

딸기를 첨가한 막걸리의 제조와 발효 과정 중 이화학적 및 미생물학적 특성

배상민¹ · 한상민¹ · 최종명² · 이종수¹ · 김하근^{1*}

¹배재대학교 바이오의생명공학과, ²충남대학교 원예학과

Manufacturing of Korean Traditional Rice Wine, *Makgeolli*, Supplemented with Strawberry and Its Physicochemical and Microbial Properties during Fermentation

Sang-Min Bae¹, Sang-Min Han¹, Jong-Myung Choi², Jong-Soo Lee¹ and Ha-Kun Kim^{1*}

¹Department of Biomedical Science and Biotechnology, Paichai University, Daejeon 35345, Korea

²Department of Horticulture Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

ABSTRACT : To develop a functional strawberry *Makgeolli*, we produced *Makgeolli* using strawberry as an additive and then investigated its physicochemical properties. Among 7 different alcohol-fermenting yeasts, *Saccharomyces cerevisiae* JSK104 produced 17.4% ethanol on the 7th day of fermentation and was selected for use in the brewing of strawberry *Makgeolli*. Changes in physicochemical properties, numbers of yeast and lactic acid bacteria, and antihypertensive angiotensin-converting enzyme inhibitory activity were investigated during the fermentation of strawberry *Makgeolli*. The pH tended to decrease and the total acidity increased as the fermentation period elapsed. The ethanol content reached about 17% on the 7th day after fermentation, and the numbers of yeast and lactic acid bacteria reached a maximum on the 1st day of fermentation and then maintained a constant number. The antihypertensive angiotensin-converting enzyme activity reached a maximum after 5 days of fermentation and then was not significantly changed afterwards.

KEYWORDS : *Saccharomyces cerevisiae* JSK104, Strawberry *Makgeolli*

서론

딸기는 장미과에 속하는 다년초로서, 플라보노이드, 페놀산, 리그난 및 탄닌과 같은 페놀류에 속하는 피토케미컬 그리고 엽산, 비타민 C, 미네랄과 같은 미량 영양소를 다량 함유하고 있다[1]. 이들 영양소들 중 특히 비타민 C와 페놀

화합물들의 작용에 의한 활성산소 제거 능력 때문에, 사과, 배, 포도, 토마토, 오렌지, 키위보다 2배에서 11배까지 더 높은 항산화 활성을 갖고 있다고 알려져 있다[2]. 딸기로부터 제조한 추출액의 항산화 활성을 조사하였을 때, 비타민 C에 의해 딸기가 보이는 항산화 활성의 30% 이상이, 그리고 anthocyanin에 의해 딸기 항산화 활성의 25~40%가 나타났으며 이밖에 ellagic acid 유도체, favonol 등의 유효 성분들이 항산화 활성에 역할을 한다고 보고되었다[1].

딸기의 항산화 활성 이외에도, 딸기 섭취가 사람 건강에 유익하게 작용한다는 연구 결과들이 다수 보고되어 있다. 예를 들어 딸기가 갖고 있는 anthocyanin등의 생리 활성 물질들 때문에 산화적 스트레스와 관련된 염증성 변화를 약화시키는 항염증반응[3], 콜레스테롤 양을 감소시키며 LDL 입자 크기를 증가시키는 등의 항비만 활성[4] 등이 보고되어 있다. 또한 딸기의 식이섬유와 과당은 소화를 느리게 함으로써 혈당을 조절해 주고, 포만지수를 높여줌으로써 칼로리 섭취를 제한하는 역할도 한다고 알려져 있다[5-7]. 이렇듯 사람의 건강에 유익한 다양한 생리 활성작용을

Kor. J. Mycol. 2016 December, 44(4): 307-313
<https://doi.org/10.4489/KJM.2016.44.4.307>
 pISSN 0253-651X • eISSN 2383-5249
 © The Korean Society of Mycology

*Corresponding author
 E-mail: hakun@pcu.ac.kr

Received November 28, 2016
 Revised December 12, 2016
 Accepted December 14, 2016

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

갖고 있음에도 불구하고, 딸기는 육질이 약하고 저장성이 낮은 특성 때문에 수확, 운송, 판매과정에서 상하기 쉬운 단점을 갖고 있다. 따라서 수확 후에 신속하게 생과일로 소비되지 못할 경우 잼, 주스, 젤리, 아이스크림, 냉동딸기 등의 가공 식품으로 소비되고 있다[8].

국내에서는 딸기 발효 가공식품을 개발하기 위해 딸기의 알코올 발효에 대한 연구[9, 10] 및 딸기의 초산발효에 대한 연구[11]가 일부 보고되어 있으나, 유익한 생리 활성 물질들을 다량으로 갖고 있는 딸기의 활용 및 부가가치를 높이기 위해 딸기를 원료로 한 발효 제품 생산 과정에 대한 연구는 많이 이루어져 있지 않은 형편이다.

한편, 한국의 전통주인 막걸리는 쌀, 찹쌀, 보리 또는 밀가루 등의 곡물을 주원료로 하여 누룩이나 입국을 섞어 발효시켜 만든다. 막걸리의 pH는 발효가 완료되면 3~4 정도이며, 이러한 산성 조건에 내성을 보이는 다양한 종류의 유산균들과 효모가 다량 함유되어 있다[12, 13]. 식이섬유, 비타민, 각종 아미노산 등이 풍부한 막걸리는 다양한 생리 활성 물질들이 들어 있음이 알려져 있다. 시판 막걸리 대부분에 식후 혈당과 혈청 콜레스테롤 함량 강하 및 면역개선 등의 효과가 보고된 β -글루칸[14], 여러 암세포주에서 세포주기 억제와 세포사멸을 유도하여 종양 억제 효과를 갖고 있다고 알려진 이소프레노이드 알코올 farnesol [15]이 함유되어 있음이 최근 보고되었다. 이와 더불어서 시판 막걸리들이 갖고 있는 생리 기능성 활성들을 조사하였을 때, 제품마다 일정하진 않지만 조사한 대부분의 시판 막걸리들이 항고혈압 활성 등 사람 건강에 유익한 여러 생리 기능성 효과들을 갖고 있음이 보고되었다[12-14, 16].

본 연구에서는 딸기의 가공 가능성을 다양화시키고, 딸기의 우수한 생리 기능성을 함께 갖는 제품을 생산하기 위한 조건을 확립하고자, 딸기를 첨가물로 넣어 전통주인 막걸리 제조 조건을 검토하였다. 이를 위해 다양한 알코올 발효 효모들의 알코올 생산 능력을 조사하여 딸기막걸리 생산에 적합한 효모를 선발하였다. 또한 발효 과정 중 딸기막걸리의 주요한 이화학적 특성과 효모, 젖산균의 생균수 변화 측정 및 항고혈압활성 등을 포함하는 생리 기능성 등을 측정하였다.

재료 및 방법

원료 및 발효 균주

딸기(육보)는 2016년 4월 충청남도 논산시에 소재한 딸기 재배 농가에서 구입하여, -20°C 에서 냉동 보관을 하였다. 찹쌀은 2015년 이천에서 채매된 것을 시장에서 구입하였고, 입국(*Aspergillus luchuensis*, 60sp)은 예스 와인(Woowon, Boeun, Korea)으로부터 구입하여 사용하였다.

알코올 발효에 적합한 효모를 선발하기 위해 시판용 효모인 Fermivin (Oenobrand, Montpellier, France), La Parisienne (Pantin, France), Saf-instant (Lesaffre, Marcq-en-

Baroeul, France)를 구입하여 사용하였다. 이와 함께 배재대 생물공학실험실에서 보유하고 있는 *Saccharomyces cerevisiae* JSK101, JSK102, JSK103, JSK104 효모들을 함께 사용하였다. 각각의 효모들은 yeast extract-peptone-dextrose (YPD) 배지를 사용하여 30°C 진탕배양기에서 24시간 동안 200 rpm 조건에서 진탕배양을 한 후 담금에 사용하였다.

딸기막걸리 담금

딸기막걸리는 다음과 같은 방법으로 제조하였다. 쌀을 세척하고 12시간 동안 물에 침지하여 불린 쌀을 100°C 에서 30분간 찌서 고두밥을 만들었다. 전통 용기에 고두밥 200g에 효모 2~20 mL, 입국 80g, 딸기 10~100 g, 물 300 mL을 넣고 골고루 섞어준 후, 25°C 에서 7일 동안 발효시켰다. 발효 후 6,000 rpm으로 20분간 원심분리하여 얻은 상등액을 딸기막걸리 시료로 하고 딸기를 첨가하지 않고 위와 동일하게 제조하여 얻은 상등액을 대조구 막걸리로 하여 분석 시료로 사용하였다.

이화학적 특성과 관능검사

여과한 시료를 골고루 섞어준 후에 pH meter (Thermo Fisher, Waltham, MA, USA)를 이용하여 pH를 측정하였다. 총산은 여과한 시료 20 mL에 pH가 7.0이 되도록 0.1N NaOH로 중화 적정하여 이를 호박산 계수를 이용하여 총산으로 환산하였다. pH와 총산은 모두 2회 반복 측정하여 평균값으로 나타냈다.

에탄올 함량은 시료 100 mL을 증류장치를 이용하여 80 mL을 증류 후, D.W를 100 mL이 되도록 첨가한 다음 주정계를 이용하여 에탄올 함량(%)을 온도 보정표를 이용하여 환산하였다.

한편 딸기막걸리의 관능검사는 Kim 등[17]의 방법을 일부 변형시켜 훈련된 관능 평가원에 의하여 정량적 묘사 분석 방법(quantitative descriptive analysis, QDA)으로 다음과 같이 실시하였다. 먼저 관능평가원으로 하여 딸기막걸리에서 느낄 수 있는 향과 맛 특성을 묘사하게 하고 이들 중에서 공통적으로 묘사된 특성을 선정하였다. 선정된 향과 맛의 특성에 대하여 1~5의 강도로 표시하게 한 후 그 평균값을 구하여 다각형 그림으로 나타내었고, 향과 맛을 고려한 전체적인 기호도는 가장 싫다 1, 가장 좋다 5의 점수로 표시하여 그 평균값을 QDA 그래프로 도시하였다.

효모와 세균의 생균수 측정

연속 희석법에 따라 시료를 일정 농도로 멸균수에 희석시킨 시료 100 μL 을 엠펜실린(100 $\mu\text{g}/\text{mL}$)이 들어 있는 YPD 한천배지에 도말하고 30°C 에서 48시간 동안 배양하여 생성된 집락수를 계수함으로써 효모의 숫자를 측정하였다.

동일한 방법으로 희석된 시료 100 μL 를 cycloheximide (50 $\mu\text{g}/\text{mL}$)가 들어 있는 MRS (proteose peptone NO. 3,

beef extract, dextrose, polysorbate 80, ammonium citrate, sodium acetate, magnesium sulfate, manganese sulfate, dipotassium phosphate) 한천배지에 도말하여 30°C에서 48 시간 동안 배양한 후 생성된 집락수를 계수하여 유산균 수를 측정하였다.

항고혈압성 안지오펜신 전환효소 저해 활성 측정

시료 막걸리 100 mL을 동결건조시켜 고형물을 얻은 후 이를 증류수에 현탁시켜 항고혈압성 안지오펜신 전환효소 (angiotensin I-converting enzyme, ACE) 저해 활성 측정에 사용하였다[12, 15]. 막걸리 추출물 1 mg을 함유한 시료 50 µL에 rabbit lung acetone powder에서 추출한 ACE 용액 150 µL (2.8 Unit)와 100 mM sodium borate 완충용액 (pH 8.3) 100 µL를 가한 후, 37°C에서 10분간 예비 반응을 시켰다. 여기에 기질인 Hip-His-Leu 용액 50 µL를 넣고 37°C에서 30분간 반응시킨 후, 1 N HCl 250 µL로 반응을 정지시켰다. 여기에 ethyl acetate 1 mL를 가하여 30초간 교반한 후 3,000 × g로 15분 동안 원심분리하여 상층액 0.8 mL을 취하였다. 이렇게 얻은 상층액은 농축기로 건조시킨 후, 다시 sodium borate 완충용액 (pH 8.3) 1 mL를 가하여 용해시켰고, 이때 유리되어 나온 hippuric acid의 양은 228 nm에서 흡광도를 측정하여 산출하였다. 시료 무첨가구를 대조구로 하여 저해율을 구하였다.

$$\text{ACE 저해활성 (\%)} = \frac{\{C(\text{대조구 흡광도}) - T(\text{시료 처리구 흡광도})\}}{\{C(\text{대조구 흡광도}) - B(\text{기질 처리구 흡광도})\}} \times 100$$

결과 및 고찰

딸기막걸리 제조용 알코올 발효 효모의 선별

딸기막걸리 제조에 사용할 목적으로, 배재대 생물공학실 협실에서 보유하고 있던 4종의 알코올 발효 효모들과 함께 시판 알코올 발효 효모 3종을 구입하여 막걸리 발효에 사용하였다. 각각의 효모들을 사용하여 막걸리 발효를 마친 후 생성된 에탄올의 양을 측정하여 이들 효모의 알코올 생산 능력을 비교하였다. Table 1과 같이, 대부분의 효모들은 15% 정도의 에탄올을 생산하였으나, *Saccharomyces cerevisiae* JSK104 균주는 에탄올을 17.4%까지 생산하여 가장 우수한 알코올 생산 능력을 보였다. 따라서 *S. cerevisiae* JSK 104 균주를 딸기막걸리 발효에 알코올 생산균으로 사용하였다.

YPD 배지에 *S. cerevisiae* JSK104를 진탕배양하여 얻은 배양액을 1%부터 10%까지 각각 사용하여 에탄올 생성 양의 변화를 조사하였다. 효모 배양액을 1% 접종하였을 때 생산된 알코올은 12%이었으나, 5%로 접종량을 늘렸을 때 에탄올 생산은 17.6%까지 증가되었다. 그러나 배양액을 10%까지 증가시켜 발효시켰을 때 생산된 알코올은 17.3%

Table 1. Effects of yeast strain on the production of ethanol during the *Makgeolli* fermentation

Yeast strains	Ethanol (%)
La parisienne	10.6 ± 0.3
Fermivin	15.5 ± 0.5
Saf-Instant	14.5 ± 0.6
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> JSK101	15.1 ± 0.1
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> JSK102	15.1 ± 0.2
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> JSK103	15.5 ± 0.5
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> JSK104	17.4 ± 0.3

Table 2. Effects of strawberry amount on the ethanol production during the *Makgeolli* fermentation

Strawberry (w/w, %)	Ethanol (%)
5.0	16.7 ± 0.2
10.0	17.0 ± 0.1
30.0	17.4 ± 0.2
50.0	15.0 ± 0.4
Control	17.1 ± 0.3

로서, 5%를 접종한 배치와 유의한 차이를 보이지 않았다 (data not shown). 따라서 최적 효모 접종량은 5%로 정하였다.

막걸리 발효에 있어서 딸기의 적정 첨가량

고두밥이 들어있는 술덧에 생딸기를 5%, 10%, 30%, 50% 씩 각각 첨가하고 *S. cerevisiae* JSK104를 5% 접종하여 25°C에서 7일간 발효시켰다. 딸기를 30%까지 첨가하여 발효한 막걸리의 에탄올 생성량은 17.4%로서 딸기를 넣지 않고 발효한 대조구의 17.1%와 비교하여 유의한 차이를 보이지 않았다 (Table 2).

또한 생딸기를 30% 첨가하여 생산된 막걸리는 연적색을 띠면서 딸기 고유의 향이 우수하였다.

발효 중 딸기막걸리의 이화학적 특성 및 생균수의 변화

발효 일수가 알코올 생산에 미치는 영향을 확인하기 위해, 고두밥 100 g, 입국 40 g, 생딸기 30 g에 *S. cerevisiae* JSK 104 배양액 5%를 첨가한 후 25°C에서 1일에서 10일까지 발효시키면서 발효기간에 따른 에탄올 생산량의 변화를 측정하였다. Table 3에서와 같이 발효가 진행되면서 에탄올 생산량이 증가하다가 7일째에 대조구 막걸리와 딸기막걸리 모두 에탄올이 17.4%와 17.8%로 최대치에 도달하였고, 이후에는 알코올 생산이 더 이상 증가하지 않았다. 이는 효모가 대사할 수 있는 포도당이 고갈되어 알코올 발효가 중지된 것이 아니라, 발효 7일째에 도달한 약 17%의 알코올 농도가 *S. cerevisiae* JSK104 균주의 알코올 내성 한계치에 도달하였기 때문일 가능성이 있다. 또한, 회분발효 7일 이후

Table 3. Changes of pH, total acidity and ethanol contents during the *Makgeolli* fermentation for 10 days

Sample		Fermentation periods (day)				
		1	3	5	7	10
Control <i>Makgeolli</i>	pH	3.92	3.45	3.62	3.61	3.62
	Total acidity (%) ^{a)}	0.21	0.48	0.51	0.47	0.44
	Ethanol (%)	3.9 ± 0.1	7.7 ± 0.5	13.0 ± 0.2	17.4 ± 0.4	17.0 ± 0.2
Strawberry <i>Makgeolli</i>	pH	4.01	3.45	3.65	3.62	3.61
	Total acidity (%)	0.17	0.51	0.47	0.45	0.45
	Ethanol (%)	3.8 ± 0.2	8.1 ± 0.4	13.5 ± 0.2	17.8 ± 0.1	17.5 ± 0.3

^{a)}Total acidity described as succinic acid.

에 효모 생육이 정체기와 쇠퇴기로 들어가 효모의 노화로 인해 발효력이 저하되었기 때문인 것으로 추정된다.

또한 딸기막걸리와 대조구 막걸리의 pH는 발효 1일째 각각 3.92와 4.01에서 발효 10일째 각각 3.62와 3.61까지 낮아지는 경향을 보였다. 이런 경향은 Kim 등[18]이 오디를 첨가한 막걸리는 발효 중 pH 변화는 발효 시작 pH 6.0에서 발효 시작하자마자 급격한 pH 감소를 보이다가 발효를 마치는 시점까지 완만한 증가를 보였다는 보고와 유사하였고, Lee 등[13]도 막걸리 발효가 시작되면서 초기 pH의 급격한 감소와 발효가 진행됨에 따라 완만한 상승을 보인 바 있다. 막걸리 발효 중 총산 함량의 변화는 미생물의 알코올 발효에 따라 일어나는 것으로 추정되며, 생성된 총산의 조성에 따라서 막걸리 고유의 신맛 및 청량감에 큰 영향을 미친다. Lee 등[13]은 막걸리 발효 중 생산되는 유기산들의 변화를 HPLC로 분석한 결과, lactic acid가 발효 기간 동안 지속적으로 큰 증가를 보였고, 청량한 맛의 tartaric acid와 citric acid, 독특한 신맛의 fumaric acid 등이 발효기간 중 일정한 함량을 유지하였으며, succinic acid는 발효 초기에는 검출되지 않다가 발효 3일부터 양이 지속적으로 증가하는 것을 관찰하였다. 본 실험에서는 발효 1일째 딸기막걸리와 대조구 막걸리의 총산은 각각 0.21%와 0.17%였으며, 발효 3일째에는 급격히 증가하여 각각 0.48%와 0.51%로서 약 2.3~3배 가량의 총산 증가를 보였다. 이후 진행된 발효 과정 동안 딸기막걸리와 대조구 막걸리의 총산은 발효 10일째 각각 0.44%와 0.45%로서 발효 3일째의 총산 값과 큰 차이 없이 일정한 수준을 유지하였다. 이러한 총산의 변화는 오이, 오디를 첨가하여 제조한 막걸리 발효에서도 유사한 경향이 보고된 바 있다[18, 19].

에탄올 생성량이 최대를 보인 발효 7일 후의 딸기막걸리의 관능검사를 실시하여 딸기 무첨가 대조구 막걸리와 비교한 결과는 Fig. 1과 같다. 딸기막걸리는 대조구 막걸리에 비하여 신맛과 떫은맛, 발효제 냄새 등이 약하였고 단맛과 쓴맛, 신맛 등은 비슷하였다. 전체적인 기호도는 딸기를 첨가하지 않은 막걸리보다 약간 낮았으나 딸기 향과 색이 있어 목넘김이 좋은 막걸리이었다. 앞으로 브렌딩 등을 통하여 기호도를 높이면 바로 산업화가 가능할 것으로 생각된다.

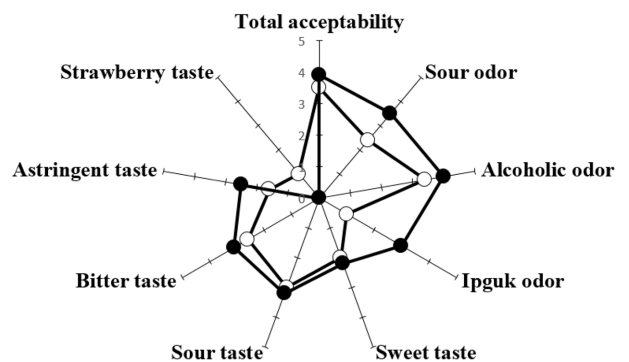


Fig. 1. The quantitative descriptive analysis profiles for taste and odor of the control (closed circles) and strawberry *Makgeolli* (open circles).

한편, 막걸리 발효가 진행되는 동안 시료를 연속희석법으로 희석하여 항생제가 들어 있는 YPD 및 MRS 한천배지에 도말하여 효모와 유산균 수의 변화를 측정하였다(Fig. 2). 효모와 유산균을 비롯한 미생물의 수는 막걸리 발효가 시작되면서 급격히 증가하여, 딸기막걸리에서 효모 생균의 수는 3일째 6.1×10^8 cfu/mL, 발효 10일째 5.8×10^8 cfu/mL이었으며, 대조구 막걸리에서 3일째 6.5×10^8 cfu/mL, 10일째 4.1×10^8 cfu/mL이었다. 유산균의 수는 딸기막걸리에서 3일째 2.3×10^8 cfu/mL, 발효 10일째 2.2×10^8 cfu/mL이었으며, 대조구 막걸리에서 3일째 1.9×10^8 cfu/mL, 10일째 1.6×10^8 cfu/mL이었다.

발효중 막걸리의 안지오펜신 전환효소 저해활성

막걸리 발효 중 항고혈압성 안지오펜신 전환효소(ACE) 저해활성 변화를 조사하였다(Fig. 3). 발효 1일째, 딸기막걸리 41%, 대조구 39%의 ACE 저해활성을 보였으며 발효가 진행되는 동안 저해 활성은 발효 5일째 딸기막걸리 78%, 대조구 71%로서 정점에 도달한 이후에 거의 변화가 없었고, 딸기막걸리와 대조구 막걸리는 유사한 활성을 나타내었다. 대조구 막걸리와 딸기막걸리 간의 ACE 저해활성에 큰 차이가 없는 것으로 미루어, 딸기는 ACE 저해활성 물질을

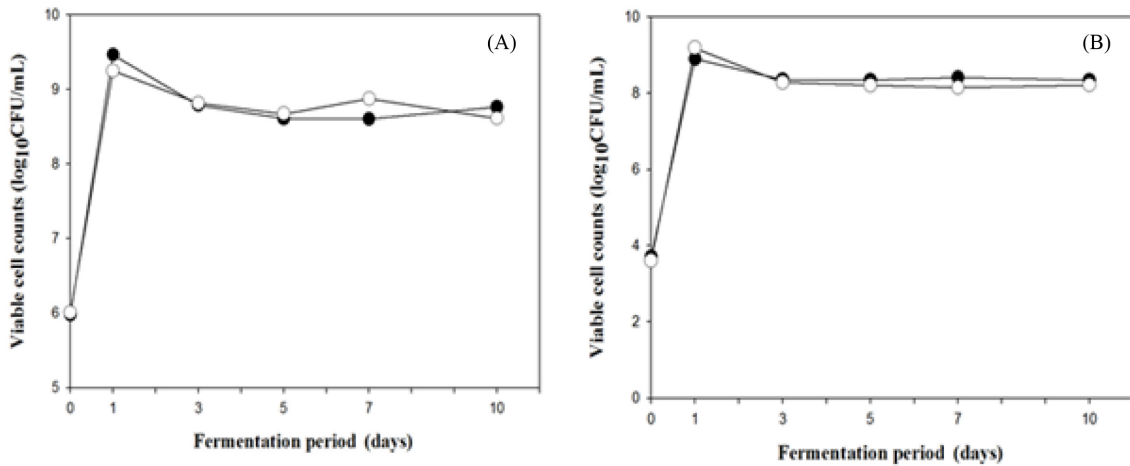


Fig. 2. Changes of yeast (A) and lactic acid bacteria (B) viable cell count for control (open circles) and strawberry *Makgeolli* (closed circles) during the fermentation for 10 days.

생성하는데 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다. Kim 등 [14]은 시판 생 막걸리 40여종에 대해 항고혈압성 안지오텐신 전환효소 저해활성을 조사하여, 이들 제품들이 모두 균등한 활성을 보이지는 않았지만 시판 맥주나 포도주 등 다른 종류의 주류들과 비교하여 우수한 ACE 저해 활성을 보인다는 사실을 관찰하여 그 결과를 보고한 바 있다. 막걸리 제조 원료로서 쌀 이외에 다양한 부원료를 사용하여 발효를 시키고, 발효제에 함유되어 있는 미생물들과 발효 효모 등이 생성하는 단백질 분해 효소 등으로부터 막걸리의 ACE 저해 활성물질들이 유래하는 것으로 추정된다[17].

한편, DPPH법을 이용하여 발효 7일 후의 딸기막걸리와 대조구 막걸리의 항산화 활성을 측정된 결과 딸기막걸리는 $9.6 \pm 0.3\%$ 의 활성을 보였으나 딸기를 첨가하지 않은 대조구 막걸리는 $14.5 \pm 0.9\%$ 를 보여 딸기막걸리가 약 5% 정도 낮았으나 폴리페놀 성분 등을 함유한 과일을 부원료[2]로 제조된 과실주들 보다는 대체로 활성이 낮았다[12].

선정 알콜발효 효모의 균학적 특징

알코올 발효능력이 우수하여 딸기막걸리 발효를 위해 선별된 *S. cerevisiae* JSK104의 균학적 특징을 조사하였다 (Table 4). 형태는 난형이었으며 출아에 의해 영양증식을 하였고, 의균사체를 형성하였다. YPD 배지와 YM 배지에서 생육을 잘 하였으나, 50% 포도당이 들어 있거나 5% NaCl 이 들어 있는 YPD 배지에서는 자라지 못하였다.

또한, L-arabinose, xylose, D-glucose, D-galactose, D-cellobiose, D-lactose, D-maltose, D-saccharose (sucrose), D-trehalose, D-melezitose, D-raffinose, adonitol, xylitol, inositol, D-sorbitol, glycerol, calcium 2-keto-gluconate, methyl- α -D-glucopyranoside, N-acetyl-glucosamine 등의 각종 탄소원들에 대한 자화성 실험을 한 결과 glucose, sucrose를 제외한 탄소원들 대부분을 자화시키지 못하였다.

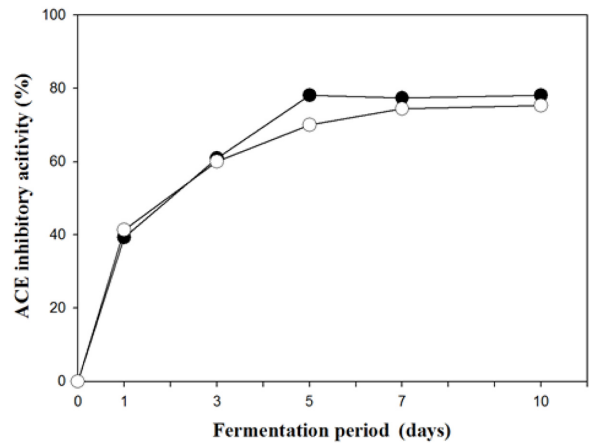


Fig. 3. Antihypertensive angiotensin I-converting enzyme inhibitory activities of control (open circles) and strawberry *Makgeolli* (closed circles) during the fermentation for 10 days.

적 요

딸기를 이용한 건강막걸리를 개발하고자, 딸기를 첨가하여 막걸리를 제조한 후 이들의 품질 특성을 조사하였다. 먼저 딸기막걸리 제조에 적합한 효모를 선발하기 위해 시판 알코올 발효효모와 배재대학교에서 분리 보관중인 알코올 발효효모를 이용하여 딸기막걸리를 제조한 결과 분리 효모인 *Saccharomyces cerevisiae* JSK104가 발효 7일째에 17.4%의 에탄올을 생성하여 우수효모로 선발되었고, 최적 첨가량은 5%이었다. 뭍쌀과 생딸기, 입국, *S. cerevisiae* JSK104를 사용하여 딸기막걸리 발효 중 이화학적 성질, 효모와 유산균 생균수 및 항고혈압성 안지오텐신 전환효소(ACE) 저해 활성 변화를 조사하였다. pH는 발효기간이 경과함에 따라서 발효 1일 째, pH 4.01에서 pH 3.61까지 낮아지는 경향

Table 4. Microbiological characteristics of *Saccharomyces cerevisiae* JSK104

<i>Saccharomyces cerevisiae</i> JSK 104	
Morphological characteristics	
Shape	O
Vegetative reproduction	B
Size (µm)	1.9 × 2.3
Ascospore	+
Pseudomycelium	+
Cultural characteristics	
Growth on YM/PD media	++/-
Growth/color on YPD medium	+++/C
Growth on Vitamin-free medium	-
Growth on 50% glucose-YPD medium	-
Growth on 5%/20% NaCl-YPD medium	-/-
Growth on temp/pH range	20~37°C/pH 4~8
Assimilation/fermentation on carbon sources	
D-Glucose, D-Saccharose (sucrose)	+
L-arabinose, Xylose, D-Galactose, D-Cellobiose	
D-Lactose, D-Maltose, D-Trehalose, D-Melezitose	
D-Raffinose, Adonitol, Xylitol, Inositol, D-Sorbitol	-
Glycerol, Calcium 2-keto-gluconate, Methyl-α D-Glucopyranoside, N-Acetyl-Glucosamine	

O, oval; B, budding; C, cream; YM, yeast extract-malt extract; PD, potato-dextrose; YPD, yeast extract-peptone-dextrose.

이었고 총산 함량은 증가하였다. 에탄올 함량은 발효 7일째 약 17%를 생성하여 최고에 달하였고, 효모와 유산균수는 발효 1일에 최고에 도달한 후 일정한 수를 유지하였다. 항고혈압성 안지오텐신 전환효소 활성은 발효 5일에 최고치에 도달한 후 큰 변화가 없었다.

REFERENCES

- Tulipani S, Mezzetti B, Capocasa F, Bompadre S, Beekwilder J, de Vos CH, Capanoglu E, Bovy A, Battino M. Antioxidants, phenolic compounds, and nutritional quality of different strawberry genotypes. *J Agric Food Chem* 2008;56:696-704.
- Scalzo J, Politi A, Pellegrini N, Mezzetti B, Battino M. Plant genotype affects total antioxidant capacity and phenolic contents in fruit. *Nutrition* 2005;21:207-13.
- Edirisinghe I, Banaszewski K, Cappozzo J, Sandhya K, Ellis CL, Tadapaneni R, Kappagoda CT, Burton-Freeman BM. Strawberry anthocyanin and its association with postprandial inflammation and insulin. *Br J Nutr* 2011;106:913-22.
- Zunino SJ, Parelman MA, Freytag TL, Stephensen CB, Kelley DS, Mackey BE, Woodhouse LR, Bonnel EL. Effects of dietary strawberry powder on blood lipids and inflammatory markers in obese human subjects. *Br J Nutr* 2012;108:900-9.
- Giampieri F, Tulipani S, Alvarez-Suarez JM, Quiles JL, Mezzetti B, Battino M. The strawberry: composition, nutritional quality, and impact on human health. *Nutrition* 2012;28:9-19.
- Afrin S, Gasparrini M, Forbes-Hernandez TY, Reboredo-Rodriguez P, Mezzetti B, Varela-López A, Giampieri F, Battino M. Promising health benefits of the strawberry: a focus on clinical studies. *J Agric Food Chem* 2016;64:4435-49.
- Skrovankova S, Sumczynski D, Mlcek J, Jurikova T, Sochor J. Bioactive compounds and antioxidant activity in different types of berries. *Int J Mol Sci* 2015;16:24673-706.
- Kim JS, Kang EJ, Chang YE, Lee JH, Kim GC, Kim KM. Characteristics of strawberry jam containing strawberry puree. *Kor J Food Cookery Sci* 2013;29:725-31.
- Lee JM, Kim SK, Lee GD. Monitoring on alcohol fermentation characteristics of strawberry. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 2003;32:679-83.
- Jeong EJ, Kim YS, Jeong DY, Shin DH. Yeast selection and comparison of sterilization method for making strawberry wine and changes of physicochemical characteristics during its fermentation. *Kor J Food Sci Technol* 2006;38:642-7.
- Lee GD, Kim SK, Lee JM. Optimization of the acetic acid fermentation condition for preparation of strawberry vinegar. *J Kor Soc Food Sci Nutr* 2003;32:812-7.
- Kim JH, Lee DH, Choi SY, Lee JS. Characterization of physiological functionalities in Korean traditional liquors. *Kor J Food Sci Technol* 2002;34:118-22.
- Lee TJ, Hwang DY, Lee CY, Son HJ. Changes in yeast cell number, total acid and organic acid during production and distribution processes of *Makgeolli*, traditional alcohol of

- Korea. Kor J Microbiol 2009;45:391-6.
14. Kim YH, Min JH, Kang MG, Kim JH, Ahn BH, Kim HK, Lee JS. Physicochemical properties, lactic acid bacteria content and physiological functionalities of Korean commercial *Makgeolli*. Kor J Microbiol Biotechnol 2012;40:325-32.
 15. Ha J, Wang Y, Jang H, Seog H, Chen X. Determination of E,E-farnesol in *Makgeolli* (rice wine) using dynamic headspace sampling and stir bar sorptive extraction coupled with gas chromatography-mass spectrometry. Food Chem 2014;142:79-86.
 16. Saito Y, Wanezaki K, Kawato A, Imayasu S. Structure and activity of angiotensin I converting enzyme inhibitory peptides from sake and sake lees. Biosci Biotechnol Biochem 1994;58: 1767-71.
 17. Kim YH, Joo JI, Lee BC, Kim HH, Lee JS. Screen of a novel yeast for brewing of *Gugija* leaf *Makgeolli* and optimal alcohol fermentation condition. Kor J Mycol 2013;41:167-71.
 18. Kim E, Chang YH, Ko JY, Jeong Y. Physicochemical and microbial properties of Korean traditional rice wine, *Makgeolli*, supplemented with mulberry during fermentation. J Kor Soc Food Sci Nutr 2013;42:1682-9.
 19. Kim SY, Kim E, Yoon S, Jo N, Jung SK, Kwon S, Chang YH, Jeong Y. Physicochemical and microbial properties of Korean traditional rice wine, *Makgeolli*, supplemented with cucumber during fermentation. J Kor Soc Food Sci Nutr 2011;40: 223-8.