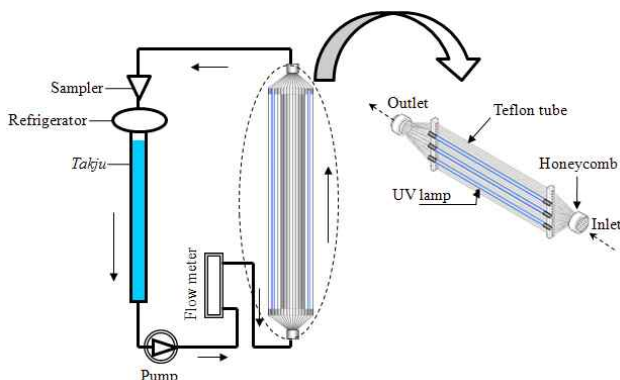


Fig. 1. Diagram of honey comb type UV sterilizer.

Table 1. Changes in microorganisms and sensory scores of the centrifuged *Takju* according to sterilization time by UV sterilizer^{1,2)}

Sterilization time (min)	Fungi (CFU/mL)	General bacteria (CFU/mL)	Color ³⁾	Taste ⁴⁾	Smell ⁴⁾	Acceptance ⁴⁾
0	8.9×10^4	1.3×10^5	1.00 ± 0.00^a	4.29 ± 0.76^b	4.14 ± 0.48^b	4.36 ± 0.85^b
1.5	3.7×10	5.6×10	2.14 ± 0.38^b	2.86 ± 0.90^{ab}	2.83 ± 0.86^a	2.93 ± 1.30^{ab}
3.0	1.8×10	1.8×10	2.43 ± 0.98^b	2.50 ± 0.87^a	2.47 ± 0.91^a	2.86 ± 0.69^a
4.5	1.9×10	3.3×10	2.71 ± 0.49^b	2.64 ± 0.85^a	2.54 ± 0.73^a	2.36 ± 0.85^a
6.0	2.5×10	2.1×10	3.14 ± 1.07^b	2.36 ± 1.18^a	2.36 ± 0.85^a	2.17 ± 0.93^a

¹⁾Operating conditions of sterilizer: UV power, 1,395 W; flow rate, 2.0 L/min; sterilization time, 4 min.

²⁾Data were expressed as mean±SD (n=3). ^{a,b)}Means within a column not followed by the same letter are significantly different (p<0.05).

³⁾The scores were assigned numerical values 1 to 5 with "very dark" equaling 5, "dark" equaling 4, "fair" equaling 3, "bright" equaling 2, "very bright" equaling 1.

⁴⁾The scores were assigned numerical values 1 to 5 with "excellent" equaling 5, "good" equaling 4, "fair" equaling 3, "bad" equaling 2, "very bad" equaling 1.

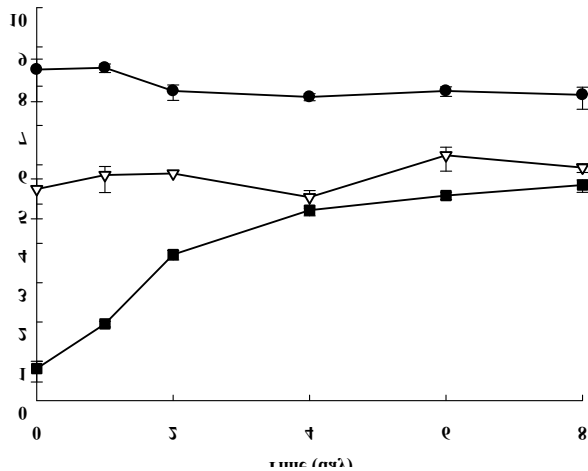


Fig. 2. Changes in fungi of centrifuged and UV sterilized *Takju* during storage at 30°C. *Takju* (●), CT (▽), UV sterilized CT (■).

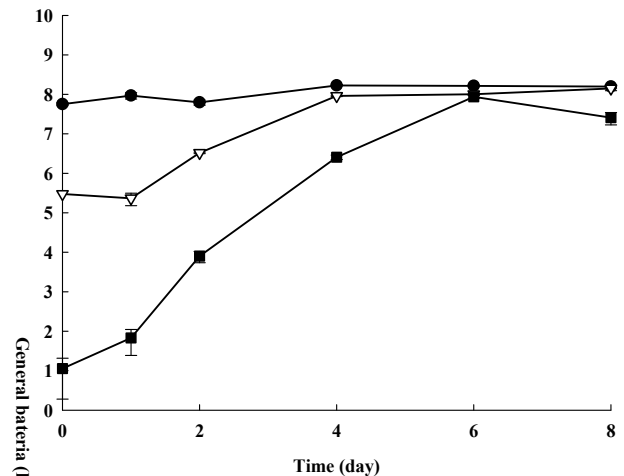


Fig. 3. Changes in general bacteria of centrifuged and UV sterilized *Takju* during storage at 30°C. *Takju* (●), CT (▽), UV sterilized CT (■).

저장 중 탁주의 진균수 및 일반세균수 변화

저장 초기에 청징탁주와 UV살균탁주의 일반세균수 및 진균수는 유사한 수준이었으며, 저장 중에는 진균보다 일반세균의 생육이 더 왕성한 것으로 관찰되었다(Fig. 2, 3).

Fig. 2는 UV살균탁주의 저장 중 진균수의 변화를 나타낸 그래프이다. 생탁주와 청징탁주의 초기 진균수는 각각 2.6×10^8 CFU/mL, 2.4×10^5 CFU/mL로서 생탁주를 원심분리 하여 3 log cycle 정도 감소시킬 수 있었다. UV살균탁주의 초기 진균수는 청징탁주에 비해 5 log cycle 이상 감소하여 10 CFU/mL 이하로 살균이 가능하였다. 진균수는 30°C에서 저장 중에 점차 증가하여 저장 8일째에는 10^5 CFU/mL 수준까지 도달하였지만 생탁주에 비해 약 3 log cycle 낮은 결과를 나타내었다.

Fig. 3은 UV살균탁주의 저장 중 일반세균수의 변화를 나타낸 그래프이다. 생탁주와 청징탁주의 초기 일반세균수는 각각 5.7×10^8 CFU/mL와 3.0×10^5 CFU/mL로 생탁주의 원심분리를 통해 3 log cycle 정도 감소시킬 수 있었다. UV살균탁주의 초기 일반세균수는 1.1×10 CFU/mL 정도로 원심

분리와 UV살균을 통해 7 log cycle 정도 감소시킬 수 있었다. 또한 30°C 저장 중 청징탁주와 UV살균탁주의 일반세균수는 진균보다 빠르게 증가하여 저장 6일째 이르러서야 생탁주와 유사한 10^8 CFU/mL 수준에 도달하였다.

저장 중 탁주의 pH 변화 및 아미노태질소 변화

원심분리 후 UV로 살균한 UV살균탁주의 저장 중 pH 변화를 측정된 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 모든 시료의 저장 중 pH는 3.2~3.8 수준으로 Jwa 등(15)이 보고한 시판 탁주의 pH와 유사한 수준을 유지하였다. 일반적으로 탁주 저장 중 아미노태질소 함량의 증가는 원료(멥쌀, 찹쌀, 보리쌀 등)에 함유되어 있는 단백질이 미생물 유래 acid protease나 peptidase 등의 단백질 분해효소의 작용으로 아미노태질소가 저장시간에 따라 증가하며 탁주의 감칠맛에 관여하는 것으로 알려져 있다(16,17). 본 실험 결과 생탁주의 아미노태질소 함량은 Fig. 5에서 보는바와 같이 저장 초기 0.01%에서 저장 8일째 0.03%까지 증가하는 경향을 나타내었다. 반면에 청징탁주 및 UV살균탁주의 경우 저장 중 아미노태질소 함

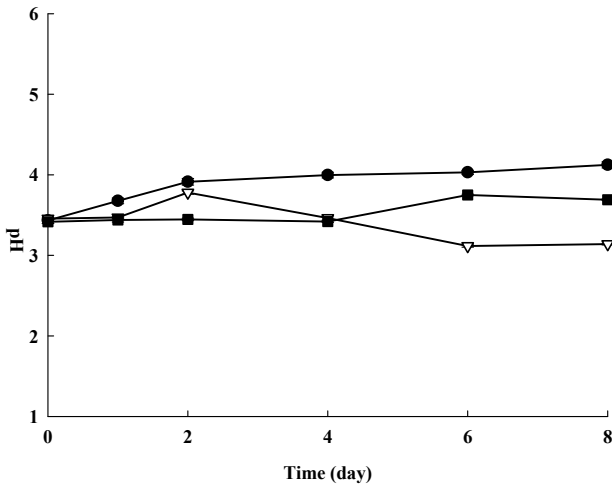


Fig. 4. Changes in pH of centrifuged and UV sterilized *Takju* during storage at 30°C. *Takju* (●), CT (▽), UV sterilized CT (■).

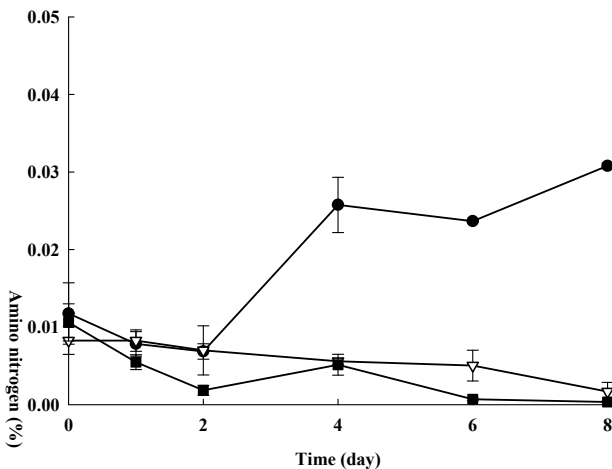


Fig. 5. Changes in amino nitrogen of centrifuged and UV sterilized *Takju* during storage at 30°C. *Takju* (●), CT (▽), UV sterilized CT (■).

량이 0.00~0.01% 정도로 큰 차이를 나타내지 않은 결과를 보여주었다. 이러한 결과는 원심분리를 수행함으로써 아미노태질소가 생산될 수 있는 고형성 기질을 감소시키는 한편 자외선 살균을 수행하여 미생물을 제거함으로써 아미노태질소의 생산이 원활하게 이루어지지 않은 것으로 판단된다.

저장 중 탁주의 환원당 함량 변화 및 산도 변화

Fig. 6에서 보는바와 같이 생탁주의 환원당 함량은 저장 초기 29.32 mg/mL에서 저장 1일째에 20.26 mg/mL로 감소한 이후 저장 8일까지 일정한 수준으로 유지되었다. 이것은 생탁주 중의 전분이 청징탁주와 UV살균탁주에 비하여 많이 존재하며 전분이 amylase에 의해서 분해됨으로써 생성되는 환원당과 미생물에 의해 소비되는 환원당이 균형을 이룬 것으로 보인다. 한편 청징탁주와 UV살균탁주의 환원당은 저장 초기에 생탁주보다 약 5.00 mg/mL 낮은 함량을 나타내었

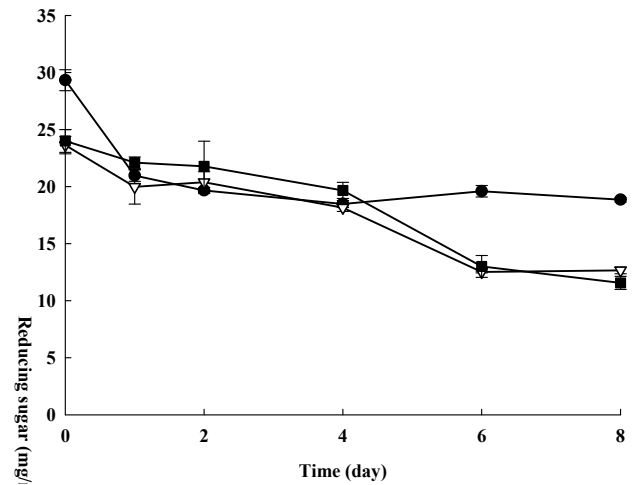


Fig. 6. Changes in reducing sugar of centrifuged and UV sterilized *Takju* during storage at 30°C. *Takju* (●), CT (▽), UV sterilized CT (■).

다. 이것은 생탁주의 전분과 기타 고분자 물질이 원심분리를 통해 제거되었기 때문으로 판단된다(18). 또한, 저장 기간 중에 청징탁주와 UV살균탁주의 환원당 함량은 저장 4일째까지는 완만하게 감소하였고 저장 6일째에 12.52~13.01 mg/mL로 급격히 감소하였다. 이것은 Fig. 2, Fig. 3과 같이 저장 후기에 청징탁주와 UV살균탁주의 미생물 수가 증가하면서 환원당의 소비가 증가되었기 때문으로 보인다.

생탁주의 산도는 젖산균 및 초산균 등이 작용하여 유기산이 생산되면서 산도가 높아진다고 알려져 있다(19). 생탁주의 경우 저장 초기에 0.50% 수준의 산도를 유지하다가 저장 4일 이후 0.68% 수준으로 증가하였다(Fig. 7). 청징탁주의 초기 산도는 0.45%이었으나 저장기간에 따라 완만히 증가하여 저장 8일째에 생탁주의 수준에 도달하였다. 한편, UV살균탁주의 산도는 저장 중에 0.4~0.5% 수준을 유지하여 산도의 변화를 보여주지 않았다.

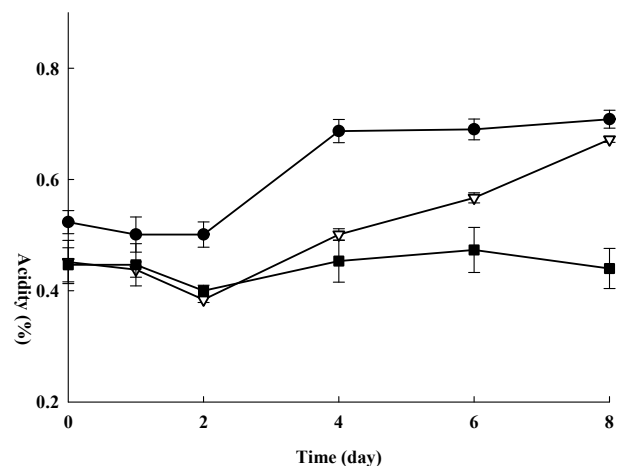


Fig. 7. Changes in acidity of centrifuged and UV sterilized *Takju* during storage at 30°C. *Takju* (●), CT (▽), UV sterilized CT (■).

Table 2. Changes in color value of the *Takju* treated with centrifuged and UV sterilized during storage at 30°C¹⁾

Color	Storage time (days)	Sample		
		<i>Takju</i>	CT	UV sterilized CT
L (Lightness)	0	70.35 ± 0.12 ^{Bc}	26.14 ± 0.88 ^{Ad}	24.28 ± 0.45 ^{Ad}
	1	67.49 ± 0.29 ^{Bd}	23.79 ± 0.62 ^{Abc}	21.52 ± 0.23 ^{Acd}
	2	66.42 ± 0.12 ^{Bd}	22.42 ± 1.36 ^{Ab}	20.79 ± 0.81 ^{Ac}
	4	63.43 ± 1.09 ^{Bc}	21.18 ± 0.11 ^{Abcd}	19.34 ± 0.10 ^{Ab}
	6	62.03 ± 0.15 ^{Cb}	22.67 ± 0.31 ^{Bcd}	18.25 ± 1.10 ^{Aa}
	8	60.07 ± 0.10 ^{Ca}	20.00 ± 0.21 ^{Ba}	18.64 ± 0.18 ^{Aa}
a (Redness)	0	-1.91 ± 0.22 ^{Ab}	-0.57 ± 0.23 ^{Bbc}	-0.84 ± 0.15 ^{Bb}
	1	-2.28 ± 0.08 ^{Aab}	-1.58 ± 0.16 ^{Ba}	-1.78 ± 0.15 ^{Ba}
	2	-1.45 ± 0.05 ^{Ac}	-0.07 ± 0.26 ^{Bc}	-0.86 ± 0.06 ^{Cb}
	4	-1.93 ± 0.20 ^{Ab}	-0.99 ± 0.19 ^{Bab}	-0.61 ± 0.29 ^{Bb}
	6	-2.25 ± 0.05 ^{Aab}	-0.83 ± 0.47 ^{Bb}	-0.49 ± 0.28 ^{Bb}
	8	-2.6 ± 0.07 ^{Aa}	-0.29 ± 0.11 ^{Bbc}	-0.47 ± 0.30 ^{Bb}
b (Yellowness)	0	5.01 ± 0.05 ^{Ca}	-4.07 ± 0.13 ^{Ba}	-4.50 ± 0.24 ^{Aa}
	1	6.37 ± 0.19 ^{Bbc}	-2.40 ± 0.22 ^{Abc}	-2.34 ± 0.23 ^{Ab}
	2	6.71 ± 0.09 ^{Cc}	-2.13 ± 0.18 ^{Bc}	-2.49 ± 0.09 ^{Ab}
	4	6.54 ± 0.61 ^{Bbc}	-2.22 ± 0.04 ^{Ac}	-2.19 ± 0.27 ^{Ab}
	6	5.90 ± 0.10 ^{Bb}	-2.43 ± 0.30 ^{Abc}	-2.59 ± 0.50 ^{Ab}
	8	6.68 ± 0.06 ^{Bc}	-2.87 ± 0.14 ^{Ab}	-2.33 ± 0.57 ^{Ab}

¹⁾Data were expressed as mean ± SD (n=3).

^{A-C}Means within a row not followed by the same letter are significantly different (p<0.05).

^{a-e}Means within a column not followed by the same letter are significantly different (p<0.05).

저장 중 탁주의 색도 변화

탁주 시료를 30°C에서 저장하였을 때의 색도 변화를 Hunter scale에 의한 L, a 및 b값으로 Table 2에 나타내었다. 생탁주를 원심분리 함으로써 청징탁주 및 UV살균탁주의 L 및 b값은 낮아졌으며 a값은 높게 나타났지만 청징탁주와 UV살균탁주 간에는 L, a 및 b값 모두 유의적인 차이를 보이지 않아 자외선 살균의 영향은 없었으며 오히려 원심분리의 영향이 큰 것으로 판단되었다. 저장 기간이 지남에 따라 모든 시료의 L값은 다소 감소하는 경향을 보였고 a 및 b값은 큰 차이를 보이지 않아 Kim 등(20)의 결과와 일치하였다.

요 약

총 110 가닥의 테플론 튜브와 9개의 자외선(UV)램프(총 1395 W)로 구성된 허니컴 방식의 UV살균기를 제작하고 원심분리를 통해 생탁주의 고형분을 제거시킨 청징탁주(CT)를 순환시켜 살균하였다. 미생물살균과 관능적 품질 등을 고려한 전반적인 품질평가 결과, 최적의 살균조건은 2 L/min의 유속에서 1.5분간 살균하는 것이 최적의 조건으로 확인되었다. 이러한 살균조건에서 약 일반세균수와 진균수를 5~6 log cycle 감소시킬 수 있었다. 자외선으로 살균된 청징탁주는 30°C에서 8일 동안 저장하며 pH, 아미노태질소 함량, 산도, 환원당 함량, 일반세균수 및 진균수 등의 품질평가를 수행하였다. 자외선으로 살균된 청징탁주의 진균수는 저장 4일 후에 이르러서야 10⁸ CFU/mL에 도달하였고 일반세균수는 6일 후에 이르러서야 10⁸ CFU/mL에 도달하

여 생육이 억제되었음을 확인할 수 있었다. 또한 환원당 함량을 제외하고는 자외선으로 살균된 청징탁주의 pH, 아미노태질소 함량, 산도는 저장 중에 변화를 나타내지 아니하였다. 또한 저장 기간 동안 청징탁주와 자외선으로 살균된 청징탁주 간에는 L, a 및 b 값 간에 차이를 보이지 않아 색도의 변화에는 자외선 살균이 영향을 미치지 않은 것으로 확인되었다.

문 헌

1. National Tax Service Republic of Korea. 2001. *Statistical Yearbook of National Tax*. Seoul, Korea. p 271-273.
2. National Tax Service Republic of Korea. 2004. *Statistical Yearbook of National Tax*. Seoul, Korea. p 317-319.
3. Lee KB, Kim JH. 1969. Studies on radiation preservation of fermented Korean rice-wine (tak joo and yak joo). *Kor J Microbiol* 7: 45-56.
4. Chang KJ, Yu TJ. 1981. Studies on the components of so-kokju, and commercial yakju. *Korean J Food Sci Technol* 13: 307-313.
5. Kang MY, Park YS, Mok CK, Chang HG. 1998. Improvement of shelf-life of Yakju by membrane filtration. *Korean J Food Sci Technol* 30: 1134-1139.
6. Kalchayanand N, Sikes T, Dunne CP, Ray B. 1994. Hydrostatic pressure and electroporation have increased bactericidal efficiency in combination with bacteriocins. *Appl Environ Microbiol* 60: 4174-4177.
7. Shin JK, Pyun YR. 1997. Inactivation of *Lactobacillus plantarum* by pulsed-microwave irradiation. *Korean J Food Sci Technol* 62: 163-166.
8. Hülshager H, Potel J, Niemann EG. 1981. Killing of bacteria with electric pulses of high field strength. *Radiat Environ Biophys* 20: 53-64.
9. Kim SY, Park YS, Mok CK. 1999. Sterilization of yakju

- (rice wine) using a batch-type high voltage pulsed electric field system. *Korean J Food Sci Technol* 31: 1247-1253.
10. Kim CK, Chae Q. 1983. The inactivation effects of UV light on bacteriophage ϕ 2. *Kor J Appl Microbiol Bioeng* 11: 155-161.
 11. Marianne P, Paul F, Larry G, Harvey K, Timothy E, Paul RC. 1991. The mechanism of sunlight-mediated inactivation of *Bacillus thuringiensis* crystals. *Biochem J* 273: 43-47.
 12. Lee JH, Lee HD, Kim JY, Kim KM. 1989. Sensory quality attributes of *takju* and their changes during pasteurization. *Korea J Diet Cult* 4: 405-410.
 13. Mok CK, Lee JY, Chang HG. 1998. Optimization of heat sterilization condition for *yakju* (rice wine). *Food Eng Prog* 2: 137-143.
 14. Park SO, Han EH, Kim SY. 1998. Quality characteristics and flavor compounds of market *takju*. *J Nat Sci Inst Seoul Women's Univ* 10: 44-50.
 15. Jwa MK, Lim SB, Song DJ, Kim BO. 2000. Quality changes of commercial *yakju* and *takju* during storage. *Cheju J Life Sci* 3: 3-9.
 16. 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* 38: 513-520.
 17. Lee JS, Lee TS, Noh BS, Park SO. 1996. Quality characteristics of mash of *Takju* prepared by different raw materials. *Korean J Food Sci Technol* 28: 330-336.
 18. Lee CH, Kim KM. 1995. Determination of the shelf-life of pasteurized korean rice wine, *yakju* in aseptic packaging. *Korean J Food Sci Technol* 27: 156-163.
 19. Lee MO, Youn JB. 2002. Investigation on the quality characteristics of *sansung takju* compared with commercial *takju*. *Rep Busan Inst Health & Environ* 12: 48-62.
 20. Kim AR, Lee SY, Kim KBWR, Song EJ, Kim JH, Kim MJ, Ji KW, Ahn IS, Ahn DH. 2008. Effect of *Glycyrrhiza uralensis* on shelf-life and quality of *takju*. *Korean J Food Sci Technol* 40: 194-200.

(2009년 10월 13일 접수; 2009년 12월 8일 채택)