

허니컴방식 UV 살균기를 이용한 살균 탁주의 저장 중 품질변화

이장운 · 정진주 · 최은주 · 강성태*

서울산업대학교 식품공학과

Changes in Quality of UV Sterilized *Takju* during Storage by Honeycomb Type-UV Sterilizer

Jang-Woon Lee, Jin-Joo Jung, Eun-Ju Choi, and Sung-Tae Kang*

Department of Food Science and Technology, Seoul National University of Technology

Abstract A cylindrical ultraviolet (UV) sterilization system was developed for decreasing microorganisms in *takju*. The *takju* was passed through 110 strips of honeycomb-type teflon tubing with 9 UV lamps (1,395 W) set between the teflon tubes. Thus, during passage, the *takju* was effectively exposed to the UV rays without loss. In terms of the overall quality aspects of the *takju*, the optimum sterilization condition was set for 4 min at 2 L/min. A 2-3 log cycle decrease in viable cell numbers of total bacteria and fungi was observed at this operating condition. Quality changes in the UV-sterilized *takju* were examined via UV irradiation of samples followed by storage at 30°C for 8 days. To evaluate the quality changes, pH, amino nitrogen content, acidity, reducing sugar content, and viable cell numbers of total bacteria and fungi were measured. Increases in pH, acidity, and amino nitrogen content were observed in both the *takju* control and UV sterilized *takju* with increasing storage time. However, reducing sugar content was decreased in both samples. The L, a, and b values of the control *takju* and UV sterilized *takju* showed similar trends over the storage period. Viable cell numbers of fungi did not change in the control or UV sterilized *takju* during storage, showing approximately 10⁸ CFU/mL and 10⁴-10⁵ CFU/mL, respectively. In addition, viable cell numbers of total bacteria remained lower in the UV sterilized *takju* over 4 days compared to the non-sterilized *takju*.

Key words: *takju*, quality, honeycomb type-UV sterilizer, UV sterilization, storage

서 론

예로부터 농경문화를 주체로 해 온 우리 민족에게 탁주는 매우 중요한 발효식품이었으며 우리나라를 대표하는 전통주 중 하나이다(1). 이러한 탁주의 부패와 산패의 주 원인은 발효액 중에 존재하는 효모와 곰팡이 및 세균류 등의 미생물 및 불용성 고형분 등에 의한 것으로 알려져 있다(2). 이들을 저온 살균처리에 의하여 사멸시킴으로써 저장기간을 연장하려는 노력을 계속하고 있으나(3) 가열살균은 가열에 의해 탁주 내용물의 산화 및 분해가 촉진되어 화독 냄새 등의 이취가 발생하고 단백질 등의 열변성에 의해 백탁의 생성과 더불어 맛에 영향을 미치며 향기 성분의 손실 등을 야기하는 것으로 알려져있다(4). Lee 등은 감마선과 가열처리를 병행하여 저장성 향상을 시도하였다. 결과적으로 저장성은 20일까지 연장시켰다고 보고하였지만 열처리 혹은 방사선 조사에 의한 화독 냄새 등의 이취의 생성과 변색, 층 분리 등의 물리적 성상의 변화 등으로 인해 가치 상실의 문제점이 지적되었다(5). 따라서 이러한 단점을 개선할 수 있는 기술의 필요에 따

라 여러 가지 비가열 가공(nonthermal processes) 기술이 개발되고 있다. 비가열 처리법에는 약제살균, 방사선을 이용한 살균, 초고압 살균, 여과에 의한 제균, 고전압 펄스 전기장을 이용한 살균, 강력광펄스, 자외선 등이 있다. 탁주 또는 약주에 대한 가열 살균의 단점을 보완하기 위하여 비가열 살균에 대한 연구들이 시도되어 왔다. Kang 등(6)은 막여과를 이용해 약주의 미생물 및 불용성 고형분을 제거함으로써 저장성 향상을 시도하였다. 술덧을 거르지 않고 그대로 음용하는 탁주의 특성상 막여과법은 탁주의 많은 고형분에 의해 쉽게 막히기 때문에 여과막의 교체시기가 짧아 연속생산에 있어서 약주와 달리 탁주에는 적합하지 못한 것으로 판단된다. 자외선 살균의 경우 우리나라에서 정수 및 해수, 하수 등에 대한 살균은 실용화 되고 있으나(7,8) 액상식품에 대하여 자외선 살균을 적용한 연구가 거의 시도되지 않은 실정이다. 본 연구팀은 탁주에 대한 가열살균의 단점을 극복하기 위하여 탁주를 여러 가닥의 작은 직경의 테프론 관으로 분산하여 통과시킴으로써 투과력이 낮은 유체의 표면적을 크게 한 비가열 방식의 자외선(UV) 살균장치를 고안하여 탁주 중의 미생물을 살균하고 저장하여 탁주의 pH, 산도, 아미노태질소, 환원당 함량, 색도, 미생물 수 등의 변화를 측정하였다.

재료 및 방법

허니컴방식의 UV살균기

허니컴방식의 UV 살균장치는 본 연구팀이 직접 설계제작하였다(Fig. 1). 제작된 살균장치의 외형은 원기둥 형태(높이 1.8 m,

*Corresponding author: Sung Tae Kang, Department of Food Science and Technology, Seoul National University of Technology, Seoul 139-743, Korea
Tel: 82-2-970-6736
Fax: 82-2-976-6460
E-mail: kst@snut.ac.kr
Received July 30, 2009; revised September 21, 2009;
accepted September 30, 2009

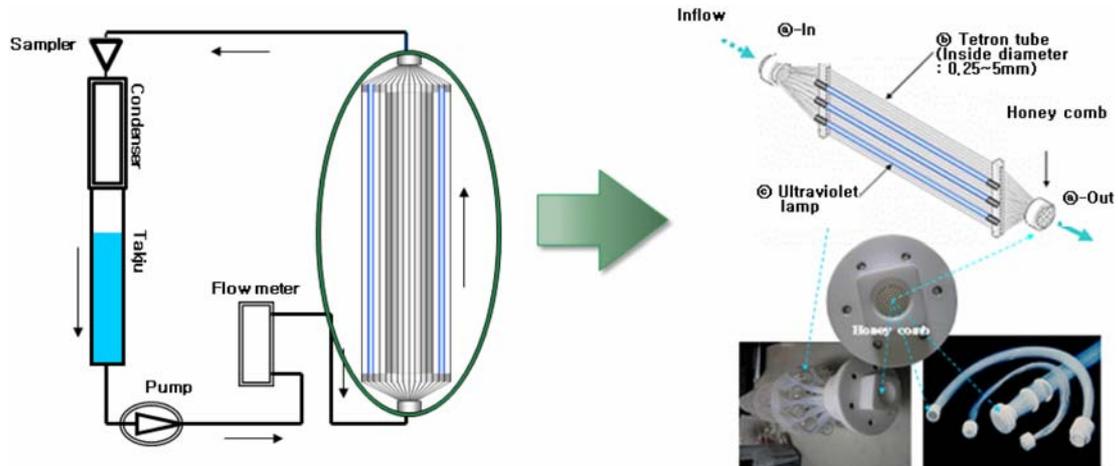


Fig. 1. Diagram of honeycomb-type UV sterilizer.

직경 20 cm)이며 외부에 환류 냉각기를 부착하여 탁주시료의 온도를 22°C로 유지하였다. UV살균장치의 내부는 유체의 유입/배출을 원활하게 만든 벌집모양의 구조인 허니콤 방식으로 제작되었고 UV 통과가 가능한 PFA 불소 수지 재질로 된 110가닥의 테프론관(길이×내경=1.5 m×2 mm)으로 구성되었다. 테프론관 사이에는 살균력이 가장 강한 253.7nm의 파장을 포함하고 있는 출력 155 W의 자외선 램프(Light Source, GH0-64TOL, Thousand Palms, CA, USA) 9개를 삽입하였다. UV 살균기에 생탁주 1.66 L를 주입하고 비자흡식 횡형단단 펌프(LG-Wilo, MHI202EM, Seoul, Korea)를 통해 테프론관 내부를 순환하게 하였다. 살균된 시료는 3-way valve로 제작된 시료 채취구를 통하여 무균적으로 채취하였다.

UV 살균 탁주 제조

본 실험에서는 시중에 유통되고 있는 생탁주(Seoul rice wine manufacturing association, Seoul, Korea)를 구입하여 사용하였다. UV 살균기를 이용한 탁주의 미생물 살균과 관능적 품질을 동시에 확보할 수 있는 살균시간을 결정하기 위해서 유속을 2 L/min로 고정하고 살균 시간을 달리하여 미생물 수 및 관능 변화를 측정하였다.

UV 살균탁주의 저장 안정성 평가를 위해서는 탁주를 유속 2 L/min로 4분 동안 살균하여 채취하였다. 채취된 시료는 무균병 10개에 각각 150 mL씩 나누어 담아 30°C에서 8일간 저장하면서 1-2일 간격으로 품질변화(pH, 아미노태 질소, 환원당 함량, 산도, 색도)와 미생물수(진균, 일반세균)의 측정에 이용하였다.

탁주시료의 품질변화 측정

시료의 pH는 각각을 원심분리기를 사용하여 5,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 얻은 맑은 액을 pH meter(Thermo Orion, 420A, Beverly, MA, USA)로 측정하였다. 아미노태 질소는 Formol법으로 측정하였다(9). 환원당 함량은 DNS방법에 의하여 측정하였으며 표준당으로 포도당을 사용하여 환원당으로 그 함량을 표시하였다(10). 산도는 pH 측정에서 얻은 동일한 상층액 10 mL에 페놀프탈레인 지시약 수 방울을 가한 후 0.1 N NaOH 용액으로 적정하여 미홍색이 되기 직전까지의 사용된 0.1 N NaOH 용액의 양으로 표시하였다. 색도는 색차계(JC801, Color techno system Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였으며 Hunter scale에 의한 L, a 및 b값으로 나타내었다. 이때 사용한 표준색판의 값은

X=94.30, Y=96.11, Z=114.55이었다.

미생물수 측정

진균 및 일반세균 측정 방법은 Mok 등(11)의 방법을 변형하여 사용하였다. 시료를 10배 희석 단계에 따라 0.85% 멸균생리식염수로 희석한 후 진균은 malt extract agar(Difco, Detroit, MI, USA), 일반세균은 plate count agar(Difco, Detroit, MI, USA)를 사용하여 진균은 25°C에서 120시간 동안 배양하였고 일반세균은 37°C에서 48시간 동안 배양한 후 집락수가 30-300 CFU가 나타나는 평판을 선택하여 생균수를 측정하고 CFU/mL로 나타내었다.

관능검사

관능검사는 20명의 전문 패널요원들을 동원하여 1에서 5까지의 척도를 사용한 평점법으로 냄새, 맛, 색과 전체적인 기호도에 대한 평가를 실시하였으며, 관능검사 결과는 SPSS를 이용하여 통계 분석하였으며 처리구 평균간의 유의성 검정은 Tukey의 방법을 사용하였다.

결과 및 고찰

UV 살균시간에 따른 살균효과 및 관능평가

UV 살균장치를 2 L/min에서 가동하고 살균시간 경과에 따른 살균전후의 탁주에 대하여 냄새, 맛, 색, 기호도의 관능검사를 수행하였다(Table 1). 생탁주의 냄새, 맛, 기호도는 각각 4.14점, 4.57점, 4.43점을 보여주며 관능적으로 양호하였다. 살균탁주의 색은 살균시간이 증가함에 따라 점점 어두워졌으며 2분 이상 살균함에 따라 모든 관능적인 요소에서 생탁주에 대하여 유의적인 감소를 나타내었다. 6분 이상의 UV살균기 가동은 냄새, 맛, 기호도에 있어서 2.00점 이하의 값을 나타내어 관능적으로 좋지 아니한 결과를 나타내었다. 한편 살균시간이 증가함에 따라 진균수는 10분만에 5.3×10^7 CFU/mL에서 4.0×10^3 CFU/mL로 약 4 log cycle 감소하였으며 일반세균수는 9.9×10^7 CFU/mL에서 7.6×10^2 CFU/mL로 약 5 log cycle 감소하였다. 또한 2분간의 살균기 가동으로는 10^6 CFU/mL 이상의 일반세균수와 진균수를 나타내어 저장성 향상이 기대되기 어려운 결과를 보여주었다. 따라서 탁주를 유속 2 L/min로 4분 동안 살균하는 것이 관능적으로 생탁주와 가장 근접한 점수를 유지하면서 10^4 CFU/mL 수준의 낮은 일반세균수와 진균수를 나타내어 UV 살균기 가동 조건으로 적합하다고 판단되었다.

Table 1. Changes in microorganisms and sensory scores of *takju* according to sterilization time by UV sterilizer¹⁾

Sterilization time (min)	Fungi (CFU/mL)	Total bacteria (CFU/mL)	Smell ²⁾	Taste ²⁾	Color ³⁾	Acceptance ²⁾
0	5.3×10^7	9.9×10^7	$4.14 \pm 0.48^{b4)}$	4.57 ± 0.53^c	1.00 ± 0.00^a	4.43 ± 0.79^c
2	5.5×10^6	8.8×10^6	3.43 ± 0.53^b	3.50 ± 5.00^b	2.43 ± 0.98^b	3.36 ± 0.69^b
4	3.0×10^5	5.4×10^4	3.29 ± 0.49^b	3.71 ± 0.49^b	3.14 ± 1.07^b	3.29 ± 0.49^b
6	1.2×10^5	3.2×10^3	1.19 ± 0.61^a	1.00 ± 0.00^a	2.71 ± 0.95^b	1.14 ± 0.38^a
10	4.0×10^3	7.6×10^2	1.14 ± 0.69^a	1.00 ± 0.00^a	3.00 ± 0.58^b	1.14 ± 0.38^a

¹⁾Operating conditions of sterilizer were UV power of 1,395 W and flow rate of 2.0 L/min.

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

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

⁴⁾Mean±SD with different letters (a, b, c) within the same column is significantly different from one another at $p < 0.05$ as determined by Tukey's multiple-range test.

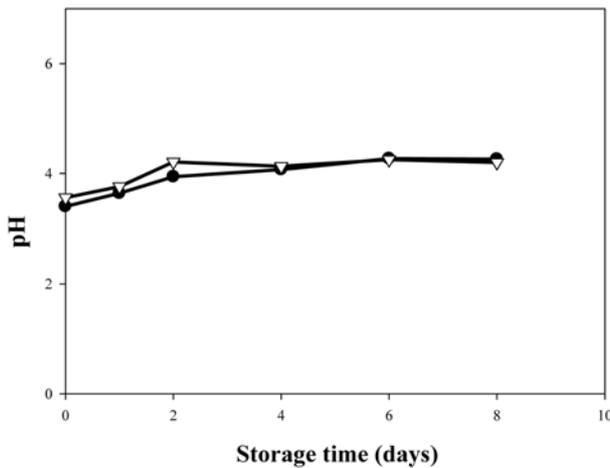


Fig. 2. Change in pH of sample during storage at 30°C. *Takju* control (●), UV Sterilized *Takju* (▽).

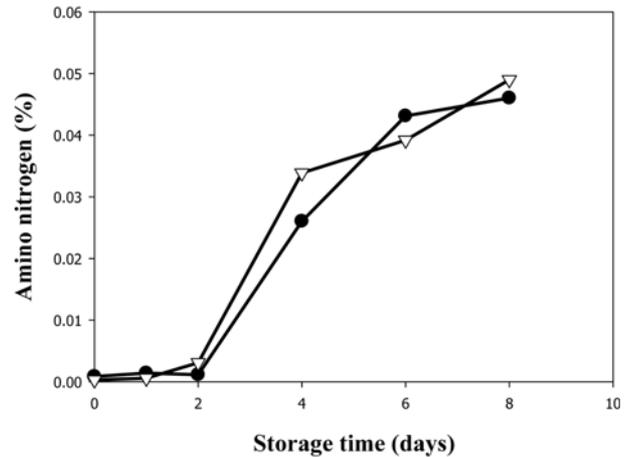


Fig. 3. Changes in amino nitrogen of sample during storage at 30°C. *Takju* control (●), UV Sterilized *Takju* (▽).

저장 중 탁주의 pH 변화 및 아미노태 질소 변화

Fig. 2는 시판 생탁주, 이를 UV 살균한 UV살균탁주의 저장 중 pH 변화를 측정 한 것이다. 생탁주와 UV 살균탁주의 pH는 저장 시간이 경과함에 따라 저장 초기 pH 3.5에서 4.2-4.3으로 증가하여 Lee 등(3)과 일치한 결과를 보여주었다. 한편 Fig. 3에서 보는 바와 같이 생탁주와 UV 살균탁주의 초기 아미노태 질소는 0% 수준이었으나 저장 시간이 경과함에 따라 0.04-0.05%로 증가하였다. 일반적으로 탁주 저장 중 아미노태 질소 함량의 증가는 탁주의 원료인 곡류(멥쌀, 찹쌀, 보리쌀 등)에 함유되어 있는 단백질이 누룩중의 미생물이 생산하는 acid protease나 peptidase 등의 단백질 분해효소작용으로 아미노태 질소가 저장시간에 따라 증가한 것으로 알려져 있다(12). 이와 같이 단백질의 분해로 생성된 아미노태 질소를 비롯하여 아미노산과 펩타이드의 완충작용으로 인하여 pH가 저장 중에 약간 상승한 것으로 판단된다(13).

저장 중 탁주의 산도 변화

일반적으로 탁주 중의 유기산은 진균, 젖산균 및 초산균 등이 작용하여 유기산이 생산 되면서 산도가 높아지는 것으로 알려져 있다(14). Fig. 4에서 보는 바와 같이 생탁주, UV 살균탁주의 초기 산도는 각각 0.29, 0.28%로 큰 차이를 보이지 않았으며 저장 8 일 후에 0.60, 0.64%로 약 0.3% 정도 증가한 것으로 관찰되었다. 일반적으로 산도가 증가하면 pH는 감소하여야 하지만 본 연구결

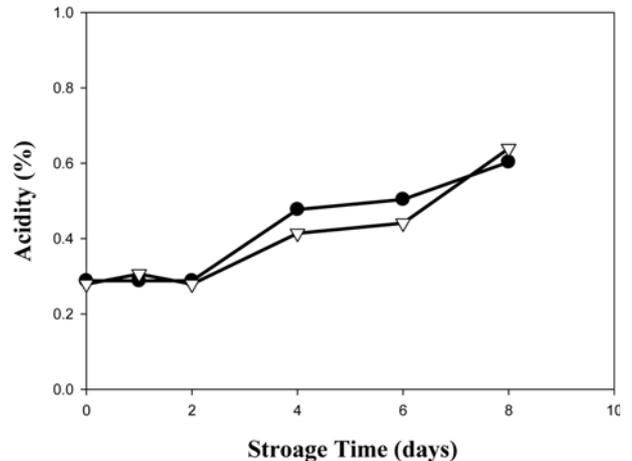


Fig. 4. Changes in acidity of sample during storage at 30°C. *Takju* control (●), UV Sterilized *Takju* (▽).

과에서는 산도가 증가했음에도 불구하고 pH가 약간 상승하는 경향을 보여주었다. 이것은 So 등(13)의 주장처럼 유기산이 탁주 중의 고형분 내에 골고루 분포되어졌고, 단백질의 분해로 생성된 아미노산과 펩타이드 등의 완충력도 작용하였기 때문으로 판단된다.

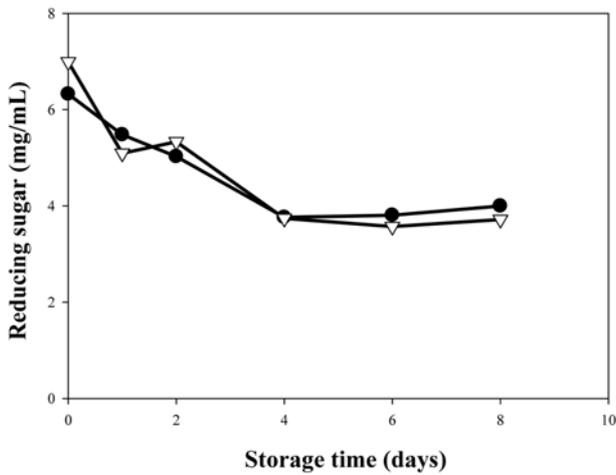


Fig. 5. Change in reducing sugar content of sample during storage at 30°C. Takju control (●), UV Sterilized Takju (▽).

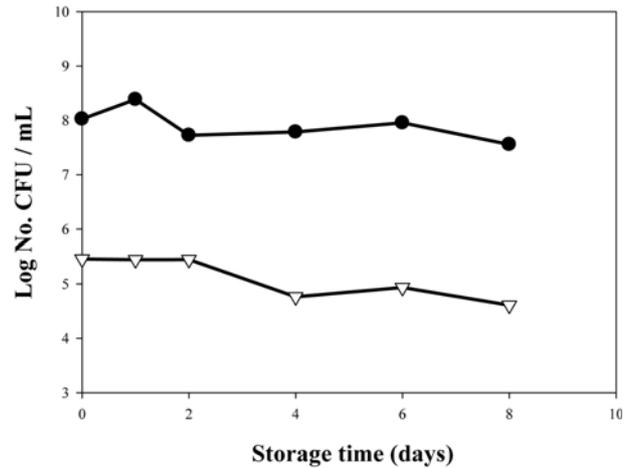


Fig. 6. Change in viable cell numbers of fungi of sample during storage at 30°C. Takju control (●), UV Sterilized Takju (▽).

저장 중 탁주의 환원당 함량 변화

탁주중의 환원당 함량은 알코올의 기질로 이용되고 주류의 향기 생성과 감미료의 영향을 주는 성분이다. Fig. 5에 각 시료의 저장 중 환원당 함량 변화를 나타내었다. 생탁주와 UV 살균탁주 모두 저장 중 환원당 함량이 감소하였다. 이것은 저장기간이 지남에 따라 탁주 내에 존재하는 미생물이 생산하는 α-amylase와 glucoamylase의 생성으로 환원당이 생성되지만 효소에 의해 생성된 환원당 함량 보다 미생물의 영양원으로 이용되는 환원당 함량이 많아 전체 환원당 함량은 줄어드는 것으로 판단된다(15).

저장 중 탁주의 색도 변화

Table 2는 저장 중 각 탁주의 색도 변화를 나타낸 것이다. 색도는 Hunter color system에 따라 L값, a값, b값으로 측정하였다. 생탁주를 UV로 살균함으로써 L 값은 다소 낮아졌으며 a와 b 값은 약간 증가한 것으로 나타났다. 생탁주와 UV살균탁주의 L 값은 저장 기간이 경과함에 따라 감소하는 경향을 보여주었다. 이것은 30°C의 고온에서 저장함에 따라 탁주의 갈변 반응이 촉진되어 색이 점차 어두워진 것으로 판단된다. a 값은 저장 중에 증가하다가 약간 감소하는 경향을 나타내었지만 저장 0일째에 비하여 증가한 값을 나타내었다. 황색도를 나타내는 b 값은 모든 시료에서 저장 기간이 경과함에 따라 증가하는 경향을 보였다. 이러한 변화는 25°C에서 10일간 발효시킨 Kim 등(16)의 결과와 일치하는 경향을 보여주었다.

저장 중 탁주의 진균수 및 일반세균수 변화

Fig. 6은 생탁주, UV살균탁주의 저장 중 진균수의 변화를 나

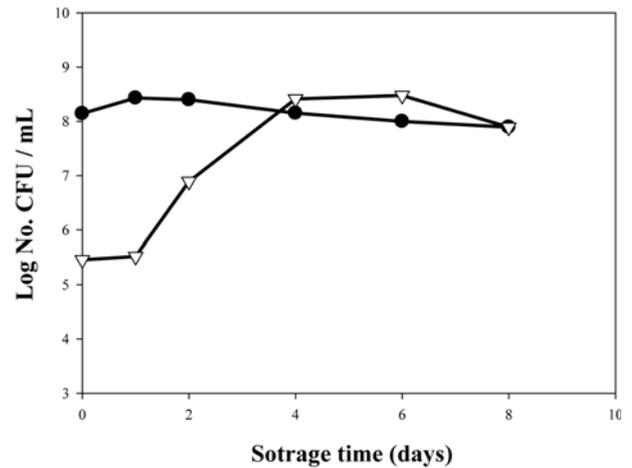


Fig. 7. Change in viable cell numbers of total bacteria of sample during storage at 30°C. Takju control (●), UV Sterilized Takju (▽).

타낸 그래프이다. 생탁주와 UV살균탁주의 저장 초기 진균수는 각각 1.1×10^8 CFU/mL, 2.9×10^5 CFU/mL로 나타났다. 저장 중의 UV 살균탁주의 진균수는 10^4 - 10^5 CFU/mL의 수준으로 일정하게 유지되었으며 10^8 CFU/mL인 생탁주보다 적은 수준으로 유지되었다.

한편 Fig. 7은 생탁주와 UV살균탁주의 저장 중 일반세균수의 변화를 나타낸 그래프이다. 대조군으로 사용된 생탁주의 경우 일반세균수는 저장 중에 10^8 CFU/mL 수준으로 유지되었다. UV 살

Table 2. Changes in color value of sample during storage at 30°C

Sample	Color value	Storage time (day)					
		0	1	2	4	6	8
Takju control	L	72.89	69.57	67.24	64.08	62.12	60.78
	a	-5.19	1.56	0.37	-2.02	-1.75	-2.00
	b	5.53	8.69	8.87	8.97	8.92	8.53
UV Sterilized Takju	L	71.82	67.56	66.37	63.77	61.18	60.31
	a	-4.40	0.97	0.58	-1.95	-1.80	-1.74
	b	6.28	7.99	8.55	8.44	8.90	8.89

균탁주의 초기 일반세균수는 2.9×10^5 CFU/mL이었으며, 30°C 저장 중 일반세균은 저장 4일째 이르러서야 생탁주와 유사한 10^8 CFU/mL 수준에 도달할 수 있었다. 살균 처리 후 30°C에서 저장함으로써 진균류의 수는 거의 변하지 않고 일반세균은 저장 2 일째부터 급격히 증가하였다. 이것은 생육 최적온도가 30°C인 일반세균의 분포가 진균보다 많거나, 진균보다 생육속도가 빠른 일반세균이 급격히 증가하면서 진균의 생육이 경쟁적으로 억제된 것으로 판단된다.

탁주는 다른 액상식품에 비해 많은 미생물을 함유한 발효 식품이며 높은 혼탁도를 갖고 있어 상대적으로 UV의 투과율이 낮아 완전 살균이 어려운 시료이다. 탁주보다 자외선 투과가 용이한 액상식품(추출차, 간장 등)에 자외선 살균을 이용한다면 가열 살균에 비해 단시간 처리로 살균이 가능할 것으로 기대된다.

요 약

탁주를 효과적으로 살균하기 위해서 110가닥의 테프론 튜브와 9개의 자외선(UV) 램프(1,335W)로 구성된 허니컴방식의 UV 살균기를 제작하고 탁주를 순환시켜 살균하여 미생물 살균효과 및 저장 중의 품질변화를 평가하였다. 허니컴방식의 UV 살균기에서 유속 2 L/min에서 4분 동안 탁주를 순환시킨 조건은, 일반세균 및 진균을 2-3 log cycle 감소시키면서 관능적으로 양호한 품질을 얻을 수 있는 최적의 살균조건으로 판단되었다. 이 조건에서 살균 처리한 탁주를 30°C에서 8일간 저장하면서 pH, 아미노태질소 함량, 환원당 함량, 산도, 그리고 일반세균수 및 진균수의 변화를 측정하였다. pH, 산도, 아미노태 질소 함량은 저장 중에 생탁주와 UV 살균탁주에서 모두 증가하는 경향을 나타낸 반면 환원당 함량은 감소하는 경향을 나타내었다. 또한 생탁주와 UV살균탁주의 L, a, b 값은 저장 중에 매우 유사한 경향을 나타내었다. 저장 중에 UV 살균탁주의 진균은 생육이 억제되었으며 일반세균은 저장 4일째에 생탁주 수준에 도달하였다.

문 헌

- Song JC, Park HJ. *Takju* brewing using the uncooked germed brown rice at second stage mash. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 32: 847-854 (2003)
- Chang KJ, Yu TJ. Studies on the components of *sokokju*, and commercial *yakju*. Korean J. Food Sci. Technol. 13: 307-313 (1981)
- Lee CH, Tae WT, Kim GM, Lee HD. Studies on the pasteurization conditions of *takju*. Korean J. Food Sci. Technol. 23: 44-51 (1991)
- Jwa MK, Lim SB, Mok CK, Park YS. Inactivation of microorganisms and enzymes in *Foxtail Millet yakju* by high hydrostatic pressure treatment. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 8: 1221-1226 (2003)
- Lee KB, Kim JH. Studies on radiation preservation of fermented Korean rice-wine (*takju* and *yakjoo*). Korean J. Microbiol. 7: 45-56 (1969)
- Kang MY, Park YS, Mok CK, Chang HG. Improvement of shelf-life of *yakju* by membrane filtration. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 1134-1139 (1998)
- Shin DH, Lee YT. Manufacturing and characteristics of the electrodeless UV lamp for disinfection of the sewage effluent. J. Korean Ind. Eng. Chem. 16: 570-575 (2005)
- Lim HS, Kim SM, Choi MR, Choi CS, Kong HJ, Kim JH. Development of UV sterilization system equipped in stainless steel tube. Food Eng. Progress 3: 164-169 (1999)
- Park SO, Han EH, Kim SY. Quality characteristics and flavor compounds of market *takju*. J. Nat. Sci. Inst. SWINS. 10: 44-50 (1998)
- Jwa MK, Lim SB, Song DJ, Kim BO. Quality changes of commercial *yakju* and *takju* during storage. Cheju J. Life Science 3: 3-9 (2000)
- Mok CK, Lee JY, Chang HG. Optimization of heat sterilization condition for *yakju* (rice wine). Food Eng. Progress 2: 137-143 (1998)
- Jeong JW, Park KJ, Kim MH, Kim DS. Changes in quality of spray-dried and freeze-dried *takju* powder during storage. Korean J. Food Sci. Technol. 38: 513-520 (2006)
- So MH, Lee JW. *Takju* brewing by combined use of *Rhizopus japonicus-nuruk* and *Aspergillus oryzae-nuruk*. J. Korean Soc. Food Nutr. 25: 157-162 (1996)
- Lee MO, Youn JB. Investigation on the quality characteristics of sansung *takju* compared with commercial *takju*. Rep. Busan Inst. Health & Environ. 12: 48-62 (2002)
- Lee CH, Kim KM. Determination of the shelf-life of pasteurized Korean rice wine, *yakju*, in aseptic packaging. Korean J. Food Sci. Technol. 27: 156-163 (1995)
- Kim JY, Sung KW, Bae HW, Lee YH. pH, acidity, color, reducing sugar, total sugar, alcohol and organoleptic characteristics of puffed rice powder added *takju* during fermentation. Korean J. Food Sci. Technol. 39: 266-271 (2007)