

단양주 방법으로 제조된 막걸리의 발효과정 중 초고압 처리에 의한 미생물적 및 이화학적 특성 변화

하수정¹ · 양승국¹ · 인예원¹ · 김윤지² · 오세욱^{1*}

¹국민대학교 식품영양학과

²한국식품연구원 융합기술연구본부

Changes in Microbial and Physicochemical Properties of Single-Brewed *Makgeolli* by High Hydrostatic Pressure Treatment during Fermentation

Su-Jeong Ha¹, Seung-Kuk Yang¹, Ye-Won In¹, Yun-Ji Kim², and Se-Wook Oh^{1*}

¹Dept. of Food and Nutrition, Kookmin University, Seoul 136-702, Korea

²Division of Convergence Technology, Korea Food Research Institute, Gyeonggi 463-746, Korea

Abstract

This study was conducted to examine changes in the microbial and physicochemical properties of single-brewed *Makgeolli* in response to high hydrostatic pressure (HHP) treatment during various fermentation stages. HHP was applied in 2-day intervals at 400 MPa for 5 min during fermentation at 25°C. As a result, lactic acid bacteria showed 5~6 log reduction and reappeared at approximately 3~6 log cfu/mL as fermentation proceeded. Yeast also showed 5~6 log reduction but did not reappear during later fermentation period. HPP treatment did not result in any alcohol production on day 0 and 2. However, HPP treatment altered the pH and titratable acidity by reducing the number of microorganism. Reducing sugar contents of the samples increased continuously to 8.99% in 0 day treated sample and 5.01% in 2 day treated sample, whereas untreated *Makgeolli* contained 1.53% reducing sugars on 6 day due to alcohol conversion by yeast. Based on these results, HPP treatment during various fermentation stages altered the physicochemical properties of *Makgeolli* by changing the microbial community.

Key words: *Makgeolli*, non-thermal technology, high hydrostatic pressure, physicochemical properties, microbial properties

서 론

전통 민속주 막걸리는 멥쌀, 찹쌀, 보리, 밀가루 등의 곡류와 누룩을 사용하여 일정한 온도에서 발효한 술로서 곰팡이에 의한 다당류 분해와 효모에 의한 알코올 생성이 같이 일어나는 병행 복합효에 의해 제조된다(1). 시중에 판매되는 막걸리는 알코올 도수가 6~8% 정도로 단백질, 아미노산, 당질 등 영양소가 풍부하고, 젖산균과 효모에 의해 생성된 유기산과 비타민을 함유하고 있어 시원한 맛을 가질 뿐 아니라 다양한 생리활성 물질도 함유하고 있다(2,3). 또한 막걸리는 식이섬유를 가지고 있기 때문에 변비 예방에 효과적이고, 콜레스테롤 저하 및 항암효과, 성인병 예방 등 다양한 건강기능성 작용이 밝혀지고 있으며 이와 더불어 소비도 증가하고 있다(4).

막걸리에는 *Mucor*, *Rhizopus*, *Aspergillus* 속 곰팡이와 *Saccharomyces*, *Pichia*, *Candida*, *Toropsis*, *Hansenula* 속

의 효모와 *Bacillus*, *Micrococcus*, *Aerobacter*, *Pseudomonas* 속의 세균이 생육하고 있다고 보고되어 있다(5). 막걸리는 숙성과정뿐만 아니라 숙성 후에도 이러한 미생물에 의하여 잔존하는 당류가 계속 발효되어 단맛이 소실되는 등 품질 균일화 및 유지가 어렵다(6,7). 따라서 품질 좋은 막걸리를 제조하기 위해서는 미생물에 대한 제어가 반드시 필요하다고 할 수 있다.

막걸리에 존재하는 미생물에 대한 살균은 주로 저장성 연장을 목적으로 연구되었는데, 초고압 처리(8), 식물추출물 첨가(9), 저온살균(10)에 대한 연구가 보고되고 있지만, 발효 미생물 조절에 의한 막걸리의 품질을 개선 연구는 찾아보기 어렵다.

미생물 살균 기술 중 하나인 초고압 처리는 비가열 살균 기술로 효소도 불활성화 시킬 수 있으며, 또한 액체 및 고체 식품분야에 적용할 수 있기 때문에 새로운 식품 살균법으로 주목받고 있다(11). 초고압 처리는 열 발생이 크지 않아 식품

*Corresponding author. E-mail: swoh@kookmin.ac.kr
Phone: 82-2-910-5778, Fax: 82-2-910-4799

의 향미를 보존하고 영양성분 파괴가 적은 특성이 있다(8). 살균기작으로는 비 공유결합이 변화되어 생체 세포막 등이 파괴되어 미생물을 사멸시키는 것으로 알려져 있다(12). 초고압은 동치미의 미생물, 효소 불활성화 및 조직감 변화를 위하여 연구되기도 하였으며(13), 또한 좁쌀 탁주(8), 대추술(12), 동치미(13)에 처리되어 저장 안정성 및 품질 안정화를 위한 연구가 진행되기도 하였다.

본 연구에서는 발효과정 중 막걸리에 대한 초고압 처리가 막걸리의 이화학적 품질 지표에 미치는 영향을 파악하여 최종적으로 막걸리의 발효특성에 미치는 영향을 파악하기 위한 기초 연구로 수행되었다.

재료 및 방법

재료 및 막걸리의 제조

본 실험에 사용된 쌀은 순천별량농협(Suncheon, Korea)에서 구입하였으며, 누룩과 효모는 송학곡자제조장(Gwangju, Korea)에서 구입하여 사용하였다. 막걸리 제조는 쌀 1 kg을 세척하여 2시간 동안 물에 침지하고 1시간 동안 물기를 제거한 후, 물기를 뺀 쌀에 물 0.8 L을 넣고 증자하여 고두밥을 만들었다. 이후 상온에서 식힌 후, 물 1.6 L, 누룩 80 g, 효모 2 g을 넣고, 잘 혼합한 후 25°C에서 6일간 발효시킨 단양주로 제조하였다. 발효가 완료된 술덧은 거즈를 이용하여 여과하고 본 실험에 사용하였다.

초고압 처리

초고압기(Quintus food processor, QFP 6, ABB Autoclave systems Inc., Columbus, OH, USA)를 이용하였다. 300 mL 폴리프로필렌 병에 막걸리를 head space가 없도록 가득 채워 밀봉한 다음, 총 발효 6일 중 발효 0일째부터 2, 4, 6일차가 되는 각각의 막걸리를 2개씩 준비하여 400 MPa 압력으로 25°C에서 5분간 실시하였다. 초고압을 처리한 막걸리는 총 발효기간이 6일이 되도록 25°C에 저장하면서 발효 숙성시켰다. 시료 채취 시에는 용량 변화로 결과에 미치는 영향을 최소화하기 위해 각 병의 시료를 따로 준비하여 채취하였다.

이화학적 특성 분석

알코올 함량은 제조된 발효주 100 mL를 메스실린더로 취

해 증류장치(Wise Therm[®]WHM, Daihan, Wonju, Korea)를 이용하여 증류한 다음 주정계로 알코올 도수(%)를 측정하고, Gay-Lussac의 주정도수환산표에 의해 온도 보정을 실시하였다. pH는 pH meter(Orion 2-star Benchtop, Thermo scientific, Beverly, MA, USA)로 측정하였다. 산도는 1%(v/v) phenolphthalein을 지시약으로 사용하여 0.1 N NaOH 용액으로 선홍색이 될 때까지 적정하여, 젖산 함량(%)으로 환산하여 계산하였다. 환원당은 dinitrosalicylic acid(DNS)법으로 측정하였으며, 환원당 함량(%)은 glucose standard curve를 이용하여 분석하였다. 실험에 사용된 모든 시약은 시그마사(St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다.

미생물 균수 측정

막걸리를 0.2%(w/v) peptone(Oxoid, Hampshire, England) water로 10진 희석한 후, 효모는 세균의 성장을 억제하기 위하여 10%(v/v) 젖산용액이 첨가된 potato dextrose agar(PDA, Oxoid)로 30°C에서 48시간 배양한 후 계수하였고, 젖산균수는 0.02%(w/v) bromocresol purple이 첨가된 MRS agar(Oxoid)로 37°C에서 24시간 배양한 후 계수하였다.

통계처리

알코올 함량 측정은 한 번에 많은 양이 필요하였기 때문에 1회 측정하였고, 알코올 함량을 제외한 모든 실험은 3회 반복하여 측정하였다. 얻어진 결과는 SPSS software(version 19.00, IBM, New York, NY, USA)를 이용하여 ANOVA 실시 후 Tukey's test에 의하여 5%의 유의수준(p<0.05)에서 검정하였다.

결과 및 고찰

막걸리 발효 중 미생물 특성 변화

막걸리를 담근 후 25°C에서 발효시키면서 이를 간격으로 초고압 처리를 하였으며 젖산균 변화를 측정하여 Table 1에 나타내었다. 발효 초기의 젖산균은 6.88 log cfu/mL 수준으로 측정되었는데, 이는 막걸리 제조에 사용된 누룩에서 유래하였을 것으로 예상되었다. Woo 등(14)은 대구·경북 농가에서 7종의 누룩을 수집하여 분석한 결과, 젖산균이 10⁸ cfu/g 수준을 나타내었다고 하여 본 실험 결과와 유사하였다.

Table 1. Changes in lactic acid bacteria of *Makgeolli* treated with high hydrostatic pressure at 400 MPa/5 min

Treatment on	Fermentation time (days)			
	0	2	4	6
Untreated	6.88±0.52 ¹⁾	7.58±0.54 ^{2)a}	7.51±0.35 ^a	7.77±0.39 ^a
0 day	1.34±0.57 ^a	3.48±0.74 ^b	4.31±1.42 ^c	6.95±0.36 ^d
2 day	6.88±0.52 ^a	ND ^{3)b}	ND ^b	4.83±0.64 ^c
4 day	6.88±0.52 ^a	7.58±0.54 ^a	ND ^b	ND ^b
6 day	6.88±0.52 ^a	7.58±0.54 ^a	7.51±0.35 ^a	ND ^b

¹⁾Data represents means ± standard deviations of three measurements.

²⁾Means with the same letter within a row (following the values) are not significantly different (p<0.05).

³⁾Not detected (detection limit: 1 log cfu/mL).

초고압을 처리하지 않은 처리구는 발효기간이 지남에 따라 서서히 증가하여 관능적으로 적숙기인 6일에는 7.77 log cfu/mL를 나타내었다. 0일차 초고압 처리구는 1.34 log cfu/mL 수준으로 저감되었다가 발효시간에 따라 계속적으로 증가하여 6일에는 6.95 log cfu/mL 수준을 나타내었다. 2일차 초고압 처리구는 처리 직후 젖산균이 검출되지 않아, 검출한계 이하인 1 log cfu/mL 이하로 측정되어 5~6 log 수준의 감소가 일어났음을 알 수 있었다. 초고압 처리 후 4일차에도 젖산균이 검출되지 않았지만, 6일차에는 4.83 log cfu/mL 수준으로 다시 검출되었기 때문에 검출한계 이하로 저감되었다가 시간이 경과에 따라 다시 회복되어 성장하였음을 알 수 있었다. 4일차 초고압 처리구는 4일차 처리구와 유사하게 처리 직후와 처리 이틀 후에도 젖산균이 검출되지 않았다. 관능적으로 적숙기로 판단되는 6일차 막걸리에 대한 초고압 처리도 역시 젖산균이 검출되지 않아 역시 5~6 log 수준의 감소가 일어났음을 알 수 있었다. Hong과 Park(15)은 동치미에서 400 MPa와 500 MPa로 초고압 처리하였을 때, 7 log 이상으로 균수가 감소하였다고 하여 본 실험의 결과와 유사하였다. 발효과정 중 0일차 막걸리는 다른 처리구에 비하여 젖산균이 비교적 덜 감소된 것으로 나타났는데, 이는 0일차 막걸리의 경우, 발효가 진행되지 않아 막걸리 성분인 액체 형태보다는 밥 등의 고체 형태로 존재하기 때문에 효과적으로 초고압이 작용하지 못하였기 때문이라고 생각되었다.

발효 중 초고압을 처리한 막걸리의 효모수를 측정하여 Table 2에 나타내었다. 발효 초기 효모는 4.84 log cfu/mL 수준으로 측정되었는데 젖산균과 마찬가지로 누룩에서 유래되었다고 판단되었다. Woo 등(14)은 수집한 누룩에서 효모가 $10^7 \sim 10^8$ cfu/g 수준으로 존재하였다고 하였다. 초고압을 처리하지 않은 처리구는 발효 기간에 따라 계속적으로 증가하여 적숙기에는 7 log 수준으로 존재하였다. 0일차 초고압 처리구는 처리 직후 2.63 log cfu/mL를 나타내어 2 log 수준의 저감이 발생하였으며 이후 적숙기인 6일까지 검출되지 않았다. 2일차 초고압 처리구와 4일차 처리구는 처리 직후 1.51 log cfu/mL, 1.33 log cfu/mL 수준이었으며 이후 적숙기까지 검출되지 않았다. 적숙기인 6일차 막걸리는 초고압 처리 후 검출한계 이하로 감소하였다.

초고압을 처리한 막걸리의 발효가 지속되면서 젖산균은

계속적으로 검출되거나(0일차) 일정기간이 지난 후 다시 검출되었지만(2일차), 효모는 초고압 처리 후 6일 때까지 검출되지 않았다. 이는 초고압 처리에 의한 손상 후 회복하는 기작이 효모보다는 젖산균이 빠르거나 아니면 막걸리 발효 중 효모는 젖산균보다 균수가 더 낮은 수의 상태에서 처리되었기 때문에 효모는 모두 사멸해서 회복될 효모가 없을 수도 있다고 생각되었다. Jwa 등(16)은 좁쌀약주를 초고압으로 처리한 결과 300 MPa 이상에서는 젖산균과 효모가 완전히 사멸되었고, 세균은 65°C에서 60분 동안 처리하였을 때 2~3 log가 감소되었다고 보고하였다. Mok 등(17)은 적포도주에 1,000~3,500 기압에서 0~30분간 초고압을 처리하였을 때, 약간의 이화학적 변화를 가져왔으며, 총 균수는 2,500 기압에서 5분 동안 처리했을 때 초기 균수 4.15×10^5 cfu/mL에서 2.41×10^3 cfu/mL를 나타내었다고 하였다. 효모는 3,000 기압에서 10분 동안 처리했을 때 2.87×10^5 cfu/mL에서 2.89×10^2 cfu/mL로 나타내었다고 하여 원핵세포 미생물보다 진핵세포 미생물이 압력에 더 민감하였다고 하여 본 실험의 결과와 유사하였다.

막걸리 발효 중 이화학 특성 변화

초고압 처리가 막걸리 숙성에 미치는 영향을 파악하기 위하여 제조 후 총 발효 6일 중 발효 0일째부터 2, 4, 6일차가 되는 각각의 막걸리에 초고압을 처리하여 이화학적 특성을 분석하였다. 초고압을 처리한 막걸리의 알코올 함량을 측정하여 Fig. 1에 나타내었다. 초고압을 처리하지 않은 처리구는 2일까지 변화가 없었지만, 그 이후 급격히 증가하여 4일에는 5.1%, 발효 후에는 7.1% 알코올 함량을 나타내었다. 본 실험에서 제조된 막걸리는 누룩만을 이용하여 단양식으로 막걸리를 제조하였기 때문에 비교적 낮은 알코올 함량을 가지고 있었다. Kim 등(18)은 전통주의 제조방법별 발효 특성 및 숙성 후 품질변화 비교에서 단양주로 제조된 전통주가 7.1%의 알코올 함량을 나타낸다고 하여 본 결과와 유사하였다. 0일차와 2일차 초고압 처리구는 알코올 함량이 거의 없는 것으로 나타나 알코올 발효가 진행되지 않은 것으로 생각되었다. 이는 초고압에 의해 효모가 살균되었기 때문이라고 생각되었다. 4일차 초고압 처리구는 알코올 함량이 4.6%(v/v)에서 오히려 6일째 3.6%(v/v)로 감소하는 것으로 나타났다. 발효 6일차 처리구에서는 발효가 끝난 시점이기 때문에

Table 2. Changes in yeast count of *Makgeolli* treated with high hydrostatic pressure at 400 MPa/5 min

Treatment on	Fermentation time (days)			
	0	2	4	6
Untreated	4.84±0.42 ¹⁾	6.50±0.95 ^{2b)}	7.52±0.48 ^{b)}	7.08±0.33 ^{b)}
0 day	2.63±0.06 ^{a)}	ND ³⁾	ND ^{b)}	ND ^{b)}
2 day	4.84±0.42 ^{a)}	1.51±0.16 ^{b)}	ND ^{c)}	ND ^{c)}
4 day	4.84±0.42 ^{a)}	6.50±0.95 ^{a)}	1.33±1.53 ^{b)}	ND ^{b)}
6 day	4.84±0.42 ^{a)}	6.50±0.95 ^{b)}	7.52±0.48 ^{b)}	ND ^{c)}

¹⁾Data represents means ± standard deviations of three measurements.

²⁾Means with the same letter within a row (following the values) are not significantly different ($p < 0.05$).

³⁾Not detected (detection limit: 1 log cfu/mL).

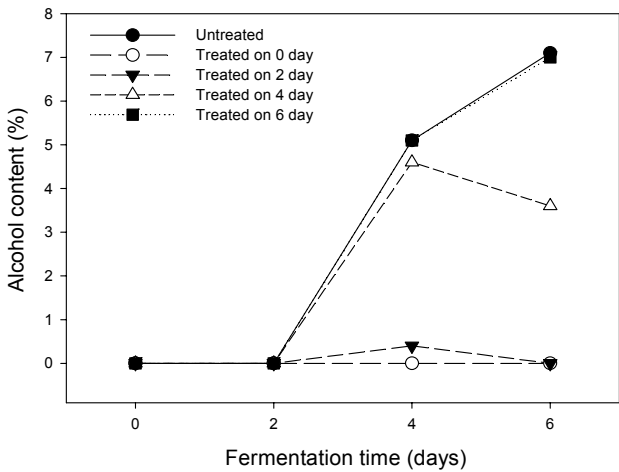


Fig. 1. Changes in alcohol content of *Makgeolli* treated with high hydrostatic pressure at 400 MPa for 5 minute during fermentation at 25°C.

처리하지 않은 처리구와 유사한 7.0%(v/v) 알코올 함량을 나타내었다.

초고압을 처리한 막걸리의 pH 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 초고압 비처리구는 발효가 지속하면서 생성된 산 영향 때문에 빠르게 감소하여 6일에는 pH 3.19를 나타내었다. 0일에 초고압 처리구는 처리 직후 초기 pH가 높아졌고 발효기간이 진행됨에 따라 감소하여 6일 경에는 pH 3.7 정도를 나타내었다. 4일차 초고압 처리구는 4일까지는 대조구인 비처리구와 동일하였지만 발효 6일에는 4일차에 비하여 오히려 높은 pH를 나타내었다. 6일차 초고압 처리구는 대조구에 비하여 약간 높은 pH를 나타내었다. 이에 비하여 2일차 초고압 처리구는 2일차부터 비교적 높은 pH를 나타내었으며 발효기간이 지남에 따라 일정한 pH를 나타내었으며 최종 발효 6일차에는 pH 4.84를 나타내어 다른 처리구와는 다른 양상을 나타내었다. 2일차 초고압 처리구는 Table 1에 나타낸 것과 같이 초고압 처리로 젖산균이 검출한계 이내로 감소

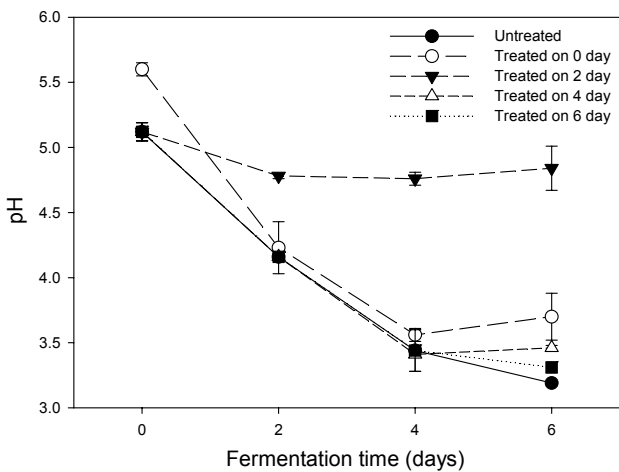


Fig. 2. Changes in pH of *Makgeolli* treated with high hydrostatic pressure at 400 MPa for 5 minute during fermentation at 25°C. Values are mean±SD of triple measurements.

한 후 발효기간에 젖산균이 사멸되어 젖산균에 의한 pH 저하가 발생하지 않은 것이라고 생각되었다. 그 이후 젖산균은 4.83 log cfu/mL로 6일차에 다시 검출되었지만 pH에는 큰 변화가 없었다. 이는 회복단계의 젖산균이 충분한 젖산을 생성하지 못하여 pH에 영향을 미치지 못하였거나 막걸리에 존재하는 당류, 아미노산 등의 완충작용에 기인하였을 것이라고 생각되었으나 향후 이에 대한 정밀검토가 필요하다고 생각되었다. 0일차 초고압 처리구는 발효 초기이기 때문에 막걸리가 고체적 물성 특성이 있어 초고압이 효율적으로 처리되지 않아 젖산균이 생존하였으며(Table 1) 이에 따라 유기산이 생성되어 pH가 낮게 측정된 것으로 생각되었다.

초고압을 처리한 막걸리의 발효기간에 따른 적정산도를 측정하여 Fig. 3에 나타내었다. 초고압 비처리구는 0.09%에서 지속적으로 증가하여 최종적으로 0.58%를 나타내었다. 0일차, 4일차, 6일차에 초고압 처리구는 대조구와 유사한 양상으로 적정산도가 증가하였다. 4일차 초고압 처리구는 처리 이후 적정산도가 증가하지 않았다. 2일차 초고압 처리구는 처리 시 0.23% 수준의 적정산도이었으나 이후 4일까지는 적정산도가 오히려 소폭 감소하여 최종적으로 6일째에는 0.27%를 나타내었다. 2일차 초고압 처리구는 Table 1에 나타난 바와 같이 젖산균이 검출한계 이내로 사멸되어 젖산균에 의한 유기산 생성이 원활하게 진행되지 않아 적정산도가 낮은 것으로 판단되었다. 오히려 0일차 시료는 초고압 처리에 생존한 젖산균이 유기산을 생성하여 적정산도가 비교적 높게 나타난 것으로 판단되었다.

초고압 처리한 막걸리의 환원당 함량을 측정하여 Fig. 4에 나타내었다. 일반적으로 막걸리는 초기에 곰팡이류에 의한 전분 분해로 환원당이 증가하며 이와 동시에 효모가 당을 이용하여 알코올로 전환하는 것으로 알려져 있다. 초고압을 처리하지 않은 대조구는 환원당 함량이 2일까지 증가하였으며 이후 알코올 발효에 기질로 사용되어 급격한 감소하여 최종적으로 1.53%를 나타내었다. 0일차 초고압 처리구는 대

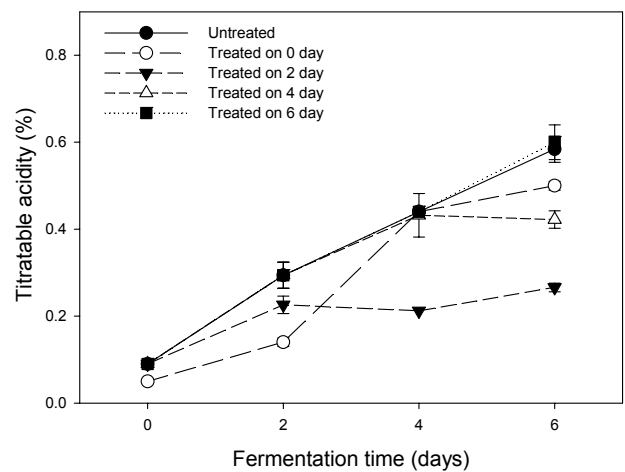


Fig. 3. Changes in titratable acidity of *Makgeolli* treated with high hydrostatic pressure at 400 MPa for 5 minute during fermentation at 25°C. Values are mean±SD of triple measurements.

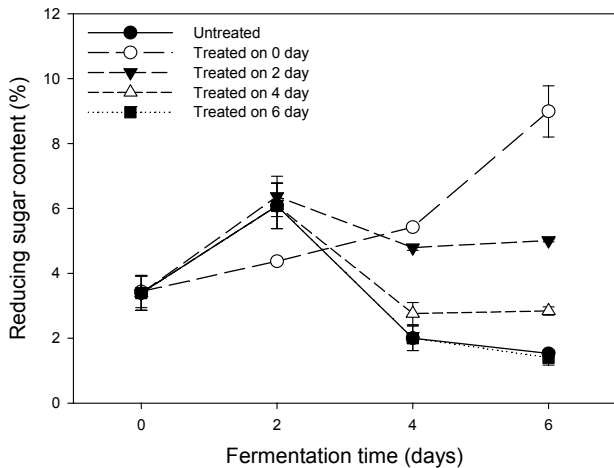


Fig. 4. Changes in reducing sugar content of *Makgeolli* treated with high hydrostatic pressure at 400 MPa for 5 minute during fermentation at 25°C. Values are mean±SD of triple measurements.

조구와는 달리 환원당이 발효시간이 지남에 따라 지속적으로 증가하여 발효 6일차에 8.99%를 나타내었다. 이는 효모가 살균되어서 알코올로 전환이 되지 않아 환원당이 계속적으로 증가된 것이라고 생각되었다. 또한 Jwa 등(16)은 좁쌀 약주를 초고압으로 처리하여 α -amylase의 효소활성을 측정 한 결과 α -amylase의 효소활성은 400 MPa까지는 처리하지 않은 약주와 비슷하였다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서 초고압 처리된 막걸리의 효소 불활성화 효과가 크지 않을 것이라고 생각되었다. 2일차 초고압 처리구는 서서히 감소하여 최종적으로 5.01%를 나타내었다. 4일차 초고압 처리구는 효모가 살균되어 환원당이 알코올로 전환되지 않아 환원당 함량이 변화되지 않았으며 최종적으로 2.84%를 나타내었다. 6일차 초고압 처리구는 발효가 거의 완료된 시점이기 때문에 대조구와 유사한 함량을 나타내었다.

최종적으로 초고압 처리는 막걸리에 존재하는 곰팡이, 효모 및 젖산균의 사멸을 유발하므로 발효과정 중 처리하는 시점에 따라 막걸리의 발효 양상이 달라짐을 알 수 있었다. 초고압 처리는 우선적으로 미생물이 사멸되며 이후 pH 변화, 적정산도 변화, 환원당 변화가 동반되며 최종적으로 알코올 함량도 변화됨을 알 수 있었다. 일반적으로 발효 완료 후 저장기간 연장을 위해 사용되는 초고압 처리가 막걸리 숙성과정에 도입되면 발효 미생물 변화 및 대사 변화를 유발하여 이화학적 품질이 다양한 막걸리 생산이 가능할 것으로 생각되었다.

요 약

본 연구는 초고압 처리가 발효 중인 막걸리의 이화학적 및 미생물적 특성에 미치는 영향을 파악하기 위하여 실시하였다. 초고압은 막걸리 숙성 0일째부터 2일 간격으로 총 6일까지의 시료에 대하여 400 MPa 압력으로 5분간 실시하였다.

그 결과, 초고압 처리로 젖산균은 5~6 log 수준으로 감소하였으며 이후 일정기간이 경과한 후에 다시 약 3~6 log cfu/mL 수준으로 출현하였다. 효모도 마찬가지로 5~6 log 수준으로 검출한계 이내로 감소하였지만 숙성완료 시점까지 다시 출현하지는 않았다. 초고압을 처리한 막걸리는 알코올 생성이 정지되는 것으로 나타났으며 특히 0일차와 2일차에 처리한 시료는 알코올이 거의 생성되지 않았다. 초고압 처리는 젖산균을 사멸시켜 pH와 적정산도에 영향을 미쳤다. 특히 2일차 초고압 처리 막걸리는 젖산균이 사멸되어 pH가 저하되지 않았으며 또한 적정산도도 낮게 나타났다. 환원당 함량의 경우 0일차 처리구는 효모에 의한 알코올 전환이 일어나지 않아 계속적으로 환원당이 증가하여 6일째 8.99%에 달하였으며 2일차 처리구는 효모가 살균되어 환원당이 알코올로 효율적으로 전환되지 못하여 5.01%를 나타내었다. 초고압을 처리하지 않은 처리구는 1.53%를 나타내었다. 결론적으로 발효과정 중 막걸리에 대한 초고압 처리는 발효 미생물의 변화를 유발하여 이화학적 특성 및 미생물적 특성에 영향을 미침을 알 수 있었으며 최종적으로 막걸리 품질에도 영향을 미칠 수 있을 것이라고 생각되었다.

감사의 글

본 연구는 한국식품연구원 주요사업의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

문 헌

- Bae SM, Lee YH, Lee MK, Kang SA, Cheong C. 2008. Effects of traditional *Nuruk* ratio and yeast on the fermentation and quality of *Yakju*. *J East Asian Soc Dietary Life* 18: 41-48.
- Lee SJ, Kim JH, Jung YW, Park SY, Shin WC, Park CS, Hong SY, Kim GW. 2011. Composition of organic acids and physiological functionality of commercial *Makgeolli*. *Korean J Food Sci Technol* 43: 206-212.
- Lee TJ, Hwang DY, Lee CY, Son HJ. 2009. Changes in yeast cell number, total acid and organic acid during production and distribution processes of *Makgeolli*, traditional alcohol of Korea. *Kor J Microbiol* 45: 391-396.
- Lee DH, Kim JH, Lee JS. 2009. Effect of pears on the quality and physiological functionality of *Makgeolli*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 22: 606-611.
- Lee ZS, Rhee TW. 1970. Studies on the microflora of Takju brewing. *Korean J Microbiol* 8: 116-133.
- Lee CH, Lee HD, Kim JY, Kim KM. 1989. Sensory quality attributes of Takju and their changes during pasteurization. *Korean J Dietary Culture* 4: 405-410.
- Bae SM, Kim HJ, Oh TK, Kho YH. 1990. Preservation of Takju by pasteurization. *Korean J Appl Microbiol Biotech* 18: 322-325.
- Lim SB, Jwa MK, Mok CK, Park YS. 2004. Change in microbial counts, enzyme activity and quality of *Foxtail Millet Yakju* treated with high hydrostatic pressure during storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 576-581.
- 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.
10. Lee CH, Tae WT, Kim GM, Lee HD. 1991. Studies in the pasteurization conditions of *Takju*. *Korean J Food Sci Technol* 23: 44-51.
11. Lee DU, Park JY, Kang JI, Yeo IH. 1996. Effect of high hydrostatic pressure on the shelf-life and sensory characteristics of *Angelica keiskei* juice. *Korean J Food Sci Technol* 28: 105-108.
12. Park HJ, Kim KY, Han GJ, Jeong HS. 2007. Quality of ju-jube wine with high hydrostatic pressure and freezing treatment. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 1351-1491.
13. Hong KP, Park JY. 1998. Changes in microorganisms, enzymes and texture of *Dongchimi* by high hydrostatic pressure treatment. *Korean J Food Sci Technol* 30: 596-601.
14. Woo SM, Shin JS, Seong JH, Yeo SH, Choi JH, Kim TY, Jeong YJ. 2010. Quality characteristics of brown rice *Takju* by different *Nuruks*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 301-307.
15. Hong KP, Park JY. 1998. Effects of high hydrostatic pressure on the shelf-life and quality of *Dongchimi*. *Korean J Food Sci Technol* 30: 602-607.
16. Jwa MK, Lim SB, Mok CK, Park YS. 2003. Inactivation of microorganisms and enzymes in *Foxtail Millet Yakju* by high hydrostatic pressure treatment. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 1221-1226.
17. Mok CK, Song KT, Park YS, Lim SB, Ruan R, Chen P. 2006. High hydrostatic pressure pasteurization of red wine. *J Food Sci* 71: 265-269.
18. Kim IH, Park WS, Koo YJ. 1996. Comparison of fermentation characteristics of Korean traditional alcoholic beverages prepared by different brewing methods and their quality changes after aging. *Korean J Dietary Cult* 11: 497-506.

(2012년 4월 26일 접수; 2012년 7월 19일 채택)