

흑마늘 발효주 개발 및 항산화 활성

이효형 · 김익조 · 강상태 · 김영훈 · 이정옥 · 류충호*
경상대학교 응용생명과학부(BK21 program) 농업생명과학연구원

Development of Black Garlic *Yakju* and Its Antioxidant Activity

Hyo-Hyung Lee, Ig-Jo Kim, Sang-Tae Kang, Yeong-Hoon Kim, Jeong-Ok Lee, and Chung-Ho Ryu*

Division of Applied Life Science (BK 21 Program), Insititute of Agriculture and Life Science, Gyeongsang National University

Abstract Black garlic has recently received significant attention due to its various health functional properties, and there has been an increase in demand for its use as a functional food. This study was performed to determine the optimum concentration for the fermentation of black garlic *yakju*. In addition, the antioxidant activity of the fermented black garlic *yakju* was examined. The alcohol content in the black garlic *yakju* significantly increased for 6 days and the pH gradually increased as the concentration of black garlic increased. The reducing sugar content at each black garlic concentration was maximal when it was fermented for 24 hours, and then rapidly decreased at longer fermentation periods. The main organic acids were lactic, citric, malic and oxalic acid. Also, the lactic acid content increased as the concentration of the black garlic increased where as the content of other organic acids decreased. The total polyphenol content, ferric ion reducing antioxidant power (FRAP) activity and DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl) free radical scavenging activity of black garlic *yakju* increased as the concentration of black garlic increased. The sensory characteristics of fermented black garlic *yakju* were evaluated in terms of color, flavor, taste and overall acceptability, and the highest overall acceptability value was obtained for *yakju* containing a black garlic concentration of 1-3%. Therefore, the optimum concentration of black garlic was determined to be 1% for the production of high quality black garlic *yakju*.

Key words: traditional brewage, black garlic *yakju*, fermentation.

서 론

마늘(*Allium sativum* L.)은 백합과에 속하는 1년생 초본 작물로 동서양 식단에서 대표적인 조미료로 사용되어 왔다. 최근 생마늘은 항균 및 살균작용, 항산화작용, 혈압 강하작용, 소화촉진, 피부질환 및 노화 억제작용 등에 대한 다양한 효과가 보고되어 건강기능식품으로도 다양하게 활용되고 있다(1-4). 또한 마늘에 함유된 allicin, germanium, selenium, cysteine 등 유기 및 무기성분에 의한 항균, 암세포 생육 억제 작용 및 항알레르기작용이 있는 것으로 알려져 있다(5,6). 생마늘을 압착시 마늘 고유의 향이 발생되는데 이는 조직 파괴로 인하여 세포 내 alliinase가 활성화되어 alliin이 allicin을 거쳐 복잡한 allyl thiosulfinate류와 allyl disulfide류 및 저급 sulfide류를 생성하기 때문이다(7). 또한 생마늘은 빈혈이나 체중감소, 성장장애, 혈청 단백질의 감소 등의 부작용도 제기되고 있어 생식 이외의 용도로 사용되는 경우는 많지 않다(8,9). 국내에서 시판되고 있는 흑마늘은 S-allylcysteine, S-allylmercaptocysteine 등 유기 황 화합물과 강력한 과산화수소 제거 특성을 가지는 tetrahydro-β-carboline 유도체를 다량 함유하고 있어

항산화능이 높은 것으로 알려져 있다(10-12). 생마늘은 약 40% 이상의 고형분을 가지고 있는데 이들 대부분이 난분해성 다당류인 fructan과 소량의 유리당을 함유하고 있으나 흑마늘로 가공시 유리당 함량이 급격하게 증가한다(13,14).

생활수준이 향상됨에 따라 건강에 대한 관심이 높아지면서 약리적 기능성을 강화시킨 청주, 약주를 원하는 소비자가 증가하고 있는 추세이다. 최근 해독과 건강 보조 및 질병예방 등 기능성을 가진 약주와 인삼, 오미자, 산수유, 매실, 당귀, 상항버섯, 구기자 등을 이용한 다양한 침출주 및 발효주의 개발과 효능에 관한 연구가 보고되고 있다(15-17). 다양한 생리활성 물질이 풍부하지만 매운맛과 독특한 향으로 인해 섭취를 기피하는 소비자들도 생마늘 섭취가 용이하도록 개발된 흑마늘 제품은 수익률이 높아 전국 각지에서 과잉생산 됨으로써 가격이 하락하고 있다. 이에 본 연구에서는 흑마늘의 부가가치를 상승시킬 수 있는 가공품을 개발하기 위해 흑마늘의 첨가농도를 달리하여 흑마늘 발효주를 개발하였으며 그 이화학적 특성을 조사하였다.

재료 및 방법

실험재료

약주 제조용 쌀은 경남 진주시방에서 생산되는 일반미를 구입 후 도정기(Deahwa Co., Ltd, Daejeon, Korea)로 15%를 도정하여 원료미로 사용하였고 쌀국은 경남 진주시 진주공동탁주에서 고두밥에 백국균(*Aspergillus niger* var. *kawachii*)을 배양시켜 제조한 것을 사용하였다. 흑마늘은 2008년 경남 남해군에서 수확한 마늘을 고온에서 열처리 후 60°C에서 10일간 열분해 시켜 가공한

*Corresponding author: Chung-Ho Ryu, Department of Food Science & Technology, Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongsangnam 660-701, Korea
Tel: 82-55-751-5482
Fax: 82-55-753-4630
E-mail: ryu@gnu.ac.kr
Received September 2, 2009; revised October 6, 2009; accepted October 7, 2009

Table 1. Proximate composition of black garlic extract

Proximate composition	Contents
Moisture (%)	37.70±0.83 ¹⁾
Sugar (°brix)	62.00±0.10
Reducing sugar (%)	50.90±0.13
pH	4.20±0.09
Acidity (%)	3.00±0.56
Crude protein (%)	7.08±1.20
Crude lipid (%)	0.88±0.86

¹⁾Means±SD

(주)덕산식품의 흑마늘 추출액(62°brix 이상)을 사용하였다(Table 1).

흑마늘 내성 효모의 분리

흑마늘 성분에 내성을 지닌 효모를 분리하기 위하여 YM(Difco, Detroit, MI, USA) 액체배지에 흑마늘 농도를 각각 0, 1, 3, 5, 10% 농도로 조정 후 효모를 최종농도 $1-2 \times 10^8$ CFU/mL 되도록 접종하고 24시간 동안 진탕배양(30°C, 190 rpm)하여 알코올 생성을 확인한 결과 *Saccharomyces cerevisiae* KCCM 12648이 가장 우수하게 나타났다. 이를 3% 흑마늘 첨가 PDA(Difco) 평판배지에 도말하여 30°C에서 24시간 배양한 후 흑마늘 내성 유무를 확인하였으며 가장 높은 흑마늘 농도에서 생육 가능한 효모의 콜로니를 순수 분리하여 흑마늘주 발효용 종균으로 사용하였다.

흑마늘 발효주 제조

약주 제조용 쌀 4 kg을 각각 세척하여 3시간 수돗물에 침지한 후 물 빼기를 실시하고 121°C에서 30분간 증자하여 25°C에서 냉각하여 고두밥을 제조하였다. 제조한 고두밥에 흑마늘을 각각 0, 1, 3, 5% 첨가하여 물 9,600 mL 및 쌀국 1.5 kg을 첨가하여 35°C에서 24시간 당화시켰다. 이후 YM 액체 배지에 순수 분리한 흑마늘 내성 효모를 각각 150 mL씩 접종하여 25°C에서 14일간 발효시켰다.

이화학적특성

흑마늘 첨가 농도를 달리하여 14일간 발효시키면서 24시간 간격으로 pH, 환원당 및 알코올 함량을 측정하였으며 최종 발효된 흑마늘주의 유기산 함량 및 색도 등 이화학적 특성을 분석하였다. 발효 과정 중 pH 변화는 pH meter(Orion 420A, Walton, MA, USA)로 측정하였으며, 환원당은 dinitrosalicylic acid(DNS)법(18)으로 시료 1 mL에 dinitrosalicylic acid 1 mL을 첨가하고 100°C에서 5분간 반응시킨 다음 증류수 8 mL을 가한 후 540 nm에서 흡광도를 측정하였다. 알코올 함량은 AOAC법(19)에 따라 시료 100 mL를 증류한 후 15°C에서 주정계를 이용하여 알코올 함량을 측정하였다. 제조된 흑마늘 발효주의 유기산 함량은 organic acid kit(Supelco, Bellefonte, PA, USA)를 사용하였으며 시료는 원심분리(8,000×g, 10 min)하여 균체를 제거한 후 60% perchloric acid를 50 µL을 첨가하여 0.22 µm membrane filter(Millipore, Billerica, MA, USA)로 여과하였다. Sep-pak C₁₈(Waters Co., Milford, MA, USA)로 여액에서의 색소 및 단백질 성분을 제거한 후 HPLC로 분석하였으며 분석 조건은 Table 2에 나타내었다. 또한 색도 측정은 Chroma meter(Minolta CT 310, Konica Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 L(명도), a(적색도) 및 b(황색도)값으로 측정하였다.

Table 2. Operating condition of HPLC for organic acid contents analysis

Item	Condition
Column	µBondapak™ C18 (3.9×300 mm)
Mobile phase	0.1% phosphoric acid
Detector	214 nm
Flow rate	0.5 mL/min.
Injection volume	20 µL
Running time	30 min.

항산화활성 측정

흑마늘 발효주의 항산화 활성을 알아보기 위하여 총 폴리페놀 함량과 FRAP 활성, DPPH 자유라디칼 소거활성을 측정하였다. 총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis법(20)으로 측정하였다. 25배로 희석한 시료 5 mL에 Folin 시약 5 mL를 가하고 3분간 정치한 다음 10% Na₂CO₃ 용액 5 mL을 가하여 잘 혼합한 후 1시간 동안 정치하고 spectrophotometer(UV-1601, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 사용하여 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로는 (+)catechin(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)을 사용하였다. FRAP 활성은 Benzie와 Strain의(21) 방법으로 측정하였다. 즉 FRAP reagent 0.9 mL에 시료 0.05 mL을 첨가하여 37°C에서 10분간 반응시킨 후 593 nm에서 흡광도를 측정하였다. FRAP reagent는 25 mL acetate buffer(300 mM, pH 3.6)를 37°C에서 가온한 후, 40 mM HCl에 용해한 10 mM TPTZ(2,4,6-Tris(2-pyridyl)-1,3,5-triazine, Sigma-Aldrich) 2.5 mL과 20 mM ferric sulfate(FeSO₄) 2.5 mL을 가하여 제조하였다. 환원력은 FeSO₄·7H₂O(Sigma-Aldrich)를 표준용액으로 사용하여 검량곡선을 작성 후 환산하여 계산하였다. DPPH 자유라디칼 소거활성은 Kilani 등(22)의 방법으로 시료 1 mL에 0.2 mM DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, Sigma-Aldrich, USA) 용액을 2 mL 첨가하여 실온에서 30분간 반응시키고 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 자유라디칼 소거 활성은 다음과 같이 계산하였다.

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

A₁: 시료 처리군의 흡광도A₀: 시료 대조군의 흡광도**관능검사 및 통계분석**

관능검사는 사전에 흑마늘 발효주 관능평가에 관한 내용을 충분히 이해를 시킨 23-40세의 남, 여 30명을 패널로 선정하여 25°C에서 14일간 발효시킨 흑마늘 발효주의 색, 맛, 향, 전체적 기호도를 7점 평점법(23)으로 평가하여 매우 좋다 7, 매우 나쁘다 1로 점수를 표시하였다.

모든 값은 Sigma Plot(Statistical Analysis Systems for Windows) 10.0을 이용하여 각 시험구의 평균과 표준편차를 산출하였다.

결 과**흑마늘주 발효용 효모의 분리**

흑마늘 발효주 제조에 적합한 효모를 분리하기 위하여, YM 배지에 흑마늘 농축액을 각각 0, 1, 3, 5, 10%가 되도록 첨가한 후 흑마늘 내성 유무를 확인하였다(Table 3). 흑마늘을 첨가하지 않

Table 3. Growth of yeasts on the different concentration of black garlic medium

	YM+0% BG ¹⁾	YM+1% BG	YM+3% BG	YM+5% BG	YM+10% BG
log CFU/mL	7.94±0.14 ³⁾	8.60±0.02	7.40±0.04	2.60±0.01	ND ²⁾

¹⁾Black garlic

²⁾Not detected

³⁾Means±SD

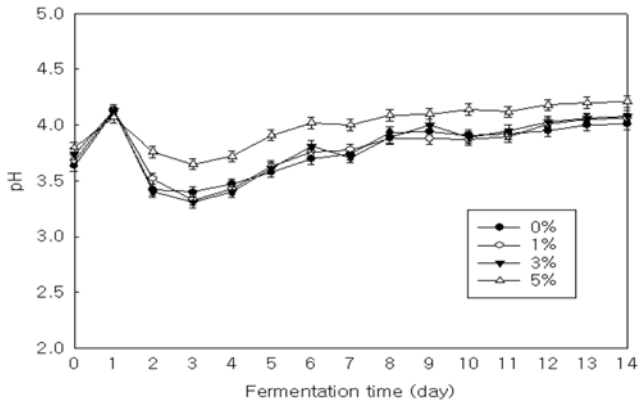


Fig. 1. Changes in pH during fermentation of black garlic yakju according to concentration of the black garlic.

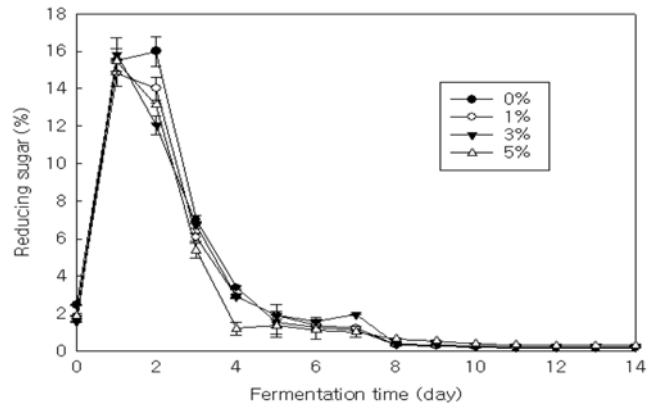


Fig. 2. Changes in reducing sugar contents during fermentation of black garlic yakju according to concentration of the black garlic.

은 배지에서 24시간 동안 생육시킨 효모는 7.94 CFU log/mL 수준까지 성장하였으나 1%의 흑마늘을 함유한 배지에서는 8.60 CFU log/mL로 흑마늘을 함유하지 않은 배지보다 효모의 성장률이 다소 높게 관찰되었다. 그러나 3, 5, 10%로 흑마늘의 첨가 농도가 증가함에 따라 효모의 생육이 급격하게 억제되었으며 10% 흑마늘을 함유한 배지에서는 효모의 생육이 관찰되지 않았다. Ji 등(24)은 생마늘 추출물이 효모의 생육을 저해시킨다고 보고하였으나 아직 흑마늘의 항균성에 관한 연구는 보고된바가 없었으며, 본 연구결과 흑마늘 추출액도 효모의 생육을 저해시키는 것으로 나타났다. 따라서 5%의 흑마늘을 함유한 배지에서 생육한 콜로니를 선택하고 동일한 농도에서 수회 순수 배양하여 흑마늘 발효주용 종균으로 사용하였다.

흑마늘 발효주의 이화학적 특성

흑마늘 발효주 제조과정 중의 pH를 측정된 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 담금 초기 모든 실험군의 pH는 감소하였으나 발효 5일 이후부터는 점차 증가하는 경향을 보였으며 흑마늘 농도와 관계없이 대부분 pH 4.5 이하로 유지되었다. 발효 초기의 pH 감소 원인은 술덧에서 생성된 유기산 증가에 의한 것이나, 이후 지속적으로 생성된 아미노산과 알코올, 유기산이 상호 반응을 하여 에스테르 등의 향미성분을 생성시키기 때문에 pH가 증가하는 것으로 생각된다(25). Jang 등(26)의 연구에서 시판 약주의 pH는 발효 초기에서 4일 까지 저하되지만, 이후 숙성기간 동안은 pH 4.0 이하로 안정적으로 유지된다고 보고하였으며, 이는 본 연구와도 동일한 경향을 나타내고 있다.

흑마늘 발효주 제조과정 중 환원당 함량 변화를 경시적으로 측정하여 Fig. 2에 나타내었다. 발효 초기 24시간 동안 당화작용에 의해 환원당은 급격히 증가하고 특히 흑마늘 자체에 함유된 당분으로 인해 첨가 농도에 비례하여 환원당 함량이 차이가 나타났지만 발효가 진행됨에 따라 대부분 알코올로 전환되어 급격하게 감소되었다. 흑마늘 발효주 제조과정 중 환원당 감소 속도는 5% 첨가구가 대조구 및 1, 3% 흑마늘 첨가구보다 가장 빠르게

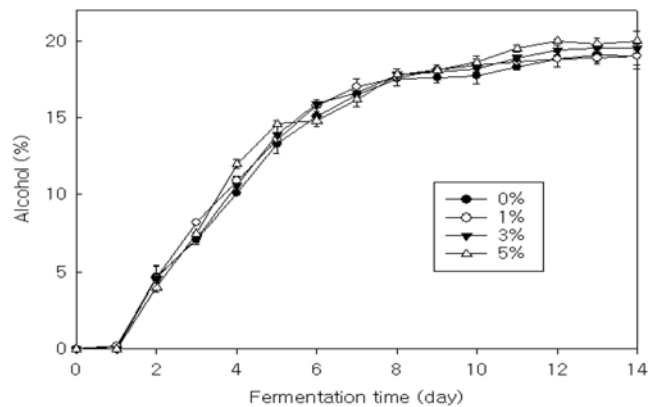


Fig. 3. Changes in alcohol contents during fermentation of black garlic yakju according to concentration of the black garlic.

감소하였다. 발효 8일 이후 14일까지 흑마늘 첨가구 및 대조구의 환원당 함량은 0.5% 이하로 나타났으며 이후 첨가 농도에 따른 유의적인 차이는 없었다. Kim 등(27)은 오가피 추출물을 첨가하여 제조한 발효주 시험에서 대조구에 비해 오가피 첨가구가 환원당 함량 27.84%로 가장 높게 나타났으며 발효 6일부터 변화가 없었다고 보고하였다. 이는 본 연구 결과와 상반된 경향을 제시하고 있으나, 약주 제조방법상의 차이에 의한 것으로 생각된다. 본 연구에서도 초기 환원당 함량의 감소는 동일한 경향으로 나타났다.

흑마늘 발효주의 발효기간 중 알코올 함량의 변화는 Fig. 3과 같다. 모든 흑마늘 첨가구에서 발효 6일까지 알코올 생성량이 급격하게 증가하였으나 발효 8일 이후부터는 미약하게 증가하였고 발효 완료시 19.0% 전후의 알코올 함량을 나타내었으며 흑마늘 첨가 농도가 증가함에 따라 발효주의 알코올 함량이 높은 경향을 나타냈다. 이는 흑마늘 중의 유리당이 발효 중 효모의 영양원으로 이용되어 알코올 발효가 적절하게 일어난 것으로 판단된다.

Table 4. Organic acid contents of black garlic *yakju* according to concentration of the black garlic

(mg%)

	Addition of ratio (%)			
	0	1	3	5
Oxalic acid	29.88±1.56 ¹⁾	28.51±0.08	27.08±0.21	23.93±0.79
Malic acid	495.39±10.20	511.24±1.50	462.72±8.30	457.88±3.21
Lactic acid	1011.98±5.23	1433.55±11.21	1583.51±9.86	1673.17±13.21
Citric acid	1979.26±15.21	1961.03±26.35	1945.44±21.22	1849.22±73.21

¹⁾Means±SD**Table 5. Effect of black garlic addition on the color values of black garlic *yakju***

	Addition of ratio (%)			
	0	1	3	5
L value	98.84±0.12 ¹⁾	95.44±0.09	91.47±0.14	88.48±0.03
a value	-1.13±0.06	-3.34±0.14	3.94±0.12	1.65±0.34
b value	8.16±0.10	21.14±0.64	40.31±0.23	54.50±0.11

¹⁾Means±SD**Table 6. Total polyphenol contents, FRAP activity and DPPH radical scavenging activity of black garlic *yakju* according to concentration of the black garlic**

	1% BGE ¹⁾	Addition of ratio (%)			
		0	1	3	5
Total polyphenol (mg%)	20.21±3.86 ²⁾	161.51±3.50	169.92±2.83	177.06±1.52	190.50±3.69
FRAP activity (μmol/L)	88.03±1.61	64.24±1.21	78.18±0.50	92.12±2.50	107.58±3.12
Scavenging activity (%)	62.21±0.31	52.02±0.51	64.02±0.32	66.21±0.13	69.55±0.22

¹⁾BGE: Black Garlic Extract²⁾Means±SD

이러한 결과는 Kim 등(27)의 오가피 추출물을 첨가한 발효주의 알코올 함량은 발효초기에 급격히 증가하고 발효 중반부터 완만히 증가하였으며 오가피 추출물 첨가구가 대조구에 비해 다소 높게 나타난 결과가 본 연구 결과와 유사하였다.

흑마늘 발효주의 주요 유기산은 수산, 사과산, 젖산, 구연산이었으며 흑마늘 첨가 함량이 높을수록 수산, 사과산 및 구연산의 함량은 낮게 나타났고 젖산의 함량은 급격히 증가하였다. 또한 구연산은 대조구 및 흑마늘 발효주의 대표적인 유기산이었다(Table 4). So 등(28)은 술덧에 구연산 생성능이 강한 *Aspergillus kawachii*를 접종한 쌀국으로 제조한 탁주의 구연산 함량이 높다고 보고하여 본 연구 결과와 일치하였다. 또한 사과산이 감소하고 부드러운 신맛을 내는 젖산 함량이 증가한 것은 첨가된 흑마늘 유래의 성분이 젖산으로 변환되는 malolactic fermentation(MLF)의 가능성도 있을 것으로 생각된다(29).

흑마늘 발효주의 색도 변화는 흑마늘 첨가량이 높을수록 L값은 감소하였으며 b 값은 증가하는 것으로 나타났다(Table 5). 그러나 a값은 큰 변화를 보이지 않는 것으로 미루어 흑마늘 발효주는 적색보다는 황색에 가까우며 흑마늘 첨가량이 증가함에 따라 흑마늘의 어두운 색상이 짙어지는 경향을 나타내었다.

흑마늘 발효주의 항산화 활성

14일간 발효시킨 흑마늘 발효주의 총 폴리페놀 함량, FRAP 및 DPPH 활성을 측정된 결과를 Table 6에 나타내었다.

흑마늘을 첨가하여 제조한 발효주의 총 폴리페놀 함량은 161.51-190.50 mg%로 흑마늘 첨가 농도가 높을수록 증가하는 것으로 나타났다. Akira 등(30)은 일반적인 *sake*의 총 페놀 함량이 155-204

ppm으로 보고하여 본 실험결과와 유사한 수준이며 Ryu 등(31)의 시판 전통 약주의 총 폴리페놀 함량은 11.20-39.40 mg%로 다소 낮은 편이었다. 이는 사용한 원료 쌀의 도정도와 함량, 흑마늘의 총 폴리페놀 함량에 따른 것으로 생각된다. 폴리페놀 성분은 플라보노이드, 카테킨, 안토시아닌 등의 물질을 종합적으로 부르는 명칭으로 체내에서 항산화 작용을 통하여 노화방지, 동맥경화에 방, 항암효과 등을 가진다(32). 따라서 총 폴리페놀 함량이 높은 흑마늘 첨가구는 대조구 발효주에 비해 항산화, 항당뇨 등과 같은 다양한 기능성을 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

흑마늘 발효주의 FRAP(Ferric reducing antioxidant power)활성을 측정된 결과 흑마늘 첨가 농도가 증가함에 따라 Fe³⁺를 Fe²⁺로 환원시킬 수 있는 환원력이 증가하는 것으로 나타났다. 같은 농도의 흑마늘 추출물에 비해 흑마늘 발효주의 FRAP 활성은 다소 낮게 나타났으나 큰 차이는 보이지 않았으며 대조구 발효주에 비해서는 높게 나타나 흑마늘 발효주의 FRAP 활성은 첨가되는 흑마늘의 영향이 클 것으로 생각된다. Jastrzebski 등(33)은 열처리 시간에 따른 마늘의 FRAP 활성을 통해 열처리 시간이 증가함에 따라 환원력이 감소되는 것으로 나타났으나 열처리 한 흑마늘에도 항산화능이 존재함을 확인하였다.

DPPH 라디칼 소거 활성을 측정된 결과 64.02-69.55%로 흑마늘 첨가 농도가 증가함에 따라 라디칼 소거능은 높게 나타났으며 1% 흑마늘 추출물에 비해 흑마늘 발효주가 높게 나타나 흑마늘 추출물의 라디칼 소거능은 물보다 알코올에서 더 우수할 것으로 생각된다. 또한 흑마늘을 첨가하지 않은 발효주는 50.02%로 가장 낮게 나타났다. Shin 등(34)은 10 mg/mL 흑마늘을 물과 에탄올에서 추출하여 라디칼 소거능을 확인한 결과 각각 69.40,

Table 7. Sensory evaluation of black garlic yakju according to concentration of the black garlic

	Addition of ratio (%)			
	0	1	3	5
Color	6.20±0.05 ¹⁾	5.30±0.80	4.20±0.23	3.60±1.10
Flavor	3.20±0.09	4.70±0.12	4.80±1.28	2.70±1.40
Taste	4.50±1.03	6.10±0.06	5.90±0.04	3.40±1.20
Overall acceptability	5.20±1.20	5.90±1.12	5.70±0.13	4.30±0.18

¹⁾Means±SD

45.73%로 본 연구결과와 유사한 수준이며 Yang (35)은 흑마늘 1 mg%를 에탄올에 추출하여 전자공여능(Electron donating ability)을 측정 한 결과 11.91%로 보고하였다. 따라서 흑마늘 발효주는 흑마늘을 첨가하지 않은 발효주에 비해 항산화 활성이 우수할 것으로 사료된다.

관능검사

흑마늘을 첨가하여 제조된 발효주의 색, 향, 맛, 전체적 기호도는 Table 7에서 나타났다. 색에 대한 기호도는 흑마늘을 첨가하지 않은 대조구 발효주가 6.20으로 가장 높게 나타났으며 흑마늘 첨가 농도가 증가할수록 색에 대한 기호도가 낮게 나타났다. 이는 흑마늘 유래의 어두운 색이 흑마늘 발효주의 색에 대한 기호도를 감소시키는 것으로 생각된다. 향은 1-3% 내외의 흑마늘을 첨가했을 때 향이 가장 우수하게 나타났으며 그 중 5% 흑마늘 첨가구에서 향에 대한 기호도가 가장 낮았다. 흑마늘 발효주의 맛에 대한 기호도는 1%의 흑마늘을 첨가구가 6.10으로 가장 높았고 3% 흑마늘 첨가구가 5.90으로 유사한 값을 나타내었으며 전체적인 기호도도 1, 3% 흑마늘 첨가구에서 각각 5.90, 5.70로 유사한 값을 나타내었다. 이러한 결과는 쓴맛, 떼은 맛을 내는 페놀계 성분이 흑마늘에서 용출되어 맛과 전체적인 기호도를 감소시켰을 것으로 생각된다(14,23).

환원당, 알코올 함량 등 이화학적 특성과 항산화 활성은 결론적으로 흑마늘의 첨가량에 비례하여 증가하는 경향을 나타내었으나 관능검사를 통한 기호도는 3% 이내의 흑마늘을 첨가 한 시험구가 높게 나타났다. 흑마늘주 발효주의 기능적 특성뿐만 아니라 원가적인 측면을 고려하여 1% 흑마늘을 첨가하는 것이 가장 적합할 것으로 사료된다.

지금까지 개발된 기능성 약주의 대부분은 한약재를 첨가하여 향미를 강화시킨 것으로 다양한 소비자의 기호를 충족시키지 못했으나 자극적인 향을 감화시킨 흑마늘 발효주를 개발함으로써 기능성과 기호성을 모두 충족시키는 고품질 전통주가 될 것으로 생각된다.

요 약

자극적인 냄새와 맛은 감소되고 당도가 높아 마늘을 싫어하던 사람들도 섭취하기 용이한 흑마늘이 전국적으로 개발되어 기능성 식품용 소재로 각광을 받고 있으나 최근 과잉 생산으로 인한 가격 하락 현상이 심화되고 있어 부가가치를 증대시키기 위해 흑마늘 발효주를 개발하고 항산화 활성을 조사하였다.

흑마늘 발효주 제조용 효모는 흑마늘 첨가 YM 배지에서 생육 가능한 균주를 선발·분리하여 사용하였다. 발효 중 모든 흑마늘 첨가 구의 pH는 4.5 이하를 유지하였고, 24시간 당화로 생성된 환원당은 발효가 진행됨에 따라 급격하게 감소되었다. 발효기간 중 효모에 의해 당에서 전환된 알코올 함량은 발효 6일째까지 급

격하게 증가하였고 최종적으로 19% 정도를 나타내었다. 또한 제조된 흑마늘 발효주의 주요 유기산은 수산, 사과산, 젖산 및 구연산이며 흑마늘 첨가 농도가 증가함에 따라 L값은 감소하고 b 값은 증가하여 어두운 색을 나타내었다.

흑마늘 발효주의 폴리페놀 함량, DPPH 라디칼 소거 및 FRAP 활성은 흑마늘 첨가량이 증가함에 따라 높게 나타나 흑마늘 발효주가 대조구인 일반 발효주에 비해 항산화능이 높을 것으로 생각된다. 관능평가 결과 1%의 흑마늘을 첨가하는 것이 기호도가 가장 우수한 것으로 나타났다.

이상의 결과로 흑마늘 발효주는 국내 발효주 시장의 다양성을 증대시켜 소비시장을 활성화 시킬 수 있을 것으로 기대된다. 또한 한국의 대표적인 전통주로 개발되기 위해서는 저장성 연구, 향기성분 분석, 기능성 분석, 침전생성 방지 및 조미 기술 확립 등 다양한 연구가 요구된다.

감사의 글

본 연구에 사용된 흑마늘 추출액은 (주)덕산식품으로부터 제공받았으며 한국 교육 과학 기술부 BK21 program 지원으로 수행되었기에 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Shashikanth KN, Basappa SC, Murthy VS. Studies on the antimicrobial and stimulatory factor of garlic. *J. Food Sci. Technol.* 118: 44-47 (1981)
2. Sharma KK. Effect of onion and garlic on serum cholesterol on normal subject. *Mediscope.* 22: 134-136 (1979)
3. Cheng MH, Jung TC. Effect of allithiamine on sacroma-180 tumor. *Taiwan L. Husuch Hui. Tsa. Chief.* 80: 385-392 (1981)
4. Jain RC, Vyas CR. Garlic in alloxan-induced diabetic. *J. Clin. Nutr.* 28: 681-684 (1975)
5. Walton I, Herbold M, Lindegren CC. Bactericidal effect of vapors from crushed garlic. *Food Res.* 1: 163-169 (1936)
6. Block E. The chemistry of garlic, and onion. *Sci. Am.* 252: 94-99 (1985)
7. Morihara N, Ushijima M, Kashimoto N, Sumioka I, Nishihama T, Hayama M, Takeda H. Aged garlic extract ameliorates physical fatigue. *J. Toxicol. Sci.* 5: 91-112 (1980)
8. Shashikanth KN, Basappa SC, Sreenivasa Murthy V. A comparative study of raw garlic extract and tetracycline on caecal microflora and serum proteins of albino rats. *Folia Microbiol.* 29: 348-352 (1984)
9. Stoll A, Seebeck E. Chemical investigation on alliin, the specific principle of garlic. *Adv. Enzymol.* 11: 377-400 (1951)
10. Sato E, Kohno M, Hamano H, Niwano Y. Increased anti-oxidative potency of garlic by spontaneous short-term fermentation. *Foods Human Nutr.* 61: 157-160 (2006)
11. Ichikawa M, Ryu K, Yoshida J, Ide N, Yoshida S, Sasaoka T, Sumi SI. Antioxidant effects of tetrahydro-β-carboline derivatives identified in aged garlic extract. *Biofactors* 16: 57-72 (2002)
12. Ichikawa M, Yoshida J, Ide N, Sasaoka T, Yamaguchi H, Ono K.

- Tetrahydro- β -carboline derivatives in aged garlic extract show antioxidant properties. *J. Nutr.* 136: 726-731 (2006)
13. Kang JS, Hong KH. Effects of storage gas concentrations on the qualities of garlic (*Allium sativum L.*) bulb during CA storage. *Korean J. Postharv. Sci. Technol.* 8: 258-263 (2001)
 14. Choi DJ, Lee SJ, Kang MJ, Cho HS, Sung NJ, Shin JH. Physico-chemical characteristics of black garlic (*Allium sativum L.*). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 37: 465-471 (2008)
 15. Kim JH, Lee SH, Lee NM, Kim SY, Choi SY, Yoo JY, Lee JS. Manufacture and physiological functionality of Korean traditional liquor by using dandelion. *Korean J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* 28: 367-371 (2000)
 16. Min YK, Jeong HS. Manufacture of some Korean medicinal herb liquors by soaking. *Korean J. Food Sci. Technol.* 27: 210-215 (1995)
 17. Seo SB, Han SM, Kim JH, Kim NM, Lee JS. Manufacture and physiological functionality of wines and liquors by using plum (*Prunus salicina*). *Korean J. Biotechnol. Bioeng.* 16: 153-157 (2001)
 18. Jung DH, Jung HG. *Food Analysis*. Jin Ro. Co., Seoul, Korea p. 197 (1985)
 19. Ann YG, Lee SK. A study of sikhye. *Korean J. Food Nutr.* 8: 165-171 (1995)
 20. AOAC. *Official Methods of Analysis of AOAC Intl.* 15th ed. Association of Official Analytic Communities, Arlington, VA, USA. pp. 914-915 (1985)
 21. Benzie I, Strain J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. *Anal Biochem.* 230: 70-79 (1996)
 22. Kilani S, Ammar RB, Bouhlef I, Hayder N, Mahmoud A, Ghedira K, Chekir-Ghedira L. Investigation of extracts from (Tunisian) *Cyperus rotundus* as antimutagens and radical scavengers. *Environ. Toxicol. Phar.* 20: 478-484 (2005)
 23. Kim UJ, Ku KH. *Sensory Evaluation Techniques of Food*. Hyoil Moonhaca Co., Seoul, Korea. pp. 68-72 (2001)
 24. Ji WD, Jeong MS, Chung HC, Lee SJ, Chung YG. Antimicrobial activity and distilled components of garlic (*Allium sativum L.*) and ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol.* 40: 514-518 (1997)
 25. Kim CA, Lee WG, Lee IS, Wang MH. Changes of physicochemical, sensory, and antioxidant activity characteristics in rice wine, *yakju* added with different ratios of *Codonopsis lanceolata*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 40: 201-206 (2008)
 26. Jang JH. History of Korean traditional rice wine. *Korean J. Dietary Culture* 4: 271-274 (1989)
 27. Kim IH, Kim SH, Kwon JH. Fermentation characteristics of *yakju* added with *Acantho panacis* cortex extract. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 37: 521-527 (2008)
 28. So MH, Lee YS, Han SH, Noh WS. Analysis of major compounds in *Takju* mash brewed with a modified *nuruk*. *Korean J. Food Nutr.* 12: 421-426 (1999)
 29. Swaffield CH, Scott JA, Jarvis B. Observations on the microbial ecology of traditional alcoholic cider storage vats. *Food Microbiol.* 14: 353-361 (1997)
 30. Nose A, Myojin M, Hojo M, Ueda T, Okuda T. Proton nuclear magnetic resonance and raman spectroscopic studies of Japanese *sake*, an alcoholic beverage. *J. Biosci. Bioeng.* 99: 493-501 (2005)
 31. Ryu HY, Kum EJ, Bae KH, Kim YK, Kwun IS, Sohn HY. Evaluation for the antimicrobial, antioxidant and anti-thrombotic activity of Korean traditional liquors. *Korean J. Microbiol. Biotechnol.* 35: 238-244 (2007)
 32. Kim HJ, Jun BS, Kim SK, Cha JY, Cho SY. 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 (2000)
 33. Jastrzebski Z, Leontowicz H, Leontowicz M. The bioactivity of processed garlic (*Allium sativum L.*) as shown *in vitro* and *in vivo* studies on rats. *Food Chem. Toxicol.* 45: 1626-1633 (2007)
 34. Shin JH, Choi DJ, Lee SJ, Cha JY, Sung NJ. Antioxidant activity of black garlic (*Allium sativum L.*). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 37: 965-971 (2008)
 35. Yang ST. Antioxidative activity of extract of aged black garlic on oxidation of human low density lipoprotein. *J. Life Sci.* 17: 1330-1335 (2007)