

초고압 처리한 좁쌀탁주의 저장 중 미생물수, 효소활성 및 품질변화

임상빈* · 좌미경 · 목철균¹ · 박영서¹ · 우건조²

제주대학교 식품공학과, ¹경원대학교 생명공학부, ²식품의약품안전청 식품미생물과

Changes in Microbial Counts, Enzyme Activity and Quality of Foxtail Millet *Takju* Treated with High Hydrostatic Pressure during Storage

Sangbin Lim*, Mi-Kyung Jwa, Chulkyoon Mok¹, Young-Seo Park¹, and Gun-Jo Woo²

Department of Food Science and Engineering, Cheju National University

¹Division of Biotechnology, Kyungwon University

²Division of Food Microbiology, Korea Food and Drug Administration

Foxtail Millet *Takju* was treated with heat (65°C/30 min) (HT) or high hydrostatic pressure (27°C/400 MPa/10 min) (PT), and changes in microbial count, enzyme activity, and quality were determined during 30-day storage at 10 and 25°C. Total viable cellcount remained constant, while lactic acid bacteria and yeast were not detected in HT and PT *Takjus*. Relative activities of α -amylase in PT *Takju* significantly increased by 169.7% at 3 days storage, then decreased to 137.7 and 68.7% at 10 and 25°C, respectively, at 30 days. Relative activities of glucoamylase in HT *Takju* showed reversible change, and were 36.5 and 54.3% at 10 and 25°C, respectively, at 30 days storage. Activities in PT *Takju* increased with storage period, 158.2% at 30 days storage at 10°C. Titratable acidity in untreated *Takju* increased, while those in HT and PT *Takjus* remained almost constant during 30 days storage. Reducing sugar content in untreated *Takju* showed no change, while that in HT *Takju* increased gradually, reaching 2.9% at 30 days, whereas that in PT increased sharply after 3 days, reaching 4.8% at 30 days. Sensory evaluation showed sourness and bitterness were low, and sweetness and overall acceptance were high in PT *Takju* after 30 days storage at 10°C.

Key words: *Takju*, high hydrostatic pressure, pasteurization, enzyme inactivation, quality change

서 론

탁주는 우리나라 고유의 전통주로서 오랫동안 주정음료이면서도 식량과 영양제의 역할을 하면서 우리민족의 식생활에 지대한 영향을 미쳐왔다(1). 그럼에도 불구하고 탁주의 소비량은 1970년대 중반 이후 지속적으로 감소하고 있는데, 이는 주류의 다양화와 소비자의 기호도 변화는 물론, 탁주 자체가 가지고 있는 저장성, 소화성 등의 불량함에 기인한다(2,3).

탁주에는 *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Mucor*속의 곰팡이와 *Saccharomyces*, *Pichia*, *Candida*, *Torulopsis*, *Hansenula*속의 효모와 *Bacillus*, *Micrococcus*, *Aerobacter*, *Pseudomonas*속의 세균이 생육하고 있다(4). 따라서 무살균 탁주는 유통과정 중에 이들 미생물에 의하여 잔존하는 당류의 지속적인 발효로 단맛의 소실과 함께 신맛과 쓴맛이 상대적으로 증가하게 되는 등 품질의

균일화가 어려운 문제점을 안고 있다(5,6). 이를 방지하기 위하여 탁주를 가열하면 저장성은 연장시킬 수 있으나, 쓴맛의 발현, 강한 악취(화독내)의 생성, 변색, 층분리 등 물리적 성상의 변화로 인하여 상품성을 저하시키는 문제점을 안고 있다(3,7). 따라서 탁주의 변질에 관여하는 주요 미생물을 사멸시키면서 품질의 저하를 최소화할 수 있는 처리 방법의 개발이 필요하다.

초고압 가공기술은 열을 사용하지 않고 미생물을 살균할 수 있으므로 새로운 식품가공법으로 기대를 모으고 있다. 고압 하에서는 부피가 줄어드는 방향으로 화학반응이 촉진되므로 수소 결합과 이온결합의 파괴는 촉진되지만 공유결합과 수소 결합은 안정화된다. 따라서 초고압 처리기술은 식품 본래의 품질 저하를 최소화하면서 미생물을 살균하거나 효소를 불활성화시킬 수 있으므로(8), 탁주와 같은 전통식품의 보존성 향상을 위한 새로운 공정으로 활용될 수 있을 것이다.

탁주의 유통과정 중 잔존하는 미생물에 의한 품질변화를 억제하기 위하여서는, 탁주를 제조한 직후 젖산균과 효모를 사멸시켜 젖산균에 의한 산생성과 효모에 의한 알콜 발효를 정지시킬 필요가 있다. 그렇지만 내포되어 있는 효소 중 특히 glucoamylase의 잔존활성을 유지시킬 수 있다면 저장 중 단맛 생성을 촉진시켜 제품의 품질을 유지시킬 수 있을 것으로 기대된다.

따라서 본 연구에서는 품질의 변화를 최소화하면서 저장성

*Corresponding author : Sangbin Lim, Department of Food Science and Engineering, Cheju National University, Ara il-dong, Jeju-si, Jeju-do 690-756, Korea
Tel: 82-64-754-3617
Fax: 82-64-755-3601
E-mail: sblim@cheju.ac.kr

이 있는 민속 주류를 제조하기 위하여, 양조원료로 좁쌀을 이용하여 제조한 탁주를 대상으로 비열살균법인 초고압처리법을 적용하여, 저장온도 및 저장기간에 따른 미생물수, 효소활성 및 품질변화를 측정하여 탁주의 저장성 증진효과를 검증하였다.

재료 및 방법

재료

좁쌀탁주는 J양조(제주)에서 제조한 비살균 탁주를 구입하여 사용하였다.

가열처리

좁쌀탁주를 125 mL 폴리프로필렌병에 채우고 65°C의 water bath(MC-31, JeioTech Co., Korea)에서 30분간 가열한 후 실온에서 냉각하였다.

고압처리

본 실험에 사용한 초고압기(MFP-7000, Mitsubishi Heavy Industries Co., Japan)는 내용적이 600 mL로, 먼저 125 mL 폴리프로필렌병에 좁쌀탁주를 채워 기포가 들어가지 않게 밀봉한 다음, 병을 폴리에틸렌 필름으로 두겹 포장한 후 증류수가 채워진 고압용기에 넣고 정수압펌프로 피스톤을 상승시켜 가압하였다. 초고압처리는 상온(27°C)/400 MPa/10분에서 실시하였다. 처리온도는 처리압력에서 처리시간 동안 매분마다 고압용기 내부의 온도를 측정하여 평균한 값으로 나타내었다.

저장 실험

무처리 좁쌀탁주, 열처리 좁쌀탁주, 초고압처리 좁쌀탁주를 10°C와 25°C에서 30일간 저장하면서 매 3일마다 시료를 취하여 미생물수, 효소활성 및 품질특성을 측정하였다.

미생물 검사

탁주의 미생물은 표준한천배양법(9)으로 세균수, 젖산균수, 효모수를 측정하였다. 세균은 표준한천배지에서, 젖산균은 0.133%의 초산을 가하여 최종 pH를 5.5로 조정된 Rogosa SL agar 배지에서 37°C/72시간 배양하였고, 효모는 YM agar 배지에서 25°C/72시간 배양하였다. 집락수 30-100개인 평판을 택하여 집락수를 측정하고 희석배수를 곱하여 단위부피당 미생물수를 산출하였다. 4회 반복 측정하여 평균하였다.

효소활성 측정

조효소액은 시료에 0.5% NaCl 용액을 가하여 실온에서 30분 교반한 후 여과지(Toyo No. 2)로 여과하여 제조하였다(10). α -Amylase의 활성은 1% 전분용액 1 mL에 조효소액 1 mL를 가하여 30°C/30분간 반응시키고 1 M 초산 10 mL와 1/3000 N 요오드화 용액 10 mL를 가한 후 660 nm에서 흡광도를 측정하였으며, blank OD값의 10%를 감소시키는 것을 1 unit로 나타내었다(9). Glucoamylase의 활성은 0.5% 전분용액 1 mL에 조효소액 1 mL를 가하여 30°C/30분간 반응시키고 dinitrosalicylic acid reagent (DNS) 3 mL를 가한 후 535 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 효소액 1 mL가 1 mg의 glucose를 유리시킬 때의 효소량을 1 unit로 나타내었다(9,11). 이들 값은 2회 반복 측정하여 평균하였다.

적정산도

좁쌀탁주 10 mL에 1% phenolphthalein 용액을 가하여 적정

한 후 소비된 NaOH의 양으로부터 적정산도(%젖산)를 계산하였다(12).

환원당

좁쌀탁주 10 mL를 100 mL로 희석한 후 여과지(Toyo No. 2)로 여과한 다음 여액 1 mL에 DNS 시약 3 mL를 가한 후 5분 중탕하여 상온 냉각 후 550 nm에서 흡광도를 측정하고 glucose의 표준곡선을 이용하여 환산하였다(11).

관능검사

좁쌀탁주의 관능적 품질은 식품공학과 재학생 20명을 패널로 선정하여 맛의 강도(단맛, 신맛, 쓴맛)와 종합적 기호도에 대하여 9점 채점법으로 실시하였다(13). 이 때 채점기준은 아주 강하다(좋다): 9점, 보통으로 강하다(좋다): 7점, 적당하다(좋지도 나쁘지도 않다): 5점, 보통으로 약하다(나쁘다): 3점, 아주 약하다(나쁘다): 1점이었다. 관능검사 결과는 SAS를 사용하여 Duncan의 중범위검정을 실시하여 유의차를 분석하였다(14).

결과 및 고찰

미생물수의 변화

좁쌀탁주를 열(65°C/30분) 또는 초고압(27°C/400 MPa/10분)으로 처리한 후 10°C와 25°C에서 30일간 저장하는 동안 일반세

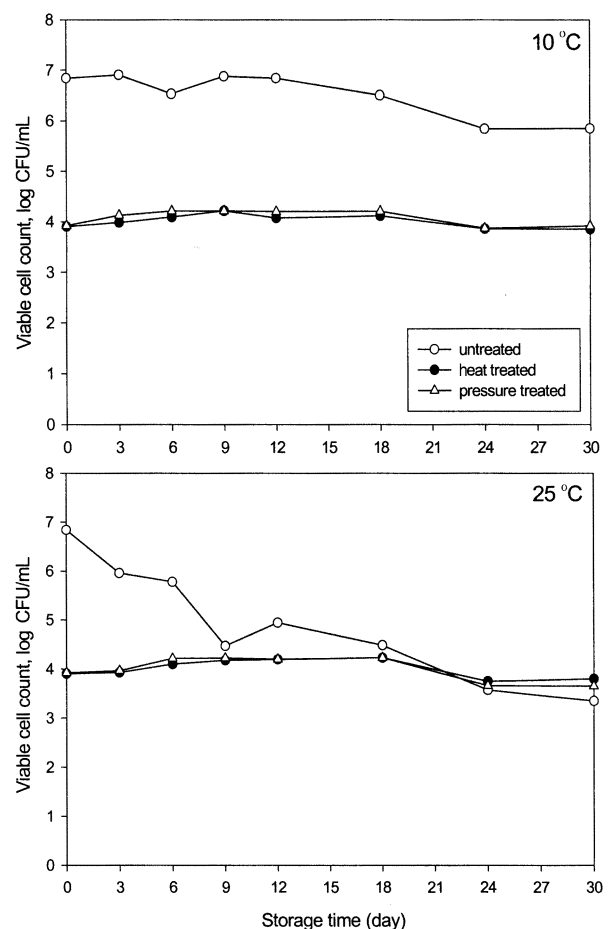


Fig. 1. Changes in total bacteria counts of Foxtail Millet *Takju* treated with heat or high hydrostatic pressure during storage at 10°C and 25°C.

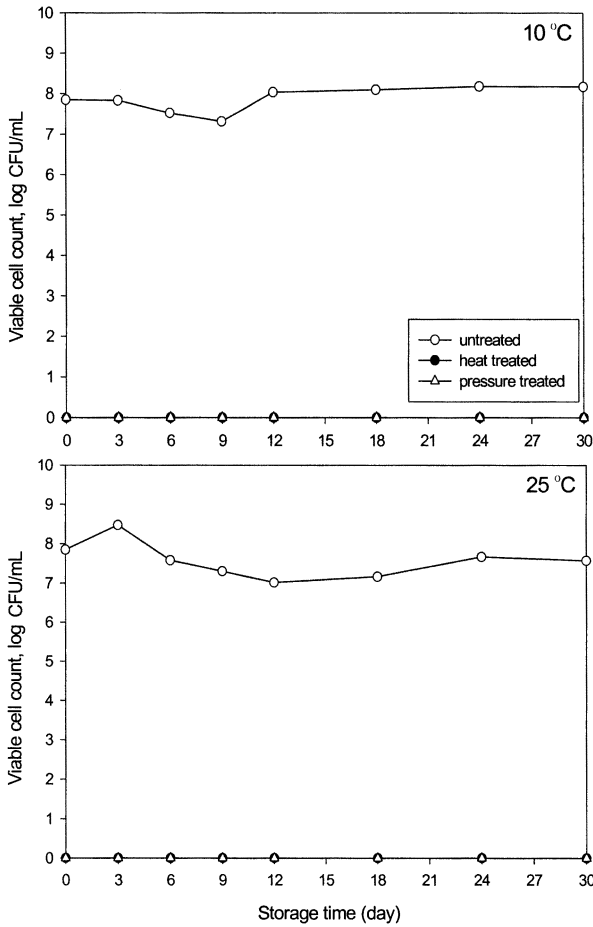


Fig. 2. Changes in lactic acid bacteria counts of Foxtail Millet *Takju* treated with heat or high hydrostatic pressure during storage at 10°C and 25°C.

균수의 변화를 측정된 결과는 Fig. 1과 같았다. 무처리구의 일반세균수는 저장온도 10°C에서 저장초기와 비교하여 저장 30일 후에 1 log cycle 감소한 반면, 25°C에서는 3 log cycle 감소하여 10°C보다 25°C에서 감소폭이 더 컸다. Mok 등(2)도 4°C와 25°C에서 비살균약주를 저장하는 동안 세균수는 감소하였는데, 이는 저장기간 중에 유기산의 생성에 따른 영양분의 저하로 세균의 성장이 저해를 받았기 때문인 것으로 추정하고 있다. 한편 열처리구와 초고압처리구는 모든 저장온도에서 저장기간에 따른 일반세균수의 차이는 거의 없었다. 열 또는 초고압처리 후 잔존하는 미생물은 포자형성균이나 일부 그람양성균인 것으로 추정되었다.

열 또는 초고압으로 처리한 좁쌀탁주의 저장기간 중 젖산균수의 변화는 Fig. 2와 같았다. 무처리 좁쌀탁주의 초기 젖산균수는 7.0×10^7 CFU/mL이었지만 열 또는 초고압처리에 의해서 완전히 사멸되었다. 저장기간에 따른 젖산균의 변화는 무처리구의 경우 큰 변화가 없었으며, 열 또는 초고압으로 처리한 좁쌀탁주의 젖산균은 완전히 사멸된 후 저장기간 30일 동안 검출되지 않아 바람직한 안정성을 나타내었다.

열 또는 초고압으로 처리한 좁쌀탁주의 저장기간 중 효모수의 변화는 Fig. 3과 같았다. 무처리 좁쌀탁주의 효모수는 9.5×10^6 CFU/mL이었지만 열 또는 초고압 처리에 의하여 완전히 사멸되었다. 저장 30일 동안 열 또는 초고압처리구는 젖산균의 경우와 마찬가지로 효모가 검출되지 않아 바람직한 안정성을

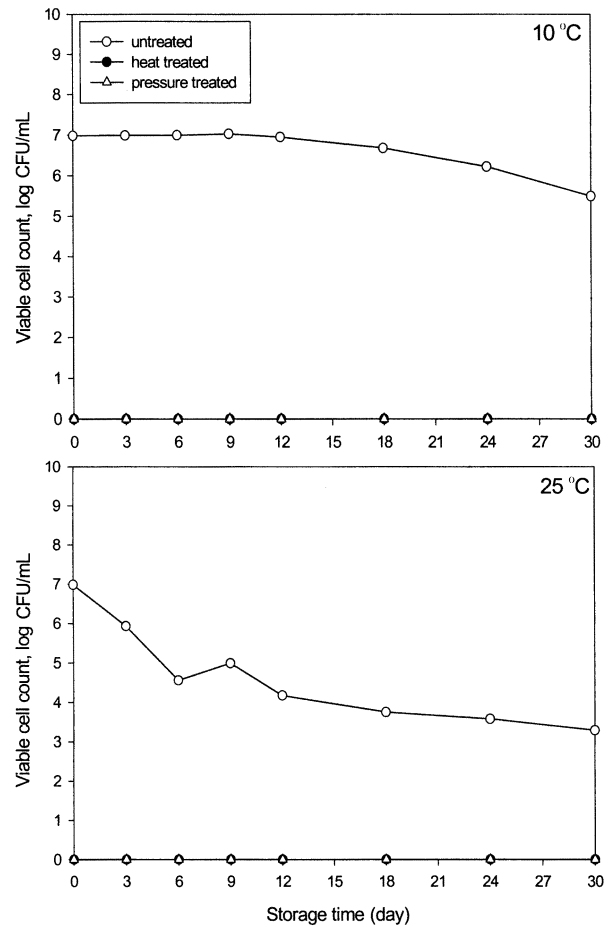


Fig. 3. Changes in yeast counts of Foxtail Millet *Takju* treated with heat or high hydrostatic pressure during storage at 10°C and 25°C.

나타내었다. 그러나 무처리구인 경우에는 저장온도 10°C에서는 저장기간 동안 효모수의 변화가 적었으나, 25°C에서는 계속적으로 감소하여 저장 30일에는 1.9×10^3 CFU/mL로 3 log cycle 이 감소되었다.

효소활성의 변화

전분의 액화에 중요한 역할을 하는 α -amylase의 저장기간에 따른 상대활성의 변화는 Fig. 4와 같았다. 좁쌀탁주를 열처리한 직후 α -amylase의 상대활성은 21.8%로 78.2%가 불활성화되었으나, 초고압 처리한 시료의 상대활성은 무처리구와 비슷하였다. 저장기간에 따른 상대활성의 변화는 10°C에서 저장하는 동안 무처리구와 초고압처리구는 저장 3일에 각각 161.0%와 169.7%로 급격히 증가하였으나, 그 이후 감소하기 시작하여 저장 6일 후에는 거의 일정한 경향을 나타내었으며 저장 30일에 각각 135.3%와 137.7%이었다. 한편 열처리구는 저장기간 동안 상대활성의 변화가 거의 없었다. 저장온도 25°C에서 무처리구와 초고압처리구는 10°C에서와 같이 저장 3일에 효소활성이 급격하게 증가하였지만 그 이후 감소하였으며 저장 30일에 각각 47.9%와 68.7%이었다. 한편 열처리구는 10°C에서와 마찬가지로 활성의 변화가 거의 없었다. Weemaes 등(15)은 *Bacillus subtilis*로부터의 α -amylase을 완충용액에서 초고압 처리한 후 0-22°C에서 6시간 저장하는 동안 효소활성은 증가하였는데, 고온에서보다 저온에서 증가율이 더 높았다고 보고하였다. 또한

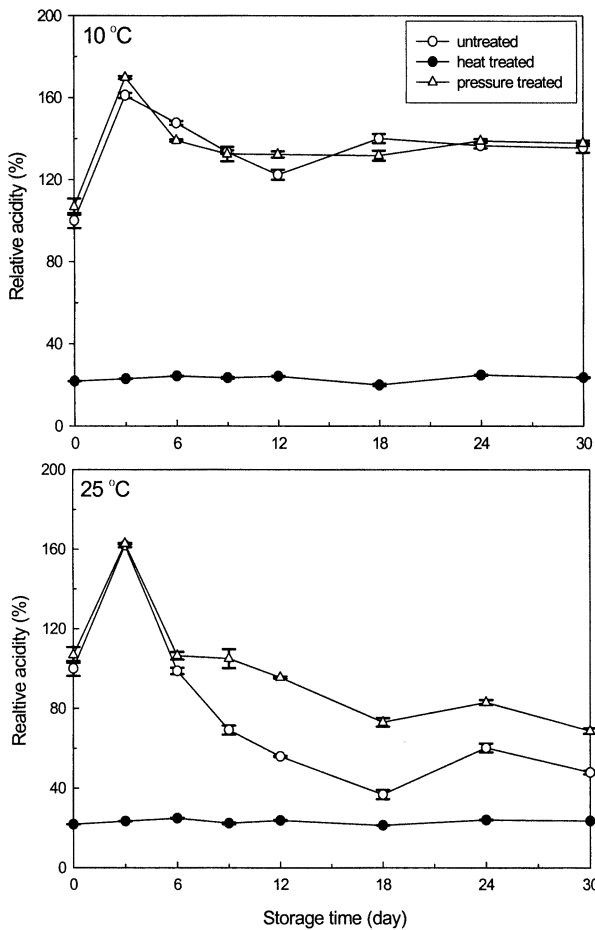


Fig. 4. Changes in α -amylase activity of Foxtail Millet *Takju* treated with heat or high hydrostatic pressure during storage at 10°C and 25°C.

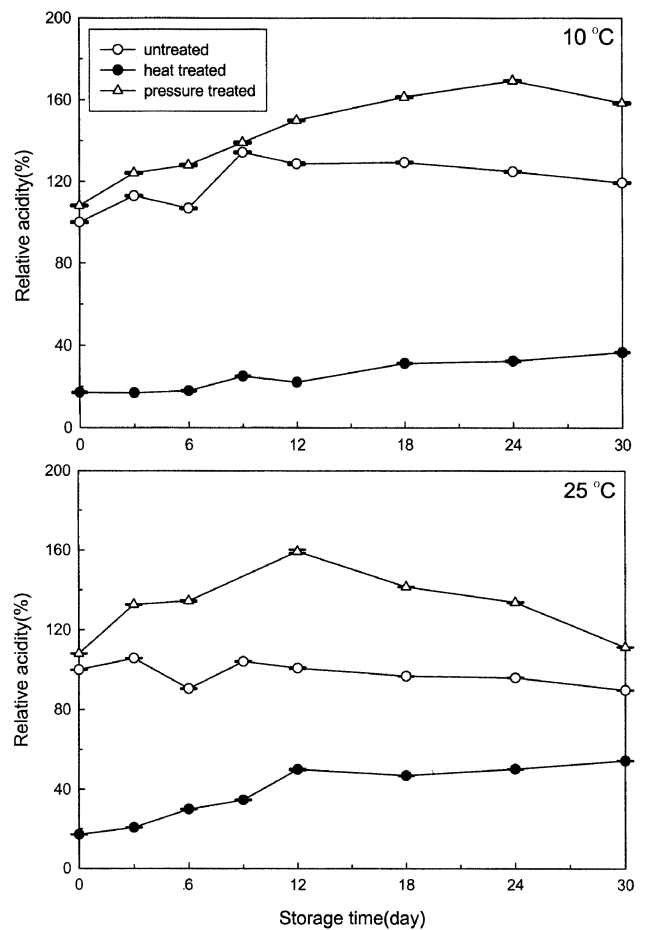


Fig. 5. Changes in glucoamylase activity of Foxtail Millet *Takju* treated with heat or high hydrostatic pressure during storage at 10°C and 25°C.

Laidler와 Bunting(16)은 효소를 70°C 이상에서 처리하면 비가역적 불활성화가 일어난다고 보고하였다.

액화된 전분을 glucose로 가수분해하는 효소인 glucoamylase의 저장기간에 따른 상대활성의 변화는 Fig. 5와 같았다. 열처리한 좁쌀탁주의 glucoamylase의 상대활성은 17.1%로 열처리에 의하여 82.9%가 불활성화된 반면, 초고압 처리한 시료의 활성은 무처리구와 비슷하였다. 10°C에서 저장하는 동안 열처리구의 상대활성은 서서히 증가하여 저장 30일 후에는 36.5%로 가역적인 변화를 나타내었다. 무처리구와 초고압처리구는 10°C에서 저장 30일 후 상대활성이 각각 119.2%와 158.2%로, 초고압처리구가 저장기간 중 증가폭이 가장 컸다. 저장온도 25°C에서는 열처리구의 상대활성이 10°C보다 더 많이 증가하였으며 저장 30일에 54.3%로 저장초기에 비하여 가역적인 활성의 증가를 보였다. 그러나 무처리구는 저장기간 동안 활성이 다소 감소하여 저장 30일에 89.9%이었다. 초고압 처리한 좁쌀 탁주는 25°C에서 저장 12일에 활성이 159.3%로 증가하였다가 감소하였으며 저장 30일에는 114.9%이었다.

품질변화

열 또는 초고압으로 처리한 좁쌀탁주의 저장기간 중 적정산도의 변화는 Fig. 6과 같았다. 저장온도 10°C에서 무처리구의 적정산도는 저장초기에 0.70%에서 저장 30일에 1.02%로 저장기간에 따라 증가하는 현상을 보여 잔존미생물에 의하여 탁주

의 변패가 진행되고 있는 것으로 추정된다. 한편 열 또는 초고압처리구의 적정산도는 저장기간 동안 큰 변화가 없었는데, 이로 보아 좁쌀탁주를 열 또는 초고압처리하면 10°C에서 저장기간 중 산의 생성을 방지할 수 있었다. 이는 Tanaka와 Hatanaka (17)이 요구르트를 10-20°C에서 300 MPa로 10분 처리한 결과 유통 중에 일어나는 산생성을 방지할 수 있었다는 보고와 일치하는 것으로, 열 또는 초고압처리에 의하여 젖산균의 불활성화에 기인하는 것으로 추정된다. 저장온도 25°C에서 무처리구의 적정산도는 저장 3일 후 급격히 증가하여 저장 30일에 1.12%이었다. 열처리구는 10°C에서와 마찬가지로 저장 중 거의 변화가 없었지만, 초고압처리구는 저장기간 동안 조금씩 증가하는 현상을 보였다.

저장기간 중 좁쌀탁주의 단맛과 관계가 있는 환원당 함량의 변화는 Fig. 7과 같았다. 10°C에서 저장기간 중 무처리구의 환원당 함량은 변화가 거의 없는 반면, 열처리구는 계속적으로 증가하여 저장 30일에 2.9%이었다. 한편 초고압처리구는 저장 3일 이후부터 급격하게 증가하였으며 저장 30일 후에는 환원당 함량이 4.8%이었다. 환원당 함량의 증가는 glucoamylase의 활성과 관련이 있으므로 glucoamylase의 활성이 높을수록 환원당 함량이 높을 것으로 기대된다(18). 즉, glucoamylase는 열처리에 의하여 불활성화되었지만 초고압 처리에 의해서는 활성이 오히려 증가되었으며, 10°C에서 저장기간 동안 효소활성이 계속적으로 증가되었으므로 환원당 함량도 증가된 것으로 추

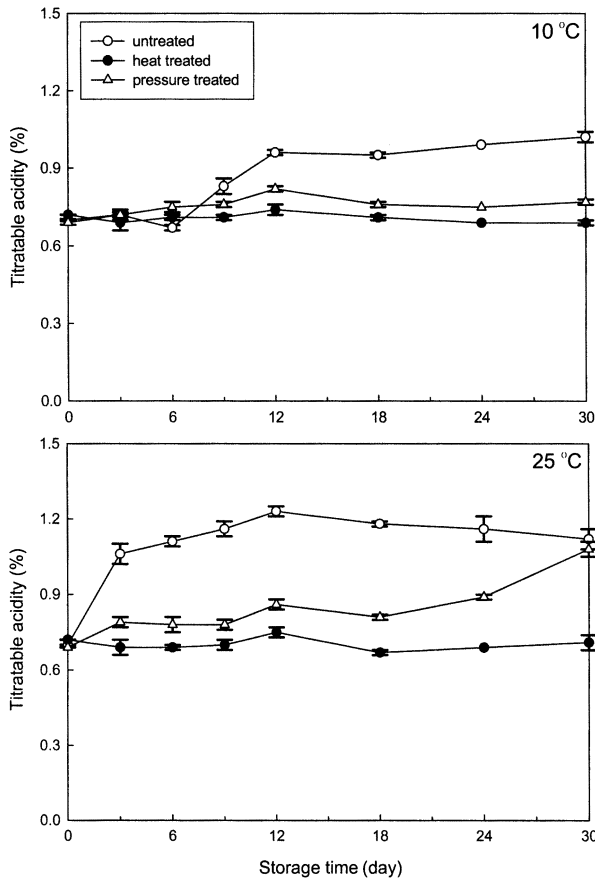


Fig. 6. Changes in titratable acidity of Foxtail Millet *Takju* treated with heat or high hydrostatic pressure during storage at 10°C and 25°C.

정된다. 게다가 초고압처리구의 환원당 함량이 높은 것은 초고압처리에 의해 좁쌀탁주의 효모가 멸균되었고 저장 중에도 검출되지 않아 효모에 의한 당분의 소비가 없었기 때문이다. 한편 무처리구인 경우 저장 중 glucoamylase 활성이 다소 증가하였지만 환원당 함량이 일정한 것은 잔존하는 효모에 의하여 당분이 소비되었기 때문인 것으로 추정된다(6). 저장온도 25°C에서는 저장기간 중 무처리구의 환원당 함량은 10°C와 마찬가지로 거의 변화가 없었다. 그러나 열처리구는 glucoamylase 활성의 증가와 더불어 환원당 함량도 저장 30일에 5.68%로 급격히 증가하였다. 초고압처리구의 환원당 함량도 glucoamylase 활성의 변화와 유사하게 저장 12일에 5.42%로 증가하였다가 감소하여 저장 30일에는 3.03%이었다.

이상의 결과에서 10°C와 25°C에서 저장하는 동안 열 또는 초

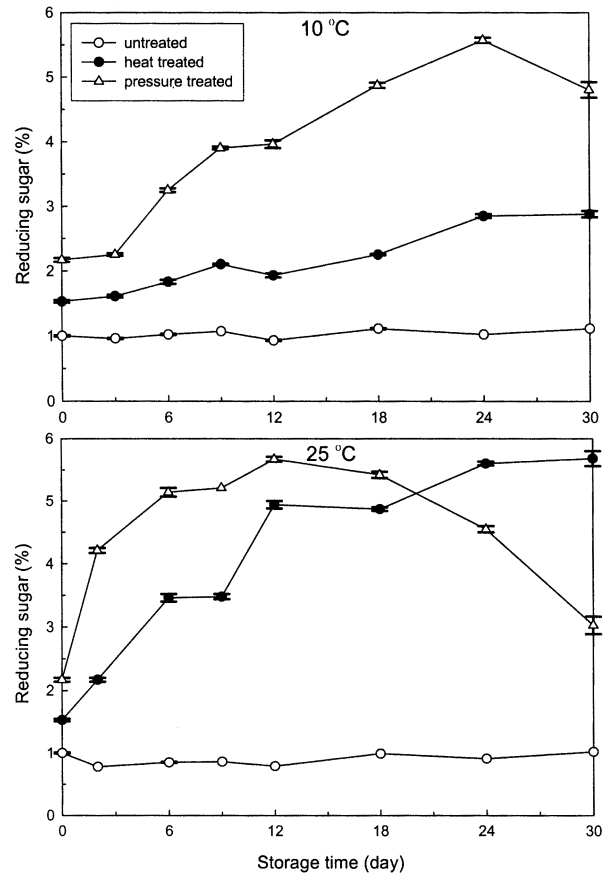


Fig. 7. Changes in reducing sugar of Foxtail Millet *Takju* treated with heat or high hydrostatic pressure during stored at 10°C and 25°C.

고압으로 처리한 좁쌀탁주는 효모의 사멸로 인하여 환원당이 소비되지 않았을 뿐만 아니라, glucoamylase의 활성 증가로 환원당 함량이 증가되었으므로, 기존 탁주의 후발효에 의한 쓴맛을 보완하기 하여 당을 첨가해야 하는 문제를 해결할 수 있을 것으로 기대된다(6). 한편 열 또는 초고압으로 처리한 좁쌀탁주의 환원당 함량은 10°C보다 25°C에서 더 증가하였는데, 지나친 환원당 함량의 증가는 좁쌀탁주의 protease에 의해 생성되는 아미노산과 화학반응을 일으켜 갈변의 원인물질을 생성할 수 있으므로 25°C에서보다 10°C에서 저장하는 것이 바람직하다.

열 또는 초고압으로 처리한 좁쌀탁주를 10°C와 25°C에서 30일간 저장한 후의 관능적 특성은 Table 1과 같았다. 단맛은 10°C에서 저장한 열 또는 초고압처리구가 가장 높았으며, 무처리구는 모든 저장온도에서 유의적으로 가장 낮은 값을 보였다. 이

Table 1. Sensory properties of Foxtail Millet *Takju* treated with high hydrostatic pressure after storage at 10°C and 25°C for 30 days

Sensory attribute	Storage temperature					
	10°C			25°C		
	Untreated	Heat treated	Pressure treated	Untreated	Heat treated	Pressure treated
Sweetness	2.5 ^{bc1)}	4.2 ^a	4.2 ^a	1.5 ^c	3.4 ^{ab}	1.8 ^c
Sourness	7.8 ^a	5.8 ^b	4.2 ^c	8.2 ^a	4.7 ^c	7.8 ^a
Bitterness	6.4 ^{ab}	4.6 ^c	4.6 ^c	7.0 ^a	5.0 ^{bc}	6.6 ^a
Overall acceptance	3.2 ^{bc}	4.7 ^a	4.7 ^a	2.0 ^c	4.4 ^{ab}	2.2 ^c

¹⁾The same superscripts in the same row are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

는 10°C에서 저장기간 동안 열 또는 초고압처리구의 환원당 함량이 증가한 반면, 무처리구는 감소하였기 때문인 것으로 추정된다. 좁쌀탁주의 신맛은 무처리구와 25°C에서 저장한 초고압처리구가 가장 강하였는데, 이는 적정산도의 변화와 일치하는 것으로 저장기간 중 적정산도가 증가하는 저장온도 25°C에서의 무처리구가 가장 신맛이 강하였다. 쓴맛의 경우 신맛과 비슷한 경향을 보여 무처리구와 25°C에서 저장한 초고압처리구가 가장 높았으며, 단맛이 강한 10°C에서 저장한 열 또는 초고압처리구가 유의적으로 가장 낮았다. 한편 종합적인 기호도는 10°C에서 저장한 열 또는 초고압처리구가 가장 높은 반면, 무처리구와 특히 25°C에서 저장한 초고압처리구가 가장 낮았는데, 이는 단맛의 관능검사 결과와 일치하는 것으로, 좁쌀탁주의 기호도는 관능적 특성 중 단맛에 의하여 가장 큰 영향을 받는 것으로 추정된다.

요 약

좁쌀탁주를 열(65°C/30분) 또는 초고압(27°C/400 MPa/10분)으로 처리한 후 10°C와 25°C에서 저장기간에 따른 미생물수, 효소활성 및 품질변화를 측정하였다. 열 또는 초고압처리구의 일 반세균수는 모든 저장온도에서 저장기간에 따라 큰 변화가 없었으며, 젖산균과 효모는 완전히 사멸된 후 저장 30일 동안 검출되지 않았다. α -Amylase의 상대활성은 초고압처리구에서 10°C에서 저장 3일에 169.7%로 급격히 증가하였다가 저장 30일에 137.7%로 감소하였으며, 25°C에서는 저장 30일에 68.7%로 저장기간에 따라 서서히 감소되는 경향을 보였다. 열처리구는 저장기간 동안 거의 변화 없이 낮은 활성을 유지하였다. 열처리구의 glucoamylase 상대활성은 10°C와 25°C에서 가역적인 변화를 나타내어 저장 30일에 각각 36.5%와 54.3%이었지만, 초고압처리구는 10°C에서 저장기간에 따라 활성이 증가하여 저장 30일에 158.2%이었다. 무처리구의 적정산도는 저장기간 동안 증가한 반면, 열 또는 초고압처리구는 변화가 거의 없었다. 10°C에서 저장기간 중 무처리구의 환원당 함량은 거의 변화가 없는 반면, 열처리구는 저장기간 중 계속적으로 증가하여 저장 30일에는 2.9%이었고, 초고압처리구는 저장 3일 후부터 급격히 증가하는 현상을 보였으며 저장 30일에는 4.8%이었다. 관능검사 결과 10°C에서 30일 저장한 초고압처리구가 신맛과 쓴맛이 적고 단맛과 종합적인 기호도가 높아 가장 우수한 품질을 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(98-04-02-01-01-3) 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Lee KB, Kim JH. Studies on radiation preservation of fermented Korean rice-wine. Korean J. Microbiol. 7: 45-56 (1969)
2. Mok CK, Lee JY, Chang HG. Quality changes of non-sterilized Yakju during storage and its shelf-life estimation. Food Eng. Prog. 1: 192-197 (1997)
3. Lee CH, Tae WT, Kim, GM, Lee HD. Studies on the pasteurization conditions of *Takju*. Korean J. Food Sci. Technol. 23: 44-51 (1991)
4. Lee ZS, Rhee TW. Studies on the microflora of *Takju* brewing. Korean J. Microbiol. 8: 116-133 (1970)
5. Lee CH, Lee HD, Kim JY, Kim KM. Sensory quality attributes of *Takju* and their changes during pasteurization. Korean J. Diet. Cult. 4: 405-410 (1989)
6. Bae SM, Kim HJ, Oh TK, Kho YH. Preservation of *Takju* by pasteurization. Korean J. Appl. Microbiol. Biotech. 18: 322-325 (1990)
7. Mok CK, Lee JY, Chang HG. Optimization of heat sterilization condition for Yakju. Food Eng. Prog. 2: 137-143 (1998)
8. Lee DU, Park J, Kang JI, Yeo IH. Effect of high pressure on the shelf-life and sensory characteristics of angelica keiskei juice. Korean J. Food Sci. Technol. 28: 105-108 (1996)
9. Park JM, Oh HI. Changes in microflora and enzyme activities of traditional Kochujang meju during fermentation. Korean J. Food Sci. Technol. 27: 56-62 (1995)
10. Hong SW, Hah YC, Yoon KS. On the changes of amylase activity and saccharifying ability in Takjoo mashes during the process of brewing. Korean J. Microbiol. 6: 141-146 (1968)
11. Miller GL. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Anal. Chem. 31: 426-428 (1959)
12. 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)
13. Stone H, Sidel JL. Sensory Evaluation Practices. 2nd ed. Academic Press. New York, NY, USA. pp. 84-87 (1993)
14. SAS Institute Inc. SAS User's Guide. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA (1996)
15. Weemaes C, De Cordt S, Goossens K, Ludikhuyze L, Hendrickx M, Herenans K, Tobback P. High pressure, thermal, and combined pressure-temperature stabilities of α -amylases from *Bacillus* Species. Biotechnol. Bioeng. 50: 49-56 (1996)
16. Laidler KJ, Bunting PS. General kinetic principles. pp. 35-67. In: The Chemical Kinetics of Enzymic Action. Leidler KJ (ed). Clarendon Press, Oxford, UK (1973)
17. Tanaka T, Hatanaka K. Application of hydrostatic pressure to yoghurt to prevent its after-acidification. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi 39: 173-177 (1992)
18. Hara A, Nagahama G, Ohbayashi A, Hayashi R. Effects of high pressure on inactivation of enzymes and microorganisms in non-pasteurized rice wine. J. Agric. Chem. Soc. Jpn. 64: 1025-1030 (1990)

(2003년 10월 25일 접수; 2004년 3월 5일 채택)