

초고압처리가 생막걸리의 저장기간 연장에 미치는 영향

Effect of High Hydrostatic Pressure Treatment on Extension of Shelf Life of Draft *Makgeolli*

최한석*

H. S. Choi
국립한국농수산대학
농수산가공학과¹
coldstone@korea.kr

강창수

C. S. Kang
국립한국농수산대학
농수산가공학과¹
cskang12@hanmail.net

Abstract

To extend the shelf life of draft *makgeolli*, UV irradiation and high hydrostatic pressure were conducted. UV irradiation did not reduce the total cell number in *makgeolli*, but high hydrostatic pressure treated drastically decreased. The number of viable cells in *makgeolli* was $2.2\text{-}5.8 \times 10^7$ CFU/mL, but when treated with 300 MPa pressure for 1 minute, it decreased to $1.4\text{-}10 \times 10^3$ CFU/mL, with 400 MPa to 4-68 CFU/mL, and with 500 MPa to under 40 CFU/mL. Yeast died at 400 MPa pressure, but *Bacillus amyloliquefaciens* and *Rummeliibacillus stabekisii* survived at 500 MPa pressure. The *makgeolli* treated with 400 and 500 MPa pressure did not increase the number of cells even when stored at room temperature (25°C) for 30 days, and changes in alcohol, acidity, and amino acid value were also suppressed. However, when stored for more than 30 days at room temperature, the acidity and amino acid levels of *makgeolli* increased, making it difficult to drink. At low temperature (4°C) storage, the quality change of *makgeolli* was suppressed until 70 days of storage, so it had a taste similar to that of fresh *makgeolli*.

Key words : *Makgeolli*, Shelf life, High hydrostatic pressure

* 교신저자

¹ Department of Agriculture & Fisheries Processing, Korea National College of Agriculture and Fisheries

I. 서론

막걸리는 시대에 따라 많은 변화를 겪어왔다. 막걸리는 고려도경(1123년) 등에 기록되어 있으며 고려시대부터 서민들이 애용했던 것으로 알려져 있다(강지은 등, 2014). 막걸리는 1910년도부터 해방과 한국전쟁을 거쳐 1970년대 산업화시기까지 점유율이 75%에 달하는 대중주였다(배상면, 2007, 강지은 등 2014). 그러나 88올림픽 등 국제화시기에 접어들면서 주류의 수입이 개방되었고 맥주와 소주의 소비량이 늘면서 막걸리의 소비량이 줄기 시작하였다. 막걸리는 90년대 점유율 20%를 거쳐 2018년 현재 11.7%로 감소하였다(국세청, 2019).

전통적으로 막걸리는 주막과 가정에서 만들어 마시던 가양주문화로 지역의 원료를 사용하는 등 그 지역의 특색을 담고 있었고 농산물 소비에도 큰 역할을 담당하였다. 1916년 막걸리 제조장(주막)의 수는 12만개였으나 일본이 주세를 징수하기 쉽게 소규모 제조장을 통폐합시킴으로서 1933년에는 3,579개로 줄었다(배상면, 2007). 이후 1965년 술에 쌀 사용을 금지하는 양곡법으로 1966년 2,568개, 1977년 1,474로 줄었고 쌀막걸리가 허용되는 1990년까지 1,321개로 줄었다(이동필 등, 2009). 2019년 현재에는 931개 제조장에 불과하다. 막걸리 1병을 제조하기 위해서는 대략 1/3의 쌀이 사용된다. 2019년 탁주와 약주에 사용된 쌀의 양은 5만 톤에 불과하나(통계청, 2019) 맥주와 소주를 만들기 위해 수입한 농산물은 맥아 23만 톤, 타피오카 등 소주용 원료 28만 톤에 상당한다.

막걸리는 전통지식과 기술계승의 의미를 가지고 있으며 체형적 요소가 있으므로 지역산업으로써 충분한 가치를 내포하고 있다. 특히, 자가 생산 농산물을 사용하는 지역특산 막걸리의 경우 법적 시설기준이 낮으며 세제에서 혜택이 있고

인터넷 판매가 허용되어 있기에 농업인에게 유리한 조건이다. 그러나 생막걸리는 살균처리를 하지 않기 때문에 유통과정 중에도 발효가 일어난다. 때문에 유통 중에 알코올 함량이 지속적으로 상승하고 이산화탄소 발생으로 막걸리가 병 밖으로 새어나오게 된다. 맛 적인 측면에서도 미생물이 발효성 당을 소비하면서 단맛이 감소하게 되고 유산균이 증식하여 신맛이 증가하게 된다.

생막걸리의 유통기간 연장은 제조자에 있어 재고부담을 덜 수 있고 지역유통에서 광범위한 지역까지 유통시킬 수 있는 길이다. 본 연구에서는 현행 1주일밖에 되지 않는 막걸리의 유통기간을 연장시키고자 하였다. 이를 위해 UV조사와 초고압살균을 적용하였다. 초고압 처리기술은 열을 사용하지 않고 미생물 살균, 단백질 변성, 효소 불활성화, 겔 형성 등의 작용을 하므로 식품에서 새로운 기술로 인식되고 있다. 특히, 저분자량 물질 보다는 소수성 결합 등으로 이루어진 거대분자에 대하여 선택적으로 작용하므로, 천연의 향과 맛을 손상시키지 않으면서 미생물을 살균하거나 효소를 불활성화시킬 수 있다. 전통식품의 보존성 향상을 위해 막걸리에 적용하고 그 결과를 보고하는 바이다.

II. 재료 및 방법

1. 시험재료

시험재료로 사용된 막걸리는 상업적으로 판매되는 막걸리 2종과 실험실에서 제조한 4종의 막걸리를 사용하였다. 상업적으로 판매되는 막걸리는 전국에 유통되고 있는 생막걸리로 선정하였고 CM1(Seoul Jangsoo Co., Seoul, Korea)과 CM2(Kooksoondang brewery Co. LTD., Seoul,

Korea)로 표기하였다. 실험실에서 제조한 막걸리는 한아름과 추청 품종을 사용하여 제조하였다. 쌀 3 kg을 세척하고 수증기로 60분간 증자하였다. 증자된 쌀에 쌀누룩(백국) 1.2 kg을 첨가하고 물 6.8 L를 넣은 다음 건조효모(*La parisienne*, DB ingredients Co., UK) 22 g을 추가하였다. 발효를 25°C에서 48시간 하여 밀술을 제조 하였다. 밀술 9 L에 증자한 한아름 또는 추청쌀을 50 kg 첨가하고 쌀누룩(백국) 10 kg과 재래누룩(송학곡자) 1.5 kg을 추가하였다. 여기에 물 90 L를 넣고 22°C에서 7일간 발효하였다. 발효가 완료된 막걸리를 100 mesh로 여과하고 물을 부어 알코올 6%로 조정된 후 감미료(아스파탐)가 90 mg/L 되도록 하였다. 품종을 달리한 막걸리 2종에 균질화 여부에 따른 막걸리 2종으로 구분하여 실험재료로 사용하였다.

2. 막걸리 처리

막걸리의 미생물 제어를 위해서 UV조사와 초고압처리를 수행하였다. UV조사는 시판 막걸리 100 mL를 매스실린더에 담아 UV 살균등 아래 30 cm거리에서 실시하였다. 미생물의 변화는 60분 동안 10분 단위로 수거하여 생균수를 측정하여 나타내었다. 초고압처리는 시판막걸리 2종과 실험실 제조막걸리 4종에 대하여 실시하였으며 운전조건은 Table 1과 Fig. 1에 나타내었다.

3. 미생물 및 성분분석

가. 미생물

생균수는 맥아즙배지를 사용하여 측정하였다. 맥아즙은 옛기름에 물 2.5배를 첨가하고 잘 혼합한 다음 60°C에서 6시간동안 당화하여 제조하였

Table 1. High hydrostatic pressure(HPH) equipment conditions

	Conditions
Instrument	35L-600(Avure Co., Sweden)
Pressure, time	100-500MPa, 1-3 min
Tank temperature	18°C
Vessel temperature	100MPa : 30°C, 200MPa : 30°C, 300MPa : 31°C, 400MPa : 34°C, 500MPa : 37°C
Sample container	Plastic pouch pack, PET



Fig. 1. High hydrostatic pressure process of *makgeolli*.

(a) high hydrostatic pressure(HHP) equipment, (b) HHP operation, (c) HHP treated *makgeolli*

초고압처리가 생막걸리의 저장기간 연장에 미치는 영향
최한석, 강창수

다. 당화물을 원심분리(4°C, 9,000 rpm, 30 min)하여 이물질질을 제거하고 물을 사용하여 11 °Brix로 조절한 후 한천 2%를 넣어 배지로 사용하였다.

초고압처리에서 생존하고 있는 미생물은 농촌진흥청 국립농업과학원 농업미생물과에 의뢰하여 동정하였다.

나. 막걸리

pH는 pH meter(Orion 3-Star, Thermo Scientific Co., MA, USA)를 이용하여 측정하였다. 산도, 아미노산도, 알코올함량은 주류분석 규정(12)에 준하여 측정하였으며, 산도는 시료 10 mL를 중화시키는데 필요한 0.1 N NaOH 용액이 소비된 mL수로, 아미노산도는 총산을 측정한 시료에 formalin 용액 5 mL를 첨가한 다음 0.01 N NaOH로 적정한 값으로 나타내었다.

환원당은 dinitrosalicylic acid (DNS)법(Luchsinger과 Cornesky, 1962)을 변형하여 측정하였다. 즉, 희석된 여과액을 1 mL에 DNS 시약 3 mL을 가하여 water bath (B-490, BUCHI, Flawil, Switzerland)에서 5분간 가열시킨 후 급냉하고 여기에 증류수 5 mL를 첨가하여 UV-visible spectrophotometer (JP/U-2000 spectrophotometer, Hitachi Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 이용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 당 정량은 glucose를 표준물질로 사용하여 상기의 방법으로 작성한 표준곡선으로부터 환산하였다.

막걸리의 전자코 분석은 0.5 mL를 10 mL vial (Ls-PhsPsck GmbH, Langerwehe, Germany)에 넣고, 40°C에서 30분간 500 rpm으로 교반하여 전자코(Fast GC based HRACLES flash Electronic nose. Alpha Mos, AMcombi PAL, France)를 이용하여 측정하였다. 시료분석에는 두 개의 column이 부착된 HRACLES E-nose(DB5 apolar and DB1701 Slightly polar)가 사용되었으며, flame ionization detector(FID)로 검출하였다. Injection은 syringe type(5.0 mL-HS)으로

column 온도가 25°C로 유지된 상태에서 column head pressure 1.0 psi로 주입하였다. 분석 시 injector의 온도는 200°C, detector 200°C로 하고, injector pressure는 1.0 psi, detector pressure 39.0 psi로 하였다. 검출된 피크에 따라 discrimination power의 0.900이상과 RSD 20% 미만의 sensor를 선택하여 Alpha Mos software를 이용하여 판별분석법(Discriminant Function Analysis) method로 나타내었다. 시료분석 전 kovats(Custom Alkanes Blend Standard)를 이용하여 C6~C16까지의 pick 값을 얻어 standard로 이용하였다. 데이터 통계처리는 Alpha MOS Software를 사용하여 주성분분석(principal component analysis)으로 나타내었다.

막걸리의 저장 중 관능평가는 술 관능 전문 패널 10명으로 구성하였다. 관능평가 방법은 신선한 막걸리와 저장 막걸리를 제공하고 차이식별검사를 수행하였다. 차이식별법에서 50%이상의 패널이 차이를 느끼지 못하면 음용 가능한 것으로 판단하고 표시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 막걸리 처리

가. UV조사

UV조사에 따른 총균수의 변화를 Table 2에 나타내었다. UV를 조사하지 않는 막걸리의 총균수는 3.7×10^7 CFU/mL 이었으며 UV조사 60분 후에도 막걸리에 함유된 미생물 수는 3.4×10^7 CFU/mL로 UV조사 의해서 막걸리에 함유된 총균수의 변화는 미약한 것으로 드러났다. 이는 UV-C파를 10 cm 높이에서 30분간 처리하였을 때 8.26 log CFU/g에서 8.08 CFU/g으로 경미하게 감소했다는 결과(김현주 등, 2013)와 유사하

였다. UV는 막걸리의 지방산 및 색소성분 등의 산화를 유도하여 산패취를 발생시키거나 변색을 유도할 가능성이 있다. 따라서 짧은 시간내에 처

리되어야 하나 조사 60분까지 미생물 감소 효과가 없어 UV조사를 통한 막걸리 저장성 증진은 기대하기 어려울 것으로 판단되었다.

Table 2. Changes in total colony-forming cell count of draft makgeolli by UV irradiation time

Sample	Untreated	UV irradiation time(min, $\times 10^7$ CFU/mL)					
		10	20	30	40	50	60
Commercial	3.7 \pm 0.2	3.5 \pm 0.5	1.9 \pm 0.2	2.8 \pm 0.3	3.4 \pm 0.5	2.3 \pm 0.3	3.4 \pm 0.8

나. 초고압처리

초고압처리에 의해서 Fig. 1과 같이 상용 막걸리 PET병과 polyethylene 필름의 파손이 관찰되지 않았으며, 용기의 변형이 없어 상용 막걸리 PET병을 사용하여도 초고압 처리가 가능한 것으로 나타났다. 초고압 처리에 따른 막걸리의 생균수의

변화를 Fig. 2에 나타내었다. 시판 막걸리와 실험실에서 제조한 모든 막걸리에서 미생물이 지속적으로 감소되었다. 구체적으로, 막걸리의 생균수는 $2.2 - 5.8 \times 10^7$ CFU/mL이었으나 300MPa로 1분간 처리하였을 때 $1.4 - 10 \times 10^3$ CFU/mL로 감소하였고 400MPa 처리에 의해서는 4-68 CFU/mL, 500MPa

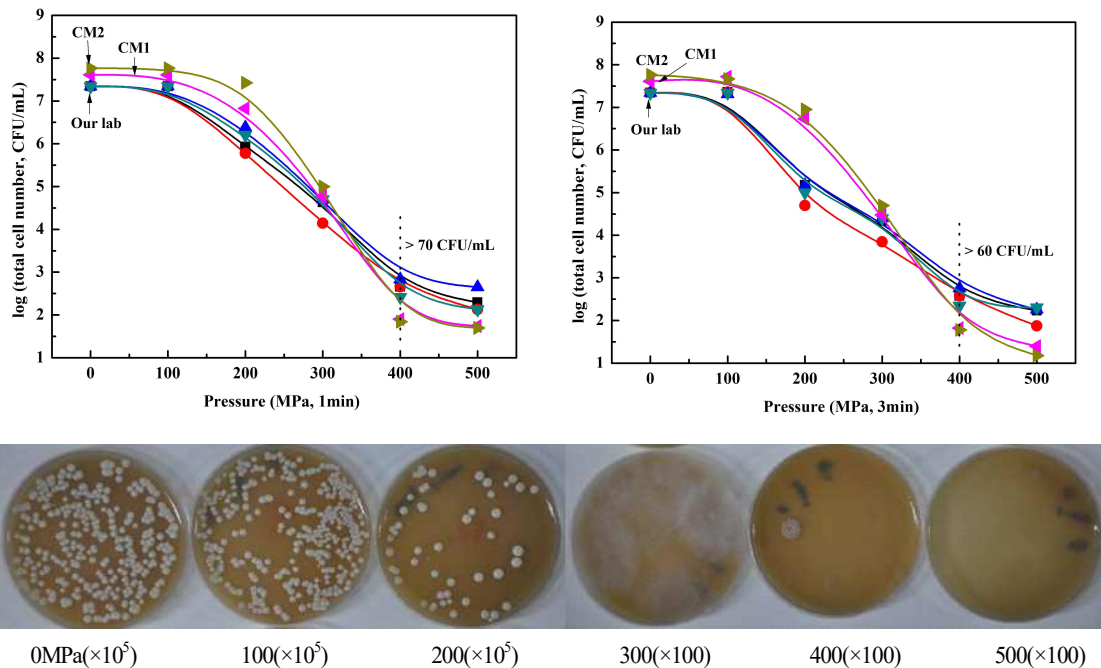


Fig. 2. Changes in the total cell number of draft *makgeolli* treated with high hydrostatic pressure at a different time (upper) and the picture of representative morphology of microorganisms at each pressure (below).

처리에 의해서는 40 CFU/mL이하로 감소하였다. 특히, 300MPa 이상의 압력에서는 대부분의 효모가 사멸되었으며, 400 MPa이상에서는 살아있는 효모가 관찰되지 않았다. 그러나 동일 압력에서 처리시간을 1분에서 3분으로 늘려보아도 생균수의 변화는 관찰되지 않아 막걸리의 미생물 제어는 처리시간보다 처리압력에 의존적인 것으로 확인되었다. 또한, 모든 막걸리에서 최고압력인 500 MPa 처리에서도 생존하고 있는 미생물이 확인되었고 생존미생물은 *Bacillus amyloliquefaciens*와 *Rummeliibacillus stabekisii*로 동정되었다. *B. amyloliquefaciens*는 α -amylase를 분비하여 곡물의 전분을 영양원으로 이용할 수 있으며 (Fukumoto, 1943) 우리나라의 대부분 누룩에서 발견(Song 등, 2013)되고 있다. 그러나 *R. stabekisii*에 대해서는 알려진 것이 많지 않으며 국내 전통주에서 발견되었다는 기록도 찾을 수 없었다. 좁쌀막걸리를 27°C, 400MPa에서 10분동안 처리하였을 경우에도 젖산균과 효모는 모두 사멸하였던 반면 일반세균은 7 log CFU/mL에서 4 log CFU/mL로 감소되었으나 여전히 생존해 있는 것으로 보고(임상빈 등, 2004)하고 있어 유사하였다.

2. 초고압 처리 막걸리의 저장기간에 따른 품질변화

가. 미생물 변화

초고압 처리 처리막걸리의 유통가능 기간을 확인하기 위하여 상온(25°C)과 저온(4°C)에서 60일간 저장하면서 미생물의 변화를 Fig. 3에 나타내었다. 처리구와 비처리구 모두 저장온도와 관련이 없이 초기 균체수가 저장 60일까지 큰 변화 없이 유지되었다. 또한, 400MPa이상 압력에서 처리한 막걸리는 저장 60일 후에도 효모가 관찰되지 않았다. 이는 400MPa에서 처리한 좁쌀 막걸리(임상빈, 2004)와, 단양주 발효법으로 제조된 막걸리(하수정 등, 2012)에서 각각 저장 30일과 7일 동안 초기 균체수가 유지되었다는 결과와 유사한 것으로 나타났다. 막걸리 내의 총균수가 변하지 않은 것은 다음과 같은 이유로 추측된다. 첫째, 막걸리는 알코올을 6% 정도 함유하고 있고 pH는 3-4사이로 내알코올성과 내산성을 가진 효모와 젖산균 정도만 1 log CFU/mL 정도 증식(권영희 등, 2012)이 가능한 환경이다. 초고압 처리에 의해서 증식 가능한 효모와 젖산균은 모두 사멸되었고(임상빈, 2004) 일반 세균류는 증식 가능한 조건이 아니므로

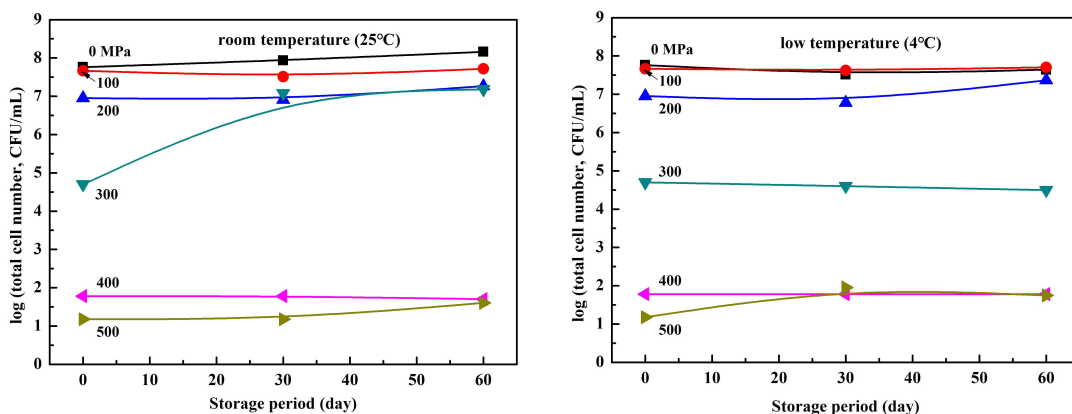


Fig. 3. Changes in the total cell number of commercial draft *makgeolli* (CM1) treated with high hydrostatic pressure during storage at different temperatures.

균총의 변화가 없었을 것으로 생각된다. 둘째, 젖산균과 세균류는 초고압 처리에 의한 스트레스는 열처리에 의한 스트레스와 유사한 정도로 손상을 받으며 증식에 필요한 단백질이 비활성화 되면서 증식하지 못하는 것으로 추측된다(Nomura, Iwahashi, 2014).

나. 상온(25°C) 30일 저장 막걸리의 품질변화

상온에서 30일 동안 저장하면서 초고압처리 막걸리의 품질변화를 Fig. 4에 나타내었다. Fig. 4와 같이 초고압 처리에 의해서 알코올, 산도, 아미노산도에서 큰 차이를 보였다. 시판막걸리 1(CM1)에서 초고압 처리를 하지 않은 대조군은 30일 저장 기간 동안 알코올, 산도, 아미노산도가 각각 6.3%, 2.85, 1.37에서 6.9%, 2.53, 4.30으로 변화하였다. 반면, 400-500MPa로 처리한 막걸리는 각각 6.3

-6.5%, 2.99-3.19, 2.07-2.52로 그 변화폭이 낮아 신선한 막걸리와 유사하였다. 시판막걸리 2(CM2)의 경우도 유사하였다. 무처리구는 알코올, 산도, 아미노산도가 각각 6.0%, 2.50, 1.38에서 6.0%, 3.85, 2.54로 변화하였다. 그러나 400-500MPa 처리구는 각각 5.9%, 2.43-2.58, 1.51-1.64로 무처리구에 비하여 변화의 폭이 낮았다.

이들 성분들은 맛과 연관이 깊어 품질관리에 있어 중요한 성분이다. 특히, 막걸리와 같이 미생물과 고형물이 존재하는 경우 저장기간 동안 효모의 자가분해와 원료 단백질의 분해로 막걸리의 아미노산도가 증가하게 되고 이로 인해 간장향 등의 이취발생과 함께 갈변을 일으키게 된다. 그러나 초고압 처리를 하면 단백질 변성과 효소를 불활성화(Nomura 등, 2019)되어 품질변화를 억제하는 것으로 판단된다.

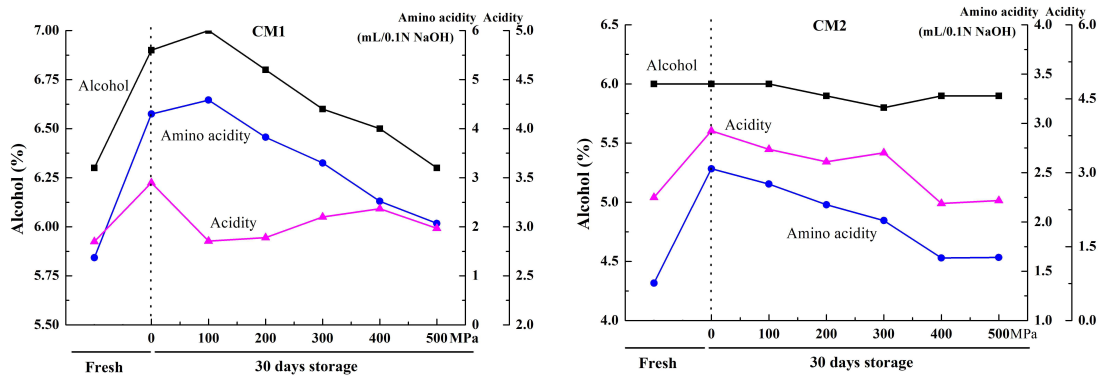


Fig. 4. Quality characteristics of commercial draft *makgeolli* (CM1 and CM2) treated with high hydrostatic pressure after 30 days of storage at room temperature.

다. 저장 70일 막걸리의 품질변화

초고압처리 막걸리를 상온과 저온에서 70일 동안 저장하면서 품질변화를 관찰하였다. Table 3과 같이 상온저장 70일 처리구에서는 초고압 처리구와 대조구의 큰 차이가 없었으나 저온저장 처리구에서는 많은 차이가 나타났다. 즉, 상온에

서 저장된 초고압 막걸리의 알코올 농도는 6.9-7.5%로 법적인 기준에서 벗어났으며, 산도는 0.44-1.17%(as lactic acid)로 사람이 상당히 신맛을 느낄 수 있는 농도로 증가하였다. 아미노산도 역시 0.60-0.98%(as glycine)로 상당히 높은 수치를 기록하고 있으며, 환원당 함량은 4.2-26.7

초고압처리가 생막걸리의 저장기간 연장에 미치는 영향
최한석, 강창수

mg/100mL로 대부분의 당이 소멸된 것으로 나타났다.

이에 비해서 저온 70일 저장 막걸리의 알코올 농도는 6.7-7.7%로 400MPa 이상 처리 상온저장 막걸리에 비해서 알코올 상승이 낮았으며, 산도와 아미노산도는 각각 0.40-0.58%, 0.34-0.48%로

400MPa 이상 처리 막걸리는 성분의 변화가 억제되는 것으로 확인되었다. 환원당 함량은 압력 의존적으로 증가 하였는데 대조구는 21.6 mg/100mL 이었던 반면 400MPa와 500MPa 처리 막걸리는 각각 789.5 mg/100mL와 752.4 mg/100mL로 대조구에 비하여 34.8배 이상 높았다.

Table 3. Quality characteristics of commercial draft *makgeolli* (CM1), treated with high hydrostatic pressure after 70 days of storage at different temperatures

Temp.	Pressure (MPa)	Alcohol (%)	pH	Acid (lactic acid %)	Amino acid (glycine %)	Reducing sugar (mg/100mL)
25°C	0	6.5	4.48	0.73	0.61	4.9
	100	7.5	4.69	0.44	0.66	4.2
	200	7.4	4.50	0.60	0.60	4.0
	300	6.9	3.67	1.17	0.98	8.8
	400	7.0	3.97	0.96	0.80	15.7
	500	7.2	3.85	0.95	0.79	26.7
4°C	0	7.7	4.20	0.43	0.56	21.6
	100	7.7	4.39	0.58	0.48	7.9
	200	7.7	4.19	0.59	0.49	16.3
	300	7.1	4.13	0.76	0.63	216.4
	400	6.8	4.24	0.46	0.38	789.5
	500	6.7	4.12	0.40	0.34	752.4

이는 전자코를 이용한 주성분분석에서도 유사하게 나타나는데 Fig. 5와 같이 상온 및 저온저장 처리구 모두 400MPa 처리구와 500MPa 처리구가 동일 그룹을 형성하고 있어 이들 처리구가 유사한 향기패턴을 가지고 있음을 알 수 있었다.

이를 더욱 명확히 하고자 상온 및 저온저장 초고압 처리막걸리에 대하여 저장시간 경과에 따라 관능평가를 실시하였다(Fig 6). 상온저장 막걸리는 저장 30일이 지난 후에도 이화학적 특성은 유지되나 상당한 변향이 유도되어 관능이 떨어져 음용하기에 부적합 하였던 반면 저온저장 초고압 처리막걸리는 70일 까지도 변향이 유도되지 않

며 향미가 보존되었다. 그러나 저장기간의 증가에 따라서 아스파탐의 분해로 일부 감미의 손실이 있어 아스파탐의 분해를 억제할 수 있는 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

초고압 처리는 상용 막걸리 PET병을 사용할 수 있을 뿐만 아니라, 저온처리에 의한 품질변화를 최소화 할 수 있으며 저장기간 막걸리 성분변화를 억제하여 상온 30일 저온 70일 저장이 가능한 것으로 나타났다. 현행 일본 등 단거리 수출에서 미국 등 원거리 수출로 변화를 노려볼 수 있으나 초고압 처리 설비를 갖추어야 하는 부담이 존재한다.

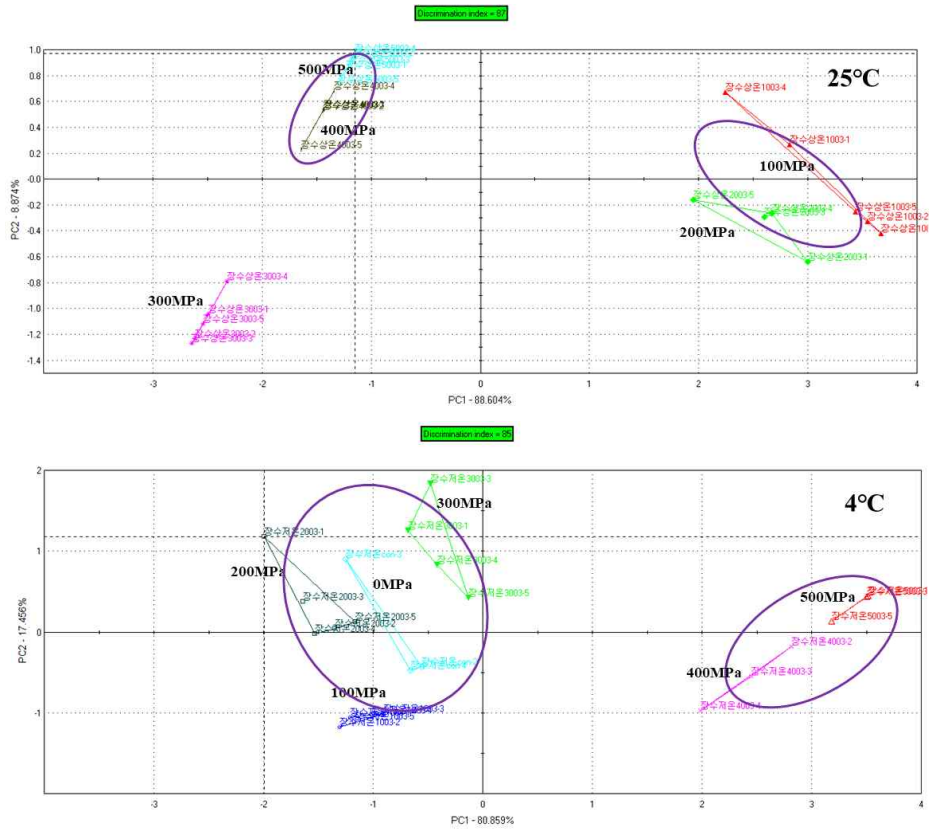


Fig. 5. Principal component analysis plot from the electronic nose on 70 days storage at different temperature of commercial *makgeolli* (CM1) treated with high hydrostatic pressure.

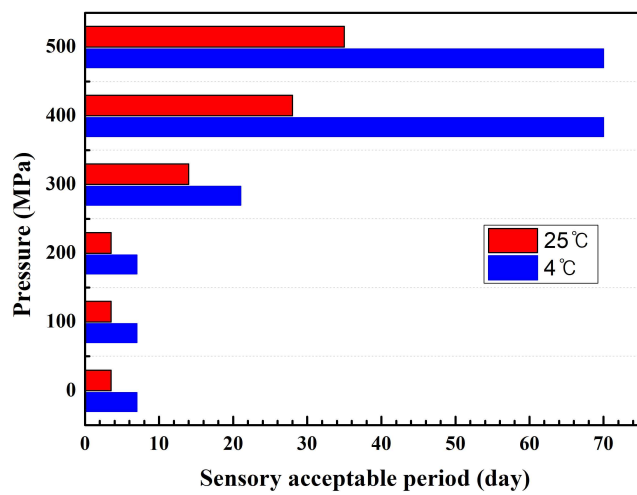


Fig. 6. Sensory acceptable period of high hydrostatic pressure treated commercial *makgeolli* (CM1) during storage at different temperatures.

IV. 적 요

생막걸리의 유통기간은 연장하고자 UV조사와 초고압처리를 하였다. UV조사는 막걸리내 미생물을 감소시키지 못하였으나 초고압처리는 급격하게 감소시켰다. 막걸리의 생균수는 $2.2-5.8 \times 10^7$ CFU/mL이었으나 300MPa로 1분간 처리하였을 때 $1.4-10 \times 10^3$ CFU/mL로 감소하였고 400MPa 처리에 의해서는 4-68 CFU/mL, 500MPa 처리에 의해서는 40CFU/mL이하로 감소하였다. 효모는 400MPa 압력에서 사멸하였고 *Bacillus amyloliquefaciens*와 *Rummeliibacillus stabekisii* 500MPa 압력에서도 생존하였다. 400과 500MPa의 압력으로 처리한 막걸리는 상온(25°C)에서 30일간 저장하여도 균체수가 증가하지 않았고 알코올, 산도, 아미노산도의 변화도 억제되었다. 그러나 30일 이상 상온에서 저장하면 막걸리의 산도와 아미노산도가 증가하면서 음용이 어려웠다. 저온(4°C)저장에서는 저장 70일까지 막걸리의 품질변화를 억제시켜 신선한 막걸리와 유사한 맛을 가지고 있었다.

V. 참고문헌

1. J. Fukumoto. (1943). Studies on the production of bacterial amylase. I. Isolation of bacteria secreting potent amylases and their distribution. J. Agri. Chem. Soc. Japan (in Japanese). 19(7): 487-503.
2. Luchsinger WW., Cornesky RA. (1962). Reducing power by the dinitrosalicylic acid method. Ann. Biochem. 4: 346-347.
3. Nomura K., Ikezaki M., Kataoka C., Hori S., Aoki T., Kuribayashi T., Shigematsu T. (2019). High hydrostatic pressure pasteurization of a draft sake brewed using a *Niigata*-sake yeast. High Pressure Res. 39(2): 301-312.
4. Nomura K., Iwahashi H. (2014) Pressure-regulated fermentation : a revolutionary approach that utilizes hydrostatic pressure. Rev. Agri. Sci. 2: 1-10.
5. Song SH., Lee C., Lee S., Park JM., Lee HJ., Bai DH., Yoon SS., Choi JB., Park YS. (2013). Analysis of microflora profile in korean traditional *Nuruk*. J. Microbiol. Biotechnol. 23(1): 40-46.
6. 강지은, 정석태, 최한석, 최지호, 여수환, 김재현. (2014). 비 오는 날의 막걸리. 인테리뱅 124호. 농촌진흥청.
7. 국세청. (2019). 국세통계.
8. 권영희, 이애란, 김재호, 김혜련, 안병학. (2012). 시판막걸리의 저장기간에 따른 품질 특성 및 미생물의 변화. 한국균학회지 40(4): 210-214.
9. 김현주, 이경행, 용해인, 조철훈. (2013). UV-C 및 전자선 조사가 막걸리의 품질에 미치는 영향. 한국식품저장유통학회지 20(1): 45-51.
10. 배상면. (2007). 조선주조사. 우곡출판사.
11. 이동필, 김태곤, 전형진, 김창호. (2009). 전 통주 국내외 산업현황 및 세계화 가능성 조사. 한국농촌경제연구원
12. 임상빈, 좌미경, 목철균, 박영서, 우건조. (2004). 초고압 처리한 좁쌀탁주의 저장 중 미생물, 효소활성 및 품질변화. 식품과학회지 36: 233-238.
13. 통계청. (2019). 양곡소비량조사.
14. 하수정, 양승국, 인예원, 김윤지, 오세욱. (2012). 단양주 방법으로 제조된 막걸리의 발효과정 중 초고압 처리에 의한 미생물적

및 이화학적 특성 변화. 한국식품영양과학회

지 41(8): 1176-1181.

논문접수일 : 2020년 10월 12일
논문수정일 : 2020년 12월 5일
게재확정일 : 2020년 12월 8일