

설기떡을 이용한 흑마늘 막걸리의 제조와 품질 특성

김경민¹ · 정우재¹ · 신정혜¹ · 강민정¹ · 성낙주^{1,2*}

¹재단법인 남해마늘연구소

²경상대학교 식품영양학과 · 농업생명과학연구원

Preparation and Quality Characteristics of *Makgeolli* Made with Black Garlic Extract and *Sulgidduk*

Gyoung Min Kim¹, Woo Jae Jung¹, Jung Hye Shin¹, Min Jung Kang¹, and Nak Ju Sung^{1,2*}

¹Namhae Garlic Research Institute, Gyeongnam 668-812, Korea

²Dept. of Food and Nutrition (Insti. of Agric. and Life Sci.), Gyeongsang National University, Gyeongnam 660-701, Korea

Abstract

We conducted this study to develop a high value black garlic *Makgeolli* that was made of black garlic extract (BGE) and *Sulgidduk*. We investigated the quality characteristics of *Makgeolli* made with three different combinations of materials (control, *Sulgidduk* only; A, *Sulgidduk* combined with 15% BGE and water; B, *Sulgidduk* combined with 15% BGE instead of water). The pH of A and B were higher than the control, but the titratable acidity of A and B were lower. The sugar and alcohol contents of A and B increased during fermentation. A similar growth pattern was observed invisible cells, yeast, and lactic acid bacteria in all three *Makgeolli*. In A and B, the quantity of lactic acid bacteria was relatively higher than the yeast. The L value (lightness) was highest in the control, and the a value (redness) and b value (yellowness) were higher in A and B. The antioxidant properties of the three types of *Makgeolli* were evaluated using DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) and ABTS (2,2'-azino-bis[3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid]) radical scavenging activities. In these assays, B showed significantly higher radical scavenging activities than the other two *Makgeolli*.

Key words: *Sulgidduk*, *Makgeolli*, black garlic extracts, antioxidant activity

서 론

막걸리는 삼국사기에도 기록되어 있는 우리나라에서 가장 역사가 오래된 술이며 막걸리라는 이름은 막거른 술이라는 데서 비롯된 것으로 맑지 않고 탁하기 때문에 탁주라 부르기도 하고 식량대용 또는 갈증해소로 농부들이 애용해 왔으므로 농주라고도 부른다(1). 막걸리는 전분질 원료와 국을 주원료로 하여 발효시킨 술덧을 혼탁하게 제성한 것을 말한다(2). 다른 술과는 달리 탁주는 각종 영양분이 풍부하게 함유되어 있는데, 인체 내의 신진대사에 관여하는 필수아미노산, 특히 일반 곡류에 적은 lysine이 많이 함유되어 있으며(3), 누룩의 protease에 의한 분해산물인 valine, leucine, serine, proline, glycine 등의 아미노산도 많이 함유되어 있다(4). 또한 비타민 B₁, B₂와 0.02%~0.4%의 fusel oil이 함유되어 있으며, 풍미물질인 ethyl acetate, amyl acetate, ethyl caproate 등의 ester(4)와 새콤한 맛을 내어 갈증을 해소시켜 주는 유기산, 그리고 간 기능을 도와주는 acetylcholine 등이 함유되어 있다(3).

우리나라에서 주요하게 제조되고 있는 발효주의 양조는 백미, 찹쌀, 누룩 등을 주원료로 하여 식물 약재류 등을 부원료로 첨가하는 방법으로 제조되어 왔는데 최근, 경제 성장과 더불어 생활수준이 향상됨에 따라 웰빙(well-being)을 지향하는 추세와 건강에 대한 관심의 증대로 기능성 발효주에 대한 소비자 수요가 증가하고 있다(5). 대부분의 기능성 발효주는 각종 기능성을 가진 건강식품 원료나 약재의 잎, 뿌리 등을 부원료로 첨가하여 제조되는데, 최근 인삼, 구기자, 두충, 감초, 오미자, 산수유, 숙지황, 매실, 당귀, 동충하초, 상항버섯 등을 첨가하여 알코올 해독, 건강보조 및 질병예방 등의 기능성을 가진 침출주와 발효주가 개발되어 그 효능연구들이 진행되고 있으며, 그 결과에 기반한 관련 제품들이 시판되고 있다(6-10). 이들 주류에서 생리활성을 나타내는 성분은 발효과정에서 생산되어지거나, 발효 전 부원료에 포함된 물질이 용출되어 다른 발효 물질과 더불어 전통주의 생리활성 상승작용을 일으키는 것으로 예측되고 있다(11). 그러나 어떠한 조성이 구체적으로 어떻게 건강에 관여하고 있는지에 관한 연구는 초보적 단계이며, 발효된 알코올

*Corresponding author. E-mail: snakju@gnu.ac.kr
Phone: 82-55-860-8947, Fax: 82-55-860-8960

음료 외의 다양한 발효식품의 건강 또는 질병과의 유의성에 관한 연구도 활발하게 진행되고 있는 상황이다(12).

마늘은 특유의 냄새와 매운 맛 성분인 allicin, 체내 신진대사를 촉진시키는 scordinine, 항암 및 혈전의 생성을 예방하는 효과가 있는 ajoene 등이 대표적인 특수성분이다. 마늘의 중요한 생리활성으로는 항균, 항암, 항바이러스, 항산화, 면역증강, 혈액응고 억제, 간기능 회복, 혈당 감소 효과, 고지혈증 및 동맥경화증 개선, 뇌기능 향상 등이 알려져 있다(13-16).

마늘을 고온 향온기에 일정시간 숙성시킬 경우 마늘 자체 성분 간의 반응에 의해 인편의 내부까지 모두 흑색으로 변화된 흑마늘은 생마늘 고유의 기능성을 유지하면서 갈변물질의 생성에 다른 기능성 증가와 더불어 특유의 매운 맛과 향이 감소된 특징을 가진다(17,18). 또한 일반 마늘에 비해 점도가 높아지고, 달콤하면서 새콤한 맛이 조화를 이루기 때문에 현재 흑마늘 잼(19), 쿠키(20) 및 스핀지케이크(21) 등의 개발과 관련된 연구가 보고되고 있다.

본 연구에서는 흑마늘의 다양한 기능성을 활용할 수 있는 가공식품개발 연구의 일환으로 흑마늘을 첨가한 막걸리를 개발하고자 하였다. 즉, 기존의 막걸리와 차별화되는 흑마늘 막걸리 제조 공정을 확립함에 있어 고두밥을 설기떡으로 대체함으로써 흑마늘 추출액의 첨가방법을 달리하여 막걸리를 제조하고 그 품질 특성을 분석하였다.

재료 및 방법

실험재료

흑마늘과 12 brix 흑마늘 추출액은 덕산비엔에프주식회사로부터 자체 보유한 기술에 의한 제조공법을 통해 만들어진 것을 제공받아 4°C에서 저온저장하면서 사용하였다. 쌀은 경남 하동에서 생산된 것을 단위농협에서 구입하여 사용하였고 누룩은 진주중앙시장에서 판매하는 재래누룩을 사용하였다. 발효에 사용된 효모는 경남 양조협회에서 사용하는 효모(*Saccharomyces cerevisiae* KCTC 7910)를 공급받아 사용하였다. 실험에 사용한 효모는 YPD(yeast peptone dextrose) 평판배지를 사용하여 30°C 배양기에서 24시간 배양하여 자라난 단일 콜로니를 취해 YPD 액체 배지에 접종하여 30°C에서 24시간 정지배양 하여 담금 시 사용하였다.

실험에 사용된 모든 용기는 100°C에서 30분간 살균한 후, 무균작업대 내에서 건조하여 사용하였다.

설기떡 제조

쌀을 3회 수세하여 10시간 상온에서 침지시킨 후 1시간 동안 물을 빼고 roller mill(Km-18, Kyungchang precision, Seoul, Korea)을 이용하여 2회 제분하였다. 이것을 체에 내려 쌀가루 중량에 대하여 설탕 10%, 소금 1%, 물 15%의 비로 재료를 혼합한 후 다시 한 번 체에 내리고 지름 25 cm

Table 1. Component of raw materials in *Makgeolli* brewing

Stage	Materials	Sample code		
		Control ¹⁾	A ²⁾	B ³⁾
1st stage brewing	Yeast (mL)	30	30	30
	Nuruk (g)	560	560	560
	Water (mL)	840	840	840
2nd stage brewing	<i>Baekseolgi</i> (g)	1800	1800	0
	Nuruk (g)	200	200	200
	BGE ⁴⁾ (mL)	0	270	0
	BBGE ⁵⁾ (g)	0	0	1800
	Water (mL)	4120	3850	4120

¹⁾Control: *Sulgidduk Makgeolli*.

²⁾A: *Sulgidduk Makgeolli* added with 15% BGE.

³⁾B: SBGE *Makgeolli*.

⁴⁾BGE: black garlic extracts.

⁵⁾SBGE: *Sulgidduk* made with 15% BGE instead of water.

정도의 질시루에서 20분간 쪄 다음 시루에서 분리하여 상온에서 30분간 식힌 것을 시료로 사용하였다. 흑마늘 설기는 설기떡 제조 시 첨가되는 물 대신 흑마늘 추출액을 15% 첨가하여 제조하였다(22).

설기떡 막걸리 제조

설기떡 막걸리의 담금을 위한 재료의 배합비는 Table 1에 나타내었다. 설기떡으로만 제조한 막걸리를 대조군(control)으로 하고, 설기떡과 설기떡 질량에 대해 15% 흑마늘 추출액(BGE)을 첨가하여 제조한 막걸리(A)와 설기떡 제조 시 첨가되는 물 15%를 대신하여 흑마늘 추출액을 15% 첨가하여 만든 흑마늘 설기(SBGE)로 제조한 막걸리(B) 세 군으로 나누어 각각 제조하였다.

막걸리 발효는 20°C로 조절된 배양기에서 진행하였고 1단 담금은 24시간, 2단 담금은 15일간 진행하였으며 2단 담금을 실시하였을 때부터 실험을 위한 시료를 회수하였다. pH와 산도, 생균수, 당도, 알코올 함량은 각각 0, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 11, 15일에 시료를 취하였고, 색도와 항산화 활성은 담금 초기와 발효의 최종일인 숙성 15일에 시료를 취하여 실험하였다.

pH 및 적정 산도

균질화한 막걸리 시료 10 mL에 탈이온수를 가하여 50 mL로 정용한 다음 여과지(Whatman No. 2)로 여과한 여액을 시료로 사용하였다. pH는 pH meter(Orion 3 STAR, Thermo Scientific, Beverly, MA, USA)를 사용하여 측정하였으며, 적정산도는 여액 10 mL에 0.1 N NaOH 용액을 가하여 pH가 8.4에 도달할 때까지 소요된 양으로부터 산출하여 젯산의 함량으로 표시하였다(23).

당도

균질화한 막걸리 시료 10 mL을 12,000 rpm에서 10분간 원심분리한 후 상등액을 취하여 당도계(PR-201a, Atago, Tokyo, Japan)로 당도를 측정하였다.

알코올 함량

알코올 함량은 AOAC법(24)에 따라 시료 100 mL를 증류한 후 15°C에서 주정계(PAL-34S, Atago)를 이용하여 측정하였다.

생균수 측정

각 시간대별로 회수한 시료는 vortex를 이용하여 1분 동안 균질화 시킨 후 시료의 일정량을 취해 실험을 진행하였다. 생균수는 배양액 1 mL에 0.1% peptone 용액 9 mL을 혼합하여 10배 희석법으로 희석한 다음 각각의 희석액 1 mL를 plate에 도말하여 측정하였다. 이때 총균수는 PCA(plate count agar, Difco, Sparks, MD, USA) 배지를 이용하였고 효모는 YPD(yeast extract 10 g, peptone 20 g, dextrose 20 g/1 L) 배지, 젖산균은 MRS(Difco) 배지를 이용하였다. 총균수는 37°C 배양기에서 24시간 배양 후 평판배지에 형성된 콜로니수를 계측하였고, 효모와 젖산균은 30°C 배양기에서 각각 48, 24시간 배양 후 평판배지에 형성된 콜로니수를 계측하였고 그 콜로니수에 희석배수를 곱하여 시료 mL당 log CFU(colony forming unit)로 나타내었다.

색도

15일 발효 후 일정량의 시료를 12,000 rpm에서 10분간 원심분리 하여 상등액을 여과한 후 색차계(UltraScan VIS, Hunter Lab, Reston, VA, USA)를 사용하여 명도를 나타내는 L값, 적색도를 나타내는 a값, 황색도를 나타내는 b값으로 나타내었으며, 3회 이상 반복 측정하였다. 이때 표준백판의 L값은 99.46, a값은 -0.10, b값은 0.14였다.

항산화 활성 측정

막걸리의 항산화 활성을 알아보기 위하여 총 폴리페놀 함량, DPPH 및 ABTS⁺ 라디칼 소거활성을 측정하였다.

총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis법(25)에 따라 각 시료액 1 mL에 Foline-Ciocalteau's phenol 시약 및 10% Na₂CO₃ 용액을 각 1 mL씩 차례로 가한 다음 실온에서 1시간 정지한 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였으며, caffeic acid(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하여 얻은 표준검량선으로부터 산출하였다.

항산화 활성의 평가하기 위하여 각각의 막걸리 시료를 12000 rpm에서 10분간 원심분리 한 후 0.45 μm membrane filter(Sartorius stedim biotech, Goettingen, Germany)를 이용하여 부유물을 제거하였다. 이를 50 μL/mL의 농도가 되도록 3차 증류수로 희석하여 시료로 사용하였다.

DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, Sigma Chemical Co.) 라디칼에 대한 소거효과는 Blois(26)의 방법에 준하여 평가하였다. 전처리된 시료액 2 mL에 DPPH 용액 2 mL를 가하여 혼합물을 교반한 후 암소에서 30분간 방치한 다음 UV/VIS spectrophotometer(Libra S35, Biochrom, Cambridge, England)로 517 nm에서 흡광도를 측정하였다.

ABTS(2,2'-azino-bis[3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid], Sigma Chemical Co.) 라디칼 소거활성은 Siddhuraju와 Becker(27)의 방법에 준하여 측정하였다. 각각 증류수에 용해한 7.0 mM ABTS 용액과 2.6 mM potassium persulfate 용액을 혼합하고 ABTS 라디칼을 만들기 위해 12~16시간 동안 암소에 반응시켰다. 라디칼이 생성된 용액을 415 nm에서 흡광도 값이 1.50±0.02 되도록 물로 희석하였다. ABTS 용액 3 mL에 희석한 시료 용액 1 mL를 첨가하여 상온에서 4분간 반응시킨 후 UV/VIS spectrophotometer로 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 및 ABTS 라디칼 소거활성은 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{Scavenging activity (\%)} = (1 - A_1/A_0) \times 100$$

A₁: 시료처리군의 흡광도

A₀: 시료대조군의 흡광도

통계처리

3회 이상 반복 실험하여 얻은 결과는 SPSS 12.0 package를 사용하여 분산분석 하였으며, 결과는 평균±표준편차로 나타내었다. 각 실험군에 대한 유의성 검정은 분산분석을 한 후 p<0.05 수준에서 Duncan's multiple test를 실시하였다.

결과 및 고찰

pH 및 산도 변화

15% 흑마늘 추출액과 흑마늘 설기로 제조한 막걸리의 발효과정 동안 pH의 변화를 측정한 결과는 Table 2와 같다. 발효 초기에 pH는 3.50~3.57로 발효 전인 4.06~4.12에 비해 유의적으로 감소하였으나 발효 2일부터 점차 증가하는 경향을 보여 발효 최종일에 pH는 3.66~3.78이었다.

Kim 등(28)은 발효 초기의 pH 감소 원인은 술덧에서 생성된 유기산 증가에 의한 것이나, 이후 지속적으로 생성된 알코올과 아미노산, 유기산이 상호 반응을 하여 에스테르 등의 향미성분을 생성시키기 때문에 pH가 증가하는 것으로 보고

Table 2. Changes in pH during fermentation of three different *Makgeolli* at 20°C for 15 days

Fermentation days	Control ¹⁾	A ²⁾	B ³⁾
0	4.06±0.01 ^{aH}	4.11±0.01 ^{bG}	4.12±0.01 ^{bG}
1	3.50±0.01 ^{aA}	3.58±0.01 ^{cA}	3.57±0.01 ^{bA}
2	3.55±0.01 ^{aB}	3.71±0.01 ^{cC}	3.68±0.01 ^{bB}
3	3.61±0.01 ^{aD}	3.71±0.00 ^{cCD}	3.68±0.00 ^{bB}
4	3.62±0.01 ^{aEF}	3.69±0.01 ^{bB}	3.68±0.01 ^{bB}
5	3.59±0.01 ^{aC}	3.72±0.01 ^{cD}	3.70±0.01 ^{bC}
7	3.61±0.01 ^{aDE}	3.74±0.01 ^{cF}	3.72±0.01 ^{bD}
9	3.63±0.01 ^{aF}	3.74±0.00 ^{bF}	3.77±0.01 ^{cE}
11	3.63±0.01 ^{aF}	3.73±0.01 ^{bE}	3.79±0.01 ^{cF}
15	3.66±0.01 ^{aG}	3.71±0.01 ^{bCD}	3.78±0.01 ^{cEF}

¹⁻³⁾Refer to Table 1.

Means with different superscripts in the same row (a-c) and column (A-G) are significantly different at p<0.05.

Table 3. Changes in acidity during fermentation of three different *Makgeolli* at 20°C for 15 days (%)

Fermentation days	Control ¹⁾	A ²⁾	B ³⁾
0	0.49±0.01 ^{aA}	0.59±0.01 ^{bA}	0.58±0.02 ^{bA}
1	1.26±0.01 ^{bD}	1.07±0.02 ^{aD}	1.05±0.01 ^{aC}
2	1.12±0.01 ^{bBC}	1.02±0.03 ^{aB}	1.05±0.01 ^{aC}
3	1.13±0.01 ^{aC}	1.12±0.02 ^{aE}	1.14±0.01 ^{aD}
4	1.10±0.02 ^{aB}	1.15±0.02 ^{bE}	1.14±0.01 ^{bD}
5	1.12±0.02 ^{bBC}	1.13±0.01 ^{bE}	1.05±0.01 ^{aC}
7	1.12±0.01 ^{cBC}	1.06±0.02 ^{bBCD}	1.02±0.01 ^{aB}
9	1.12±0.02 ^{cBC}	1.06±0.02 ^{bCD}	1.02±0.01 ^{aB}
11	1.13±0.01 ^{cC}	1.06±0.01 ^{bBCD}	1.02±0.01 ^{aB}
15	1.12±0.01 ^{bBC}	1.03±0.01 ^{aBC}	1.02±0.01 ^{aB}

¹⁻³⁾Refer to Table 1.

Means with different superscripts in the same row (a-c) and column (A-D) are significantly different at p<0.05.

하였고, Jang(29)의 연구에서 시판약주의 pH는 발효초기에는 저하되지만, 이후 숙성기간 동안은 pH 4.0 이하로 안정적으로 유지된다고 보고하였는데, 이는 본 연구와도 동일한 경향이였다.

흑마늘 추출액과 흑마늘 설기로 제조한 막걸리의 발효 중 산도 변화(Table 3)를 측정된 결과, 대조군(control)의 경우 담금 직후 산도가 0.49%였으나 발효 1일에는 1.26%로 약 2.6배 증가한 후 발효 15일까지 1.10~1.13%의 범위를 유지하였다. 설기떡과 흑마늘 추출액을 첨가한 막걸리(A) 및 흑마늘 설기 막걸리(B)는 대조군과 산도의 증가 양상이 다소 상이하여 발효 3~5일에 1.12~1.15%로 증가하였다가 이후 다시 감소하여 1.06% 미만을 유지하였으나 발효 7일 이후부터 15일까지는 A, B가 대조군에 비해 산도가 더 낮았다.

이는 Lee 등(30)의 등글레 엑기스를 첨가한 약주 제조 시 엑기스 첨가가 많을수록 총산의 함량이 높다는 보고와 인삼박의 첨가량이 증가함에 따라 총산의 함량이 증가한다는 보고(31)와는 상이한 결과였으나 막걸리 제조 시 흑마늘의 첨가는 지나친 산도의 증가를 억제하여 산미 증가로 인한 기호도 감소를 억제할 수 있을 것으로 사료된다.

당도

막걸리의 발효가 진행되는 동안 당도의 변화를 분석한 결과를 Table 4에 나타내었다. 담금 직후 흑마늘 추출액 및 흑마늘 설기 첨가군의 당도는 각각 4.93 brix와 4.87 brix로 대조군에 비해 유의적으로 높았다. 발효가 진행됨에 따라 당도는 점차 증가하는 경향을 나타내었는데, 대조군은 미량의 증감을 보이면서 발효 15일에 7.13 brix로 증가하였다. 설기떡과 흑마늘 추출액을 혼합한 막걸리에서는 발효 1일에 당도는 6.47 brix로 증가한 이후 가장 높은 값을 유지하였으며 최종 15일에는 7.33 brix였다. 흑마늘 설기 첨가군에서 당도는 가장 증가폭이 낮았는데, 발효 2일에 가장 큰 폭으로 증가한 후 발효 11일에서 7.0 brix 이상으로 증가하였고, 발효 15일까지 차이가 없었다.

막걸리 담금 직후에는 흑마늘 추출액에 기인하는 감미 성

Table 4. Changes in sugar content during fermentation of three different *Makgeolli* at 20°C for 15 days (°Brix)

Fermentation days	Control ¹⁾	A ²⁾	B ³⁾
0	4.33±0.12 ^{aA}	4.93±0.12 ^{bA}	4.87±0.12 ^{bA}
1	6.13±0.12 ^{aB}	6.47±0.12 ^{bB}	6.27±0.12 ^{abB}
2	6.80±0.00 ^{bC}	7.13±0.12 ^{cC}	6.53±0.12 ^{aC}
3	6.80±0.00 ^{bC}	7.20±0.00 ^{cCD}	6.67±0.12 ^{aC}
4	7.00±0.00 ^{aD}	7.33±0.12 ^{bDE}	6.93±0.12 ^{aD}
5	7.13±0.12 ^{bDE}	7.40±0.00 ^{cE}	6.87±0.12 ^{aD}
7	7.07±0.12 ^{abDE}	7.27±0.12 ^{bCDE}	6.93±0.12 ^{aD}
9	7.13±0.12 ^{aDE}	7.13±0.12 ^{aC}	6.93±0.12 ^{aD}
11	7.20±0.00 ^{abE}	7.27±0.12 ^{bCDE}	7.07±0.12 ^{aD}
15	7.13±0.12 ^{abDE}	7.33±0.12 ^{bDE}	7.07±0.12 ^{aD}

¹⁻³⁾Refer to Table 1.

Means with different superscripts in the same row (a-c) and column (A-E) are significantly different at p<0.05.

분에 의해 대조군보다 당도가 높지만 발효가 진행됨에 따라 미생물에 의해 당화작용과 알코올 대사가 동시에 일어나면서(32) 대조군에서도 가용성 고형분의 함량을 증가시키는 요인들이 증가하게 되므로 흑마늘 추출액 첨가군의 차이가 적어진 것으로 판단된다.

현재 시중에 유통 판매되고 있는 일부 탁주는 단맛을 내기 위해서 아스파탐을 첨가하고 있는데(33), 이처럼 합성 식품 첨가물을 첨가하여 단맛을 내기보다는 감미 성분을 가지는 흑마늘 같은 식품 자체에 당 함량이 높은 천연 재료를 첨가함으로써 탁주의 당도를 조절하는 것이 바람직할 것으로 보인다.

알코올 함량

흑마늘 추출액 및 흑마늘 설기로 제조한 막걸리의 알코올 함량은 Table 5에서 보는 바와 같이 발효 1일에 모든 실험군에서 3.93%로 동일하였다. 발효 2일에 알코올 함량은 6.2% 정도로 증가한 후 실험군에 따라 증감의 양상이 다소 차이가 있었는데, 백설기로 제조한 대조군의 알코올 함량은 숙성 3일에 7.0% 이상으로 증가한 후 발효 9일부터는 8.07%를 발효 완료시까지 일정하게 유지하였다. 백설기와 흑마늘

Table 5. Changes in alcohol content during fermentation of three different *Makgeolli* at 20°C for 15 days (%)

Fermentation days	Control ¹⁾	A ²⁾	B ³⁾
0	0.00±0.00 ^A	0.00±0.00 ^A	0.00±0.00 ^A
1	3.93±0.12 ^{aB}	3.93±0.12 ^{aB}	3.93±0.12 ^{aB}
2	6.33±0.12 ^{aC}	6.27±0.12 ^{aC}	6.27±0.12 ^{aC}
3	7.07±0.12 ^{aD}	7.47±0.12 ^{bD}	6.93±0.12 ^{aD}
4	7.60±0.00 ^{bE}	7.53±0.12 ^{bDE}	7.00±0.00 ^{aDE}
5	7.80±0.00 ^{cF}	7.60±0.00 ^{bDEF}	7.13±0.12 ^{aE}
7	7.93±0.12 ^{bFG}	7.67±0.12 ^{aEF}	7.47±0.12 ^{aF}
9	8.07±0.12 ^{bGH}	7.73±0.12 ^{aF}	7.73±0.12 ^{aG}
11	8.07±0.12 ^{aGH}	7.93±0.12 ^{aG}	8.00±0.00 ^{aH}
15	8.07±0.12 ^{aGH}	8.07±0.12 ^{aG}	8.07±0.12 ^{aH}

¹⁻³⁾Refer to Table 1.

Means with different superscripts in the same row (a-c) and column (A-H) are significantly different at p<0.05.

추출액을 첨가하였을 때는 발효 3일에 7.47%로 알코올 함량이 다른 실험군에 비해 유의적으로 증가하였으나 그 이후부터는 알코올의 증가가 미미하여 발효 15일에야 8% 이상에 도달하였다. 흑마늘 설기를 첨가한 막걸리는 알코올 함량이 7.0% 이상에 도달하는데 가장 시간이 많이 걸려 4일이 소요되었으며 이후 발효 11일 후에야 8% 이상의 알코올 함량을 나타내었다. 각각의 실험군에서 알코올 함량의 증가 속도에는 다소 차이가 있었으나 발효 최종 15일의 알코올 함량은 모두 8.07%로 동일하여 최종 알코올 생성량에는 영향을 미치지 않음을 확인할 수 있었다.

알코올 함량은 약주의 보존성이나 향미에 영향을 주는 중요한 성분으로 술덧 중 알코올 함량은 다소 높아야 한다고 보고되어 있는데(34), 본 실험의 결과 흑마늘 첨가군이 대조군에 비해 알코올 생성속도는 느리지만 최종 알코올 함량이 동일하여 흑마늘의 첨가가 약주의 보존성 및 향미에 나쁜 영향을 끼치지 않는 것으로 판단된다.

생균수 측정

생균수 변화를 측정한 결과는 Table 6에 나타내었다. 발효 기간 동안 총균수, 효모수, 젖산균수의 생육정도는 동일

한 경향을 나타내었고, 담금 직후 모든 시료의 생균수는 유의적인 차이가 없으나 발효 2일까지는 대수적으로 증가하다가 이후로는 감소하는 경향을 나타내었다. 발효 4일 이전까지는 실험군간에 생균수의 차이가 미미하였으나 그 이후부터는 실험군에 따라 차이를 나타내었는데 대조군에 비해 흑마늘 추출액 첨가군(A) 및 흑마늘 설기떡 첨가군(B)의 생균수가 다소 적었다. 이러한 경향은 젖산균수보다 효모수에서 더 두드러져 설기떡과 흑마늘 추출액의 첨가는 효모의 생육에 더 큰 영향을 미치는 것으로 생각된다. 그리고 발효 4일 이후로는 모든 막걸리에서 젖산균수가 효모수에 비해 생균수가 높게 측정되었다.

색도

설기떡, 설기떡과 흑마늘 추출액 및 흑마늘 설기로 제조한 막걸리의 색도를 측정한 결과는 Table 7과 같다. 밝기를 나타내는 L값은 설기떡과 흑마늘 추출액 및 흑마늘 설기로 제조한 막걸리에서 각각 51.41, 52.44로 대조군(54.02)보다 어두운 것으로 나타났는데 이는 흑마늘 고유의 색상인 검은 색에 의한 것으로 사료된다. 적색도를 나타내는 a값은 대조구에서 -0.45였는데, L값과 마찬가지로 흑마늘 추출액 첨가

Table 6. Changes in viable cell, yeast and lactic acid bacteria during fermentation of three different *Makgeolli* at 20°C for 15 days (log CFU/mL)

No.	Fermentation days	Control ¹⁾	A ²⁾	B ³⁾
Viable cell	0	6.67±0.01 ^a	6.67±0.01 ^a	6.66±0.00 ^a
	1	8.25±0.01 ^g	8.33±0.01 ^j	8.42±0.05 ^g
	2	8.51±0.05 ^h	8.48±0.01 ⁱ	8.49±0.05 ^g
	3	8.26±0.03 ^g	8.06±0.01 ^h	8.08±0.01 ^f
	4	7.61±0.01 ^f	7.66±0.04 ^g	7.58±0.04 ^e
	5	7.57±0.05 ^f	7.55±0.04 ^f	7.40±0.00 ^d
	7	7.47±0.04 ^e	7.31±0.01 ^e	7.16±0.00 ^c
	9	7.32±0.03 ^d	7.14±0.02 ^d	6.99±0.04 ^b
	11	7.19±0.01 ^c	7.00±0.03 ^c	6.94±0.01 ^b
	15	6.96±0.05 ^b	6.77±0.00 ^b	6.73±0.04 ^a
Yeast	0	6.52±0.00 ^a	6.51±0.01 ^b	6.49±0.02 ^b
	1	8.17±0.03 ^g	8.06±0.00 ⁱ	8.23±0.06 ^h
	2	8.40±0.08 ^h	8.35±0.01 ^j	8.38±0.05 ^j
	3	8.06±0.08 ^f	7.99±0.04 ^h	8.08±0.01 ^g
	4	7.32±0.03 ^e	7.26±0.01 ^g	7.25±0.00 ^f
	5	7.26±0.05 ^e	7.19±0.02 ^f	7.23±0.01 ^f
	7	7.13±0.07 ^d	7.03±0.04 ^e	6.80±0.01 ^e
	9	6.98±0.04 ^c	6.80±0.04 ^d	6.67±0.03 ^d
	11	6.90±0.02 ^c	6.69±0.02 ^c	6.57±0.02 ^c
	15	6.72±0.03 ^b	6.41±0.00 ^a	6.38±0.05 ^a
Lactic acid bacteria	0	6.46±0.01 ^a	6.47±0.01 ^a	6.48±0.02 ^a
	1	7.94±0.07 ^g	8.22±0.01 ⁱ	8.25±0.04 ^g
	2	8.25±0.01 ⁱ	8.26±0.00 ⁱ	8.24±0.05 ^g
	3	8.10±0.02 ^h	7.74±0.04 ^h	7.59±0.02 ^f
	4	7.52±0.03 ^f	7.63±0.06 ^g	7.51±0.07 ^f
	5	7.50±0.05 ^{ef}	7.51±0.05 ^f	7.22±0.01 ^e
	7	7.41±0.02 ^e	7.22±0.01 ^e	7.11±0.01 ^d
	9	7.27±0.02 ^d	7.08±0.02 ^d	6.92±0.05 ^c
	11	7.10±0.02 ^c	6.93±0.03 ^c	6.89±0.00 ^c
	15	6.83±0.06 ^b	6.73±0.01 ^b	6.68±0.09 ^b

¹⁻³⁾ Refer to Table 1.

^{a-j)} Means with different superscripts in the same column are significantly different at p<0.05.

Table 7. Color values of three different *Makgeolli*

Hunter color value	Control ¹⁾	A ²⁾	B ³⁾
L value	54.02±0.41 ^c	51.41±0.15 ^a	52.44±0.23 ^b
a value	-0.45±0.05 ^a	2.60±0.01 ^c	1.45±0.01 ^b
b value	16.22±0.18 ^a	27.26±0.15 ^c	21.83±4.24 ^b

¹⁻³⁾Refer to Table 1.

^{a-c}Means with different superscripts in the same row are significantly different at $p<0.05$.

Table 8. Total polyphenol contents of three different *Makgeolli* at 20°C for 15 days (mg/100 g)

Fermentation days	Control ¹⁾	A ²⁾	B ³⁾
0	21.22±0.26 ^a	23.76±0.18 ^b	24.32±0.22 ^c
15	45.32±0.34 ^a	49.23±0.43 ^b	48.68±0.65 ^c

¹⁻³⁾Refer to Table 1.

^{a-c}Means with different superscripts in the same row are significantly different at $p<0.05$.

군, 흑마늘 설기 실험군의 순으로 높았다. 황색도를 나타내는 b값도 a값과 동일한 경향으로 대조군에서 16.22로 가장 낮았다.

흑마늘 자체의 색은 L값이 22.52, a값이 2.86, b값이 3.19라는 Choi 등(35)의 보고로 미루어 볼 때, 대조군과 실험군 간의 색도 차이는 첨가된 흑마늘 추출액의 색에 기인하는 것으로 판단된다.

항산화 활성 측정

설기떡, 설기떡에 흑마늘 추출액 첨가 및 흑마늘 설기로 제조한 막걸리의 총 폴리페놀 함량을 측정된 결과는 Table 8에 나타내었다. 담금 직후 흑마늘 설기로 제조한 막걸리의 폴리페놀 함량은 24.32 mg/100 g으로 가장 높았고, 발효의 진행과 더불어 그 함량이 증가하여 발효 최종 15일에는 설기떡에 흑마늘 추출액을 첨가하여 제조한 막걸리에서 49.23 mg/100 g으로 가장 높은 함량이었다.

흑마늘 추출액 자체가 20.21 mg/100 g의 폴리페놀을 함유하고 있다는 Lee 등(36)의 결과와 비교할 때 담금 직전의 막걸리 중 폴리페놀 함량은 흑마늘 추출액의 첨가에 따른 것으로 생각된다. 담금 직후보다 발효 완료 후의 폴리페놀 함량이 증가한 것은 효모나 젖산균 등의 미생물 대사를 통해 원료인 쌀과 흑마늘에서 폴리페놀성 물질의 유리가 용이해짐으로써 그 함량이 증가한 것으로 추정된다.

폴리페놀 성분은 플라보노이드, 카테킨, 안토시아닌 등의 물질을 종합적으로 부르는 명칭으로 체내에서 항산화 작용을 통하여 노화방지, 동맥경화 예방, 항암효과 등을 가지는데(37), 대조군에 비해 흑마늘 추출액 첨가군 및 흑마늘 설기 막걸리의 폴리페놀 함량이 높은 것으로 나타나 항산화 및 항당뇨 등과 같은 다양한 기능성을 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

안정한 free radical을 함유하는 DPPH 분자는 항산화제의 라디칼 소거활성을 평가하기 위해 가장 많이 사용된다. 생체

내의 유해활성 산소, 유리기 등은 생체막의 구성성분인 불포화 지방산을 공격하여 과산화물을 축적시키는데, 이로 인해 생체 기능의 저하나 노화를 유발시킨다. 이러한 원인 물질의 생성을 억제하기 위하여 연쇄반응 차단 항산화제로, 산패의 기본물질인 lipid radical과 반응하여 안정한 물질로 전환시키거나 연쇄반응 개시 속도를 연장시킨다(38,39).

설기떡에 흑마늘 추출액을 첨가하여 제조한 막걸리 및 흑마늘 설기로 제조한 막걸리의 DPPH 라디칼 소거활성을 측정한 결과는 Table 9에 나타내었다. 흑마늘이 첨가됨으로써 막걸리의 항산화 활성은 대조군보다 더 높았는데, 담금 직후 대조군의 DPPH 라디칼 소거활성은 10% 미만이었으나 설기떡에 흑마늘 추출액을 첨가하여 제조한 막걸리의 소거활성은 약 2배 정도 더 높아 18.89%였다. 발효 완료 후에는 모든 실험군의 DPPH 라디칼 소거활성이 2배 이상 증가하였는데 흑마늘 설기로 제조한 막걸리에서 47.62%로 가장 활성이 높았다.

ABTS 라디칼 소거능은 항산화제의 유무를 확인하는 것으로 라디칼을 생성하는 ABTS 존재 시 hydrogen peroxide와 metmyoglobin의 활성을 토대로 보다 빠른 항산화 반응을 일으켜 myoglobin 라디칼을 감소시키는 기전이라고 할 수 있다(40).

담금 직후 설기떡과 흑마늘 추출액 첨가 및 흑마늘 설기로 제조한 막걸리의 ABTS 라디칼 소거활성(Table 9)은 각각 20.03%와 18.98%로 대조군(11.25%)에 비해 활성이 높았다. 발효 완료 후 이들 막걸리의 ABTS 라디칼 소거활성은 각각 55.07%와 63.03%로 발효 전에 비해 2배 이상 증가하여 ABTS 라디칼 소거활성의 결과도 DPPH 라디칼 소거활성과 동일한 경향이였다.

ABTS 라디칼 소거활성이 DPPH보다 더 높게 나타난 이유는 ABTS 방법은 수소공여항산화제(hydrogen-donating antioxidant)와 연쇄절단형 항산화제(chain-breaking antioxidant) 모두를 측정할 수 있고, 수용상(aqueous phase)과 유기상(organic phase) 모두에 적용이 가능한 장점이 있기 때문에(40) DPPH 방법보다 라디칼 소거활성이 더 sensitive하게 나타난 결과로 판단된다.

마늘 중에 함유되어 있는 플라보노이드, 페놀화합물을 비롯하여 diallyl sulfide, diallyl disulfide, diallyl trisulfide 및

Table 9. Scavenging activity of DPPH and ABTS radicals of three different *Makgeolli* at 20°C for 15 days (%)

Radical	Fermentation days	Scavenging activity		
		Control ¹⁾	A ²⁾	B ³⁾
DPPH	0	9.95±0.21 ^a	18.89±0.00 ^c	16.71±0.56 ^b
	15	37.98±0.39 ^a	45.41±1.67 ^b	47.62±1.70 ^c
ABTS	0	11.25±0.46 ^a	20.03±1.28 ^c	18.98±0.40 ^b
	15	47.26±1.80 ^a	55.07±1.69 ^b	63.03±0.52 ^c

¹⁻³⁾Refer to Table 1.

^{a-c}Means with different superscripts in the same row are significantly different at $p<0.05$.

allyl-cystein과 같은 함황화합물은 마늘의 항산화 기능을 나타내는 주체로 보고되어 있다(41). 또한 마늘 중의 갈변 반응 물질들도 항산화 활성을 가지는데, Moreno 등(42)은 상온에서 10개월 이상 숙성해서 얻어진 숙성 마늘 추출물의 Maillard 반응 첫 번째 단계에서 얻어진 amadori 화합물이 항산화 효과를 지닌다고 하였다.

요 약

설기떡을 이용한 막걸리 제조 시 흑마늘 추출액의 첨가방법을 달리하여 그 품질 특성을 실험하였다. 설기떡(control), 설기떡과 15% 흑마늘 추출액(A), 그리고 15% 흑마늘 추출액을 첨가하여 제조한 흑마늘 설기떡(B)으로 각각 막걸리를 제조하였다. 대조군에 비해 흑마늘이 첨가된 막걸리는 pH는 더 높았으며 산도는 낮았다. 총당과 알코올 함량은 발효기간 동안 계속 증가하였으며, 총균수, 효모수, 유산균수 모두 흑마늘 추출액 첨가 유무에 따른 경향의 차이는 없었다. 그러나 흑마늘 추출액이 첨가된 막걸리군에서는 유산균수가 효모수보다 상대적으로 높게 나타났다. 15일 동안 발효가 완료된 막걸리의 색도를 측정할 결과 흑마늘이 첨가된 막걸리군이 대조군에 비해 a, b값이 더 높게 나타났으며, 명도를 나타내는 L값은 대조군이 더 높았다. 항산화 활성 측정을 위해 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거활성을 측정한 결과 흑마늘 설기떡으로 제조한 막걸리에서 활성이 가장 높았으며 발효 전보다 발효 후 활성이 2배 이상 더 증가하였다. 라디칼 소거능 결과를 종합하여볼 때 흑마늘 추출액 첨가 및 흑마늘 설기로 제조한 막걸리의 발효 초기 라디칼 소거활성은 첨가된 흑마늘에 기인하는 것으로 생각되며, 발효 완료 후 라디칼 소거활성이 더 증가되는 것은 발효과정을 통해 항산화성 물질의 유리가 용이해지고, 발효와 더불어 생성된 미생물 대사 산물들이 영향을 미쳤기 때문으로 판단된다.

문 헌

- Lee CH. 1993. History of Korea alcoholic beverage. *Bioindustry News* 6: 58-61.
- Korea Food & Drug Administration. 2000. *Official book for food*. Moonyoung Publishing Co., Seoul, Korea. p 436.
- Ministry of Commerce, Industry and Energy. 2006. *Study on Developing How to Improve Quality and Shelf-life of Takju*. Wol-bae takju manufacturing factory, Daegu, Korea. p 1, 17.
- Lee GH. 1994. The properties and new technologies of Korean medicinal wine and takju. *J Microbiol Biotechnol* 7: 4036-4046.
- Jang JH. 1989. History of Korean traditional rice wine. *Korean J Dietary Cult* 4: 271-274.
- Chang KS, Yu TJ. 1981. Studies on the components of so-gukju and commercial yakju. *Korean J Food Sci Technol* 13: 307-313.
- Cha JY, Cho YS. 2001. Biofunctional activities of citrus flavonoids. *J Korean Agric Chem Biotechnol* 44: 122-128.
- Cha JY, Kim HJ, Kim SK, Lee YJ, Cho YS. 2000. Effects of citrus flavonoids on the lipid peroxidation contents. *Korean J Postharvest Sci Technol* 7: 211-217.
- Kim JH, Lee DH, Choi SY, Lee JS. 2002. Characterization of physiological functionalities in Korean traditional liquors. *Korean J Food Sci Technol* 34: 118-122.
- Yoo KM, Hwang IK. 2004. In vitro effect of yuja (*Citrus junos* SIEB ex TANAKA) extracts on proliferation of human prostate cancer cells and antioxidant activity. *Korean J Food Sci Technol* 36: 339-344.
- Chung KS, Oh WT, Nam SM, Son BS, Park YS. 1998. Effect of Korean rice-wine (yakju) on *in vitro* and *in vivo* progression of B16BL6 mouse melanoma and HRT18 human colon adenocarcinoma cells. *Korean J Food Sci Technol* 30: 1470-1475.
- Kim SJ, Baek JY, Park CK, Kim GW. 2004. Gastroprotective effect of Korean rice wine (yakju). *Korean J Food Sci Technol* 36: 818-822.
- Song K, Milner JA. 2001. The influence of heating on the anticancer properties of garlic. *J Nutr* 131: 1054-1057.
- Nakagawa H, Tsuta K, Kiuchi K, Senzaki H, Tanaka K, Hioki K, Tsubura A. 2001. Growth inhibitory effects of diallyl disulfide on human breast cancer cell lines. *Carcinogenesis* 22: 891-897.
- Kim HK, Kwak HJ, Kim KH. 2002. Physiological activity and antioxidative effect of garlic (*Allium sativum* L.) extract. *Food Sci Biotechnol* 11: 500-506.
- Kyung KH. 2006. Growth inhibitory activity of sulfur compounds of garlic against pathogenic microorganisms. *J Food Hyg Safety* 21: 145-152.
- Shin JH, Choi DJ, Lee SJ, Cha JY, Sung NJ. 2008. Antioxidant activity of black garlic (*Allium sativum* L.). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 965-971.
- Shin JH, Choi DJ, Lee SJ, Cha JY, Kim JG, Sung NJ. 2008. Change of physicochemical components and antioxidant activity of garlic during its processing. *J Life Sci* 18: 1123-1131.
- Kim MH, Son CW, Kim MY, Kim MR. 2008. Physicochemical, sensory characteristics and antioxidant activities of jam prepared with black garlic. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 1632-1639.
- Lee JO, Kim KH, Yook HS. 2009. Quality characteristics of cookies containing various levels of aged garlic. *J East Asian Soc Dietary Life* 19: 71-77.
- Lee JS, Seong YB, Jeong BY, Yoon SJ, Lee IS, Jeong YH. 2009. Quality characteristics of sponge cake with black garlic powder added. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 1222-1228.
- Shin JH, Kim YA, Kang MJ, Yang SM, Sung NJ. 2010. Preparation and characteristics of Sulgidduk containing different amounts of black garlic extract. *Korean J Food Cookery Sci* 26: 559-566.
- Park CS, Lee TS. 2002. Quality characteristics of takju prepared by wheat flour nuruk. *Korean J Food sci Technol* 34: 298-302.
- Ann YG, Lee SK. 1995. A study of sikhye. *Korean J Food Nutr* 8: 165-171.
- Gutfinger T. 1981. Polyphenols in olive oils. *JAOCS* 58: 966-967.
- Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
- Siddhuraju P, Becker K. 2007. The antioxidant and free radical scavenging activities for processed cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) seed extracts. *Food Chem* 101: 10-19.
- Kim CA, Lee WG, Lee IS, Wang MH. 2008. Changes of

- physicochemical, sensory, and antioxidant activity characteristics in rice wine, *yakju* added with different ratio of *Codonopsis lanceolata*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 201-206.
29. Jang JH. 1989. History of Korean traditional rice wine. *Korean J Dietary Culture* 4: 271-274.
 30. Lee ST, Kim MB, Song GW, Choi SU, Lee HJ, Heo JS. 2000. Effect of *Polygonatum odoratum* extracts on quality of *yakju*. *Korean J Postharvest Sci Technol* 7: 262-266.
 31. Lee IS, Yang EJ, Jeong YJ, Seo JH. 1999. Fermentation process and physicochemical characteristics of *yakju* with addition of ginseng powder. *Korean J Postharvest Sci Technol* 6: 463-468.
 32. Joung EJ, Paek NS, Kim YM. 2004. Studies on Korean *takju* using the by-product of rice milling. *Korean J Food Sci Technol* 17: 199-205.
 33. Song JC, Park HJ, Shin WC. 1997. Changes of *takju* qualities by addition of cyclodextrin during the brewing and aging. *Korean J Food Sci Technol* 29: 895-900.
 34. Jin TY, Chung HJ, Eun JB. 2000. The effect of fermentation temperature on the quality of *jinyangju*, a Korean traditional rice wine. *Korean J Food Sci Technol* 38: 414-418.
 35. Choi DJ, Lee SJ, Kang MJ, Cho HS, Sung NJ, Shin JH. 2008. Physicochemical characteristics of black garlic (*Allium sativum* L.). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 465-471.
 36. Lee HH, Kim IJ, Kang ST, Kim YH, Lee JO, Ryu CH. 2010. Development of black garlic *Yakju* and its antioxidant activity. *Korean J Food Sci Technol* 42: 69-74.
 37. Kim HJ, Jun BS, Kim SK, Cha JY, Cho SY. 2000. Polyphenolic compound content and antioxidative activities by extracts from seed, sprout and flower of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Korean J Food Nutr* 29: 1127-1132.
 38. Jayat C, Ratinaud MH. 1993. Cell cycle analysis by flow cytometry: principles and applications. *Biol Cell* 78: 15-25.
 39. Chance B, Sies H, Boveris A. 1979. Hydroperoxide metabolism in mammalian organ. *Physiol Res* 59: 527-605.
 40. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26: 1231-1237.
 41. Nuttakaan L, Viboon R, Nantaya C, Janusz MG. 2006. Quantitative evaluation of the antioxidant properties of garlic and shallot preparations. *Nutrition* 22: 266-274.
 42. Moreno FJ, Corzo-Martinez M, Castillo MD, Villamiel M. 2006. Changes in antioxidant activity of dehydrated onion and garlic during storage. *Food Res Int* 39: 891-897.

(2011년 2월 28일 접수; 2011년 4월 22일 채택)