

오미자를 첨가한 막걸리의 품질특성 및 항산화 활성

송영란^{1,2} · 임병욱^{1,2} · 송근섭³ · 백상호^{1,2,*}

¹전북대학교 식품영양학과, ²전북대학교 발효식품연구센터, ³전북대학교 식품공학과

Quality Characteristics and Antioxidant Activity of *Makgeolli* Supplemented with *Omija* Berries (*Schizandra chinensis* Baillon)

Young-Ran Song^{1,2}, Byeong-Uk Lim^{1,2}, Geun-Seoup Song³, and Sang-Ho Baik^{1,2,*}

¹Department of Food Science and Human Nutrition, Chonbuk National University

²Research Institute of Makgeolli, Chonbuk National University

³Department of Food Science and Technology, Chonbuk National University

Abstract The objective of this study was to evaluate the quality characteristics of the Korean rice wine, *makgeolli*, supplemented with *omija* berries (*Schizandra chinensis* Baillon) during the fermentation. The changes in pH, total acidity and contents of ethanol, amino acid, total soluble solids, reducing sugar, and total sugar after the completion of fermentation were determined. In comparison with control, *omija*-supplemented *makgeolli* showed significantly lower pH (3.46), lower contents of alcohol (17.2%), amino acids (1.85 g/L), and total sugar (17.5 g/L), and higher acidity (12.8 g/L). Moreover, supplementation with *omija* resulted in significantly higher antioxidant capacity of 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) and hydroxyl radical scavenging activities, superoxide dismutase-like activity and reducing power, and higher levels of total polyphenol and flavonoid. Sensory evaluation revealed no significant difference on the overall acceptance, although better appearance and refreshing taste of *omija*-supplemented *makgeolli* were observed. Our results indicate that *omija* represents an effective natural additive for enhancing the biological activities of *makgeolli*.

Keywords: antioxidant activity, *makgeolli*, *omija*, quality characteristic, sensory evaluation

서 론

막걸리는 곡류에 누룩과 물을 원료로 발효시켜 담그는 우리나라 고유 술로, 감미, 산미, 고미, 신미, 삼미의 오미가 조화된 특유의 맛과 청량미를 지닌다(1,2). 막걸리는 누룩 유래 곰팡이에 의한 당화와 효모에 의한 알코올 발효가 함께 일어나는 병행 복합 발효주(3), 전통적으로 찌쌀에 적당량의 물과 함께 효모에 곰팡이를 배양하여 얻은 입국을 첨가하여 주모를 제조하는 1단 담금을 통해 효모를 증식시킨 후 증자된 쌀과 물을 첨가하여 2단 담금함으로써 제조한다(4). 최근에는 찌 쌀에 물을 붓고 누룩과 효모로 발효시킨 다음 걸러내는 비교적 단순한 공정을 거쳐 제조되기도 하며(5), 이러한 발효과정 동안 원료로부터 유래된 당분, 아미노산, 유기산 등의 맛 성분과 생성된 휘발성 풍미성분이 색과 함께 품질의 조화를 이루게 된다(6). 다른 주류와 비교하여 상대적으로 낮은 알코올 도수를 가지는 막걸리는 곡류를 이용한 발효식품으로 위에 부담이 없을 뿐만 아니라, 생효모나 유산균 등을 비롯하여 리보플라빈을 포함한 비타민 B 복합체, 다양한 유

기산 등 각종 유용한 생리활성 물질과 식이섬유, 단백질, 각종 필수 아미노산을 풍부하게 함유하는 것으로 알려져 있다(7). 또한 최근에는 막걸리의 항산화(8,9), 항당뇨(10), 항암(11), 면역 증강(9), 지질개선 효과(12) 등의 생리활성 효과가 보고되고 있다.

최근 영양적, 기능적 가치를 인정받으면서 웰빙 트렌드 확산과 함께 막걸리 소비가 증가하고 있으며, 먹고 마시며 즐기기 위해 술을 마시는 문화로 변화하면서 막걸리와 같은 저도주의 소비량이 증가하였다(13). 그러나 소비자들의 품질에 대한 불신, 맛과 향의 특성 부족 및 다른 와인 대비 저하된 관능성과 기능성 평가 같은 문제점이 대두되고 있고(13,14), 술에 대한 기호가 다양해짐에 따라 막걸리도 다양화와 고급화가 요구되고 있다. 최근 주세법의 개정으로 막걸리에 과채류의 첨가가 허용되면서 오디(14), 유자(1), 석류(3), 비파(6), 블루베리(15), 파프리카(16) 등을 첨가하여 제조된 막걸리의 품질증진 효과에 대한 연구들이 수행되고 있다. 그러나 이러한 연구들은 막걸리 발효 동안의 품질특성 변화에 대하여 수행되었을 뿐 그 기능성에 대한 검토는 수행하지 않았다. 한편, 알코올 섭취시 체내 알코올과 아세트알데히드의 산화에 의해 생성된 NADH는 NADH oxidase에 의해 산화되어 활성 산소종을 생산함으로써 체내 산화 스트레스를 증가시킨다는 점에서, 이를 보완해줄 수 있는 식품의 섭취를 통한 비효소적 항산화 시스템은 중요하다고 할 수 있다(17,18).

오미자(*Schizandra chinensis* Baillon)는 오미자과(Schizandraceae)에 속하는 낙엽활엽 덩굴성 식물로 안토시아닌에 의해 선명한 붉은색을 나타내며, 전통적으로 생약재 및 식품원료로 이용되어 온 약용식물이다(19). 단맛, 신맛, 쓴맛, 매운맛, 짠맛의 다섯 가지 맛

*Corresponding author: Sang-Ho Baik, Department of Food Science and Human Nutrition, and Fermented Food Research Center, Chonbuk National University, Jeonju, Jeonbuk 561-756, Korea
Tel: 82-63-270-3857
Fax: 82-63-270-3854
E-mail: baiksh@jbnu.ac.kr
Received January 5, 2015; revised March 10, 2015;
accepted March 13, 2015

을 내는 오미자는 천연의 독특한 향기와 맛, 그리고 색상을 가지고 있어, 예로부터 이러한 특성을 이용하여 떡, 다식, 국수, 제과 등의 음식에 천연의 붉은색을 내는데 사용하였으며, 각종 차, 음료, 엑기스, 주류 등 가공식품에 이용되고 있다(20,21). 또한 오미자에 함유된 리그난 화합물, 안토시아닌, 플라보노이드 등의 성분들에 의해(17,22), 강력한 항산화 효과를 비롯해 간 보호, 항균, 항암, 항궤양, 혈당 강하, 혈압 강하 및 해독 작용 등 다양한 생리활성이 보고되면서(23,24), 오미자를 활용하여 식품관련 제품을 개발하기 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 그러나 주류 제조에 있어서, 오미자의 경우 과실자체의 당 함량이 4% 정도로 적어 효모의 영양원으로서 이용되지 못하기 때문에 주로 소주 등과 같은 술에 오미자를 침출시켜 음용해 왔다(25). 따라서 현재까지 오미자를 이용한 발효주에 관한 연구는 부족한 실정이며, 더욱이 관련된 몇몇의 연구에서는 오미자를 이용하여 발효주를 제조하고 그 이화학적 특성 및 미생물학적 품질 특성만 살펴보았을 뿐(19,26,27), 그 생리활성을 평가한 경우는 전무하다.

본 연구에서는 막걸리의 다양화와 고급화를 위한 연구의 일환으로, 다양한 생리 활성이 있는 것으로 알려진 오미자를 이용하여 건강 증진 효과가 향상된 기능성 막걸리의 개발 가능성을 알아보고자 한다.

재료 및 방법

실험재료

막걸리 제조 원료로 사용한 쌀(메뚜기쌀)과 오미자는 전라북도 장수군에서 생산된 것을 사용하였고, 발효제 입국(sp 150)은 동산(Dongsan, Yongin, Korea) 제품을 구입하여 사용하였다. 효모는 *Saccharomyces cerevisiae* (La Parisienne, S.I. Lesaffre, France), 정제효소는 데코자임제품(glucoamylase 92%, α -amylase 8%, sp 30,000, Doyoung, Anyang, Korea)을, 물은 석정수(Sukjungsoo,

Wanju, Korea)를 구입하여 사용하였다. 분석에 이용한 acetic acid 와 aluminum nitrate, ascorbic acid, catechin, 2-deoxy-D-ribose, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH), ferric chloride (FeCl₃), Folin-Ciocalteu reagent, formalin, glycine, hydrogen peroxide (H₂O₂), phenolphthalein, potassium acetate, potassium ferricyanide, pyrogallol, trichloroacetic acid (TCA), thiobarbituric acid (TBA) 등은 Sigma-Aldrich Chemical Co. (St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다. Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA)는 Junsei Chemical Co. (Tokyo, Japan)에서 구입하였으며, ethanol, ethyl acetate, methanol, HPLC-grade water는 Fisher Scientific Co. (Pittsburgh, PA, USA)에서 구입하였다.

막걸리 담금

본 연구에 사용된 막걸리 제조 방법은 실제 막걸리 양조장에서 실시하고 있는 배합비율(2)과 기존 연구의 오디(14), 배(28) 첨가 막걸리의 담금법을 응용하여 사용하였고, 그 순서는 Fig. 1과 같다. 쌀은 세척하여 12시간 동안 물에 침지하여 불린 후, 체에 받쳐 1시간 동안 물기를 제거하였다. 물기를 제거한 쌀은 121°C 에서 40분간 증자한 후 실온에서 방냉하여 사용하였다. 대조구인 쌀 막걸리의 경우 1단 담금으로 효모 10.8 g, 물 2.88 L, 쌀입국 1.8 kg을 20 L 유리병에 함께 넣어 잘 섞고 21°C 항온기에서 2일간 발효하였다. 2단 담금은 증미 4.2 kg, 물 6.72 L, 정제효소 3.6 g 을 넣어 잘 섞고 아침·저녁으로 교반하면서 항온기(LMI-2004R, LabTech, Namyangju, Korea)에서 5일간 발효시켰다. 시험구인 오미자 막걸리의 경우 2단 담금 시 증미 첨가량을 3.3 kg으로 하고 2단 담금 익일에 오미자 0.9 kg을 첨가하여 제조하였다. 오미자 첨가량은 전분질 원료 등의 중량 대비 과실 중량 20%를 초과하지 않으며(29), 관능평가 사전실험과 최적의 기능적 특징을 가진 수준으로 설정하였다(자료 미제시). 또한, 기존의 연구에서 막걸리 담금 과정에서 블루베리(15) 또는 배(28)를 쌀과 함께 동시 첨

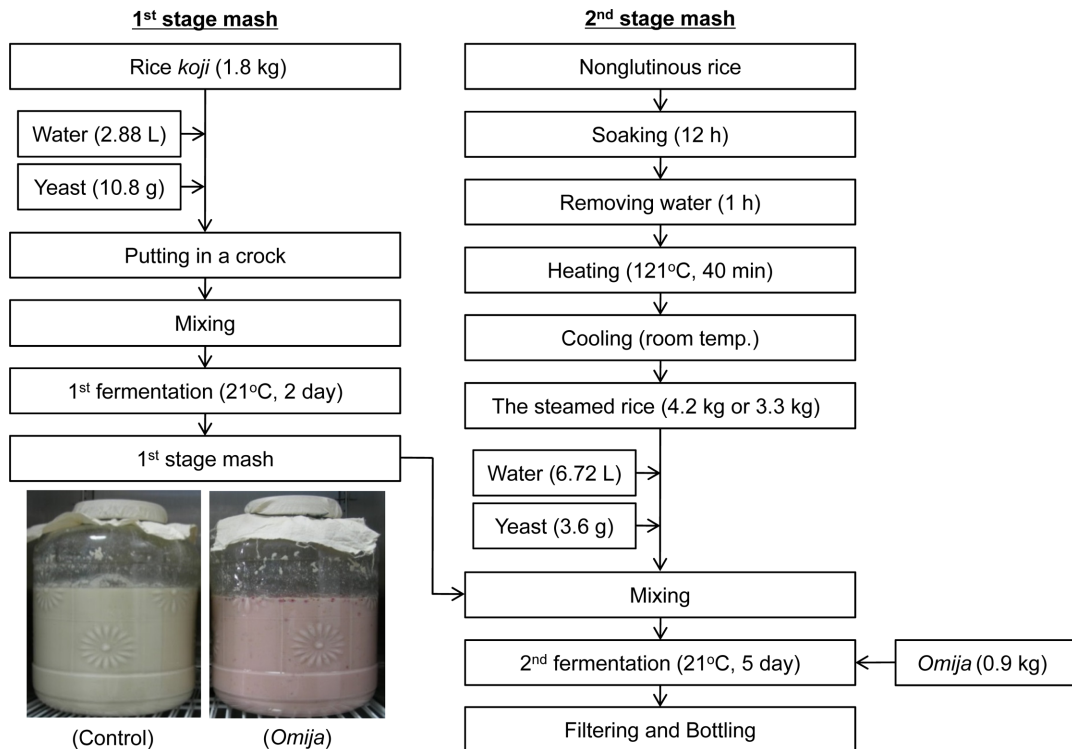


Fig. 1. A flow diagram for the preparation of makgeolli added with omija.

가할 경우, 발효 후기에 쌀 전분 당화로 생성된 당성분에 의한 고당화로 효모의 알코올 발효력이 약화되었다. 이러한 결과를 참고하여 오미자는 2단 담금 1일 경과 후 첨가하였고, 색소 및 유효성분의 빠른 용출을 위하여 믹서기(HMF-1275, Hanil, Seoul, Korea)로 마쇄하여 첨가하였다. 막걸리 담금 과정 중 시료를 채취할 때에는 미생물의 오염을 줄이기 위하여 사용되는 모든 기구를 소독하거나 1회용 제품을 이용하였다. 발효가 완료된 술덧은 거즈를 이용하여 여과하고 1L 와인병에 병입하여 냉장(4°C) 보관하며 본 실험의 재료로 사용하였다.

pH 및 총산 함량

막걸리의 pH는 Orion model 710 pH meter (Thermo Electron, Beverly, MA, USA)로 측정하였고, 총산 함량은 주류분석규정(30)에 의거하여 phenolphthalein 지시약을 넣고 0.1 N NaOH 용액으로 적정하여 소비된 양을 초산(acetic acid) 함량(%)으로 환산하였다.

가용성 고형분, 환원당 및 총당 함량

막걸리 중의 가용성 고형분 함량은 디지털 굴절당도계(Refractometer PAL- α , Atago, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였고, 환원당 함량은 원심 분리한 시료의 상층액을 취하여 DNS법으로 측정하였다(31). 총당 함량은 시료를 염산으로 분해시킨 후 생성된 환원당을 DNS법으로 정량하여 표기하였다.

아미노산 및 알코올 함량

막걸리 중의 아미노산 함량은 주류분석규정(30)에 준하여 산도를 측정된 시료에 formalin 용액을 가하여 유리된 아미노산을 0.1 N NaOH 용액으로 적정하여, 소비된 양을 글리신(glycine) 함량(%)으로 환산하였다. 알코올 함량은 시료 100 mL를 주류분석규정(30)에 따라 증류한 후 15°C에서 주정계(211-DK-12, Deakwang, Seoul, Korea)를 이용하여 측정하였다.

막걸리의 성분 추출

시료인 오미자 막걸리와 쌀 막걸리는 methanol (5% HCl, v/v, MeOH:HCl), HPLC-grade water, ethyl acetate, ethanol의 다른 용매로 추출하였다. 막걸리 100 mL에 100 mL의 용매를 각각 가한 후, MeOH:HCl, ethanol, ethyl acetate를 가한 샘플은 40°C에서, 물을 가한 샘플은 75°C에서 향온수평 진탕기(LSB-045S, LabTech, Namyangju, Korea)로 150 rpm에서 24시간 동안 추출하였다. 각 추출물은 Advantec No. 2 여과지(Toyo Roshi, Tokyo, Japan)로 감압여과한 후, 회전진공농축기(Eyela N-1000, Rikakikai, Tokyo, Japan)로 35°C에서 농축하였다. 각 농축물은 50 mg/mL의 농도로 DMSO에 녹인 후 4°C 보관하면서 적당한 농도로 희석하여 분석에 사용하였다.

총 페놀 및 플라보노이드 함량

총 페놀 함량은 Folin-Denis의 방법(32)을 응용하여 측정하였다. 각 농도별 시료 4 mL에 Folin-Ciocalteu reagent 0.25 mL를 혼합하여 교반한 뒤, 120분 동안 상온에서 방치하여 반응시켰다. 반응액의 흡광도 값은 UV/Vis-spectrophotometer (DU 800, Beckman coulter, Fullerton, CA, USA)를 사용하여 750 nm에서 측정하여 분석하였으며, 표준물질인 gallic acid를 이용한 표준곡선으로부터 양을 환산하였다.

총 플라보노이드 함량은 Davis의 방법(33)에 따라 추출된 시료를 농도별로 적절히 희석한 후 측정하였다. 각 농도별 시료 0.5 mL에 10% aluminum nitrate 0.1 mL, 1 M potassium acetate 0.1

mL 및 ethanol 4.3 mL를 차례로 가하여 혼합한 후 상온에서 40분간 방치하여 반응시켜 450 nm에서 흡광도를 측정하여 분석하였으며, 표준물질인 catechin을 이용한 표준곡선으로부터 양을 환산하였다.

DPPH 라디칼 소거능

DPPH 라디칼 소거능은 Blois의 방법(34)에 따라 DPPH에 대한 수소공여 효과로 측정하였다. 추출된 시료의 농도별 희석액 0.1 mL에 517 nm에서 흡광도 0.97 ± 0.01 이 되도록 조정된 0.2 mM DPPH 용액 0.4 mL를 가한 후 암소에서 37°C에서 30분간 반응시켜 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능(%)=(1-시료 첨가구의 흡광도/시료 무첨가구의 흡광도) $\times 100$ 으로 시료를 첨가하지 않은 대조구와 흡광도 차이를 백분율(%)로 표시하였다.

Hydroxyl 라디칼 소거능

하이드록실 라디칼 소거능은 FeSO₄ 존재하에 Fenton 반응으로 생성된 라디칼에 대한 소거능으로서 Aruoma의 방법(35)을 응용하여 측정하였다. 각 농도별 시료 0.5 mL에 2.8 mM 2-deoxy-D-ribose 0.1 mL, 0.104 mM EDTA solution에 1:1로 섞인 0.1 mM FeCl₃ 0.2 mL, 1.0 mM H₂O₂ 0.1 mL 및 0.1 mM ascorbic acid 0.1 mL를 차례로 첨가하였다. 혼합액은 37°C에서 60분간 반응시킨 후 10% TCA (w/v)에 용해된 0.5% TBA 1.0 mL를 첨가하여 15분 동안 100°C로 가열하였다. 열음에 5분 동안 방치한 후 원심 분리한 상층액을 취하여 532 nm에서 흡광도의 변화를 측정하였고, 시료의 hydroxyl 라디칼 소거능은 시료 첨가구와 무첨가구의 흡광도 비(%)로 나타내었다.

SOD 유사활성능

SOD (Superoxide dismutase) 유사활성은 활성 산소종을 과산화수소(H₂O₂)로 전환시키는 반응을 촉매하는 pyrogallol의 생성량을 측정하는 Marklund와 Marklund의 방법(36)을 응용하여 측정하였다. 각 농도별 시료 0.3 mL에 Tris-HCl buffer (50 mM Tris aminomethane, 10 mM EDTA, pH 8.2) 0.9 mL와 7.2 mM pyrogallol 60 μ L를 잘 섞어 준 후, 실온에서 10분간 방치하여 반응시켰다. 0.2 mL의 1N HCl을 첨가하여 반응을 정지시킨 후 420 nm에서 흡광도를 측정하여 시료의 SOD 유사활성능은 시료 첨가구와 무첨가구의 흡광도 비(%)로 나타내었다.

환원력

환원력은 Fe³-ferricyanide 복합체를 Fe² 형태로 환원시키는 정도를 측정하는 potassium ferricyanide법(37)을 응용하여 측정하였다. 농도별 시료 0.4 mL에 0.2 M sodium phosphate buffer (pH 6.6) 0.5 mL와 1% potassium ferricyanide 0.5 mL를 첨가한 혼합액은 50°C에서 30분간 반응시켰다. 반응이 끝난 후에는 10% TCA 0.4 mL를 첨가한 후 10,000 \times g로 5분간 원심분리(1580MGR, Gyrozen, Daejeon, Korea) 하였다. 상층액 0.5 mL와 증류수 0.5 mL를 혼합한 후 0.1% ferric chloride 0.1 mL를 첨가하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다.

관능검사

관능검사를 위한 패널로 평소 술을 마시는 20-50대의 전복생물산업진흥원 연구원과 전북대학교 식품영양학과 대학원생으로 구성된 성인 총 31명(남성 13명, 여성 18명)을 선정하였고, 평가원들을 대상으로 소정의 훈련을 거친 후 실시하였다. 발효하여 여과된 막걸리를 시판되는 막걸리와 같이 알코올 함량 6.5%로

보정하고 10°C에서 24시간 보관한 후 약 70 mL를 흰색의 종이 컵에 담아 제공하였으며, 각 시료를 먹고 난 후 입안을 행굴 수 있도록 물도 함께 제공하였다. 막걸리의 관능평가 항목은 외관, 풍미, 쓴맛, 단맛, 신맛, 구수한맛, 청량감(특쓰는 맛), 텁텁함, 목 넘김, 알코올맛, 뒷맛, 전체적인 기호도로, 각 항목에 대하여 5점 척도법(아주 좋다 5점, 아주 나쁘다 1점)으로 평가하였다.

통계 분석

관능검사를 제외한 모든 실험은 3반복으로 진행하였으며, 통계 프로그램은 SPSS version 12.0 software (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)에서 one-way ANOVA 중 Duncan's multiple range test를 사용하여 $p < 0.05$ 에서 유의성을 조사하였다. 오미자 막걸리의 생리활성 성분과 향산화능에 있어서 각 항목 양자 간의 상관계수 (simple correlation coefficients)는 Pearson 상관분석으로 도출하여 비교하였다.

결과 및 고찰

발효 중 pH, 총산 및 아미노산 함량의 변화

pH는 막걸리의 발효과정 중 발효 및 품질 정도를 예측할 수 있는 지표성분으로(6), 일반적으로 술덧 발효 초기의 pH가 낮게 유지되어야 잡균의 오염이 방지되고 정상적인 알코올 발효 진행에 유리한 것으로 알려져 있다. 본 연구에서 오미자를 첨가하여 제조한 막걸리의 발효 중 pH의 변화를 살펴본 결과(Fig. 2A), 담금 직후 pH는 3.2 정도였으며 발효 1일째 약간 감소된 후 다시 증가하였다. 2단 담금 직후 희석으로 인하여 약 3.4로 pH가 약간 증가된 후 4일째 3.13으로 감소하다가 5일째부터 발효 마지막 날까지 완만히 증가하는 것으로 나타났다. 특히 오미자 처리구는 발효 3일째 오미자 첨가로 pH가 소폭 감소하였고, 결과적으로 발효 7일째에 3.73을 나타낸 대조구와 비교하여 3.46으로 유의적으로 더 낮은 수치를 나타내었다($p < 0.05$). 이러한 경향은 다양한 막걸리의 발효과정 중 발견되었으며(1,13,14,38), 발효 동안 생성된 유기산과 알코올이 반응하여 ester와 같은 향기성분 형성에 이용되었거나 또는 단백질 분해로 인한 아미노산과 펩타이드의 완충작용에 의해 pH가 증가된 것으로 보인다(16). 기존 연구에서 석류(3), 비파(6), 유자(1), 블루베리(15) 등의 과실류를 첨가한 막걸리의 최종 pH는 3.16-4.05 수준이었고, 오디(14)를 첨가한 막걸리의 최종 pH는 약 4.5 수준을 나타내었다. 또한 Cho 등(26)의 연구에 따르면 오미자를 이용한 약주를 제조하기 위한 과정에서 오미자 첨가량이 증가할수록 pH가 낮아지는 경향을 나타내었다. 본 연구에서 대조구와 비교하여 오미자 막걸리에서 더 낮은 pH를 보였는데, 이는 오미자 열매가 풍부한 유기산을 함유하여 비교적 낮은 pH를 나타내기 때문으로 판단된다(19).

총산 함량은 탁주의 풍미와 보존성에 영향을 주는 중요한 성분 중의 하나로(6) 발효동안 젖산과 유기산이 생성되면서 그 수준이 증가하나, 생성된 유기산이 알코올과 반응하여 ester 등의 향미성분 형성에 이용되므로 발효 후기에 그 증가 속도는 감소되는 경향을 보인다(5,16). 오미자 처리구 및 대조구의 발효기간 중 총산 함량의 변화를 살펴본 결과(Fig. 2A), 1단 담금 동안 9.45 g/L 수준에서 24.3 g/L로 급격히 증가하였으나 2단 담금 직후 6.25-7.80 g/L 수준으로 급격히 감소하였다. 그 후 대조구에서는 발효 마지막 날까지 일정한 수준을 유지하며 발효 7일째 6.61 g/L를 나타내었다. 반면, 오미자 첨가구의 경우 발효 3일째 오미자 첨가로 인하여 12.1 g/L 수준으로 증가한 후 일정한 수준을 유지하였고, 발효 7일째 12.8 g/L로 대조구와 비교하여 유의적으로 더

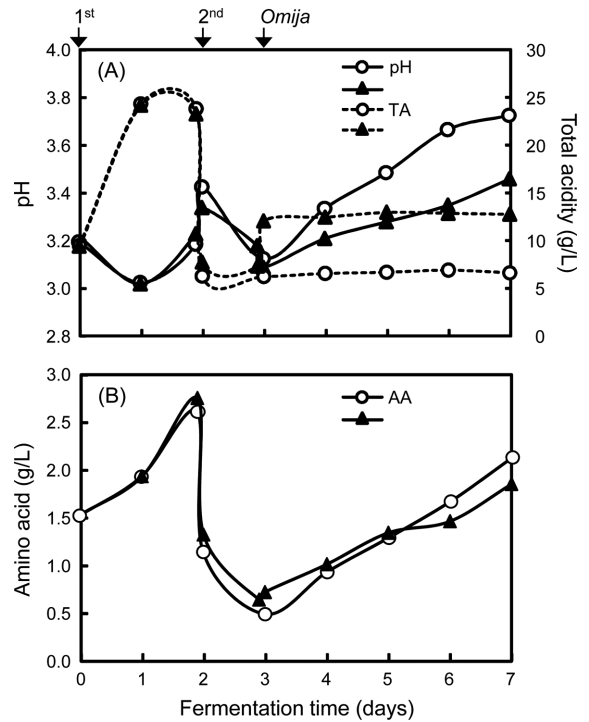


Fig. 2. Changes in pH, total acidity and amino acid content of makgeolli added with omija during fermentation for 7 days. Symbols; -○-: control, -▲-: makgeolli added with omija

높았다($p < 0.05$). 이러한 경향은 오미자가 구연산과 사과산 등의 유기산으로부터 주로 기인한 약 5-6%의 높은 총산을 함유하기 때문으로 생각된다(19).

술덧 발효과정 중 acid protease와 peptidase 등의 효소 작용으로 분해되어 생성된 아미노산은 막걸리의 감칠맛 및 아미노산 함량에 영향을 준다(39). 오미자를 첨가하여 제조한 막걸리의 발효 동안 아미노산 함량을 측정된 결과(Fig. 2B), 1단 담금 중 약 1.52 g/L에서 2.61-2.75 g/L로 증가하였으나 2단 담금 직후 0.49-0.64 g/L 수준으로 감소하였다. 그 후 대조구에서 발효 4일째부터 마지막 날까지 꾸준히 증가하는 경향을 보이면서 발효 7일째 2.13 g/L를 나타내었고, 오미자 처리구 역시 점차 증가하는 경향을 보였으나 발효 7일째에 1.85 g/L 수준으로 대조구와 비교하여 유의적으로 낮았다. 아미노산 함량은 미생물이 성장하여 배출하는 단백질 분해효소가 필수적인데, 오미자 유래의 항균 물질로 인한 미생물의 생육 저해로 대조구에 비해 더 낮은 아미노산 함량을 나타낸 것으로 여겨진다(3,24).

발효 중 알코올 함량의 변화

알코올 함량은 발효의 진행 정도와 막걸리 품질에 가장 큰 영향을 미치는 요인으로 막걸리의 보존성과 향미에 영향을 주는 중요한 성분이다(14). 오미자를 첨가하여 제조한 막걸리의 발효 중 알코올 함량의 변화는 Fig. 3(A)와 같다. 대조구에서 2단 담금 직후 4.13-4.56% 수준이었던 알코올 함량은 3일째 9.8-11.0%로 증가한 뒤에도 꾸준히 증가하면서 7일째 18.6%의 수치를 나타냈다. 반면 오미자 처리구의 경우, 3일째 오미자 첨가로 9.47%로 약간 떨어졌으나 다시 점차 증가하면서 발효 7일째 17.2%로 나타났다. 알코올 발효 동안 amylase의 당화 작용으로 생성된 당을 효모가 분해시키는 과정에서 에탄올이 만들어져 일정 기간까지 알코올 함량은 높아지게 된다(6). 그러나 이러한 막걸리의 알코

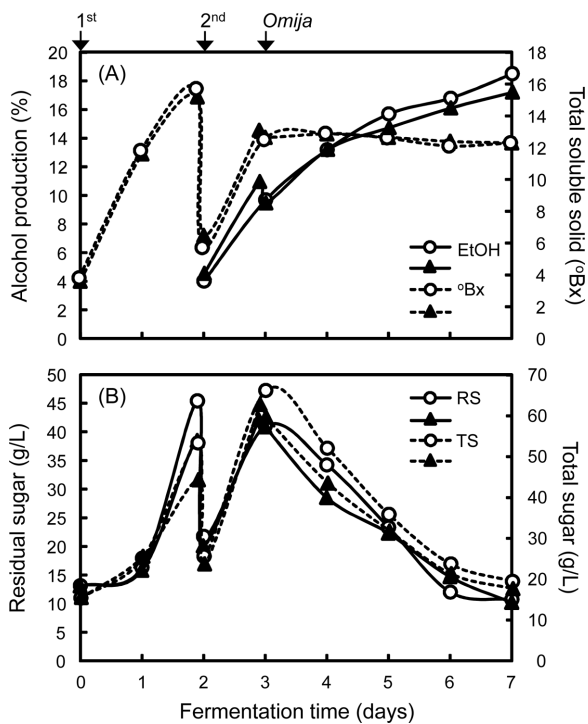


Fig. 3. Changes in the contents of alcohol, total soluble solid, reducing sugar and total sugar of *makgeolli* added with *omija* during fermentation for 7 days. Symbols; \circ - \circ : control, \blacktriangle - \blacktriangle : *makgeolli* added with *omija*

을 함량은 막걸리 제조 시 첨가한 첨가물에 따라 영향을 받을 수 있고(1,15,28), Jeong 등(19)은 오미자 원액으로 발효주를 제조할 경우 오미자의 낮은 pH (2.6-2.8 수준)에 의한 효모의 생육 저해로 알코올 발효가 제대로 진행되지 않아 알코올 생성량이 낮아진다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서 대조구와 비교하였을 때 오미자를 첨가한 막걸리의 유의적으로 낮은 최종 알코올 함량은 오미자 과일의 낮은 pH 등으로 인한 영향으로 판단된다. 한편, Park 등(2)에 의하면 국내 주요 양조장의 막걸리 제조 방법에 따른 담금 유형별 쌀 막걸리는 5일간 발효 후 12.1-13.6% 수준의 최종 알코올 함량을 나타내었고, 기존의 오디(14), 블루베리(15), 파프리카(16), 배(28) 등의 과일류를 첨가하여 제조된 막걸리는 6-10일간의 발효 후 10.2-17.4% 알코올 함량으로 다양한 수준을 나타내었다.

발효 중 가용성 고형분, 환원당 및 총당 함량의 변화

오미자를 첨가하여 제조한 막걸리의 발효 중 가용성 고형분 함량의 변화는 Fig. 3(A)에 나타내었다. 두 실험구의 가용성 고형

분 함량은 1단 담금 동안 3.6-3.8°Bx 수준에서 15.2-15.7°Bx로 급격히 증가한 후 2단 담금 직후 5.7-6.5°Bx로 감소하였으나, 발효 3일째 12.5-13.1°Bx로 다시 증가한 이후에는 발효 마지막 날까지 유의적인 변화가 없었다. 한편 오미자 첨가로 인한 두 실험구 간의 유의적인 차이 또한 관찰되지 않았다.

환원당 및 총당 함량의 경우 Fig. 3(B)와 같이 가용성 고형분 함량의 변화와 유사한 경향을 나타내었다. 환원당 함량은 1단 담금 동안 13.1 g/L에서 38.5-45.4 g/L로 급격히 증가된 뒤 2단 담금 직후 절반 수준으로 감소되었으나, 3일째 다시 41.0-42.1 g/L 수준으로 증가되었다. 그러나 그 이후에는 두 실험구 모두에서 완만하게 감소하며, 발효 7일째 약 10.2-10.7 g/L 수준으로 오미자 첨가에 따른 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 환원당은 알코올 발효의 기질로 이용되며 감미도에 영향을 주는 중요한 성분으로(6), 일반적으로 술덧 발효 초기에 원료의 탄수화물이 amylase 효소 작용으로 분해되어 그 수준이 증가하다가 효모나 젖산균의 발효 기질로 이용되면서 발효 후기 감소하는 경향을 보인다(5).

오미자를 첨가한 막걸리의 발효기간 중 총당 함량의 변화는 1단 담금 동안 15.2 g/L 수준에서 44.1-53.1 g/L까지 급격히 증가되었다가 2단 담금 직후 23.5-25.4 g/L로 감소되었으나, 발효 3일째까지 다시 증가하였다. 그러나 그 이후에는 두 실험구 모두에서 완만하게 감소하였으며, 발효 7일째 오미자 처리구의 최종적인 총당 함량은 17.5 g/L로 19.3 g/L의 대조구에 비해 유의적으로 낮았다($p < 0.05$). 이러한 경향은 환원당 함량 변화와 유사하였으며, 발효초기에 총당 함량이 증가한 뒤 급격히 감소하였다는 Choi 등(6), Jeon과 Lee(15) 및 Yang과 Eun(1)의 결과와 유사하였다.

총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량

페놀화합물은 식물계에서 널리 분포되어 있는 식물체 유래의 대사산물 중 하나로, 이들 물질은 phenolic hydroxyl기를 가지고 있기 때문에 단백질 및 기타 거대 분자들과 결합하려는 성질을 가지므로 항산화 효과 등의 생리활성을 가진다(40). 본 연구에서는 phenolic 물질인 gallic acid와 catechin을 기준으로 하여 두 실험구에 대한 4가지 추출물의 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량을 알아보고자 하였다. 그 결과(Table 1), 제조된 오미자 막걸리의 총 폴리페놀 함량은 3.08-5.96 mg GAE/mL로 대조구의 1.83-5.57 mg GAE/mL와 비교하여 ethyl acetate와 ethanol 추출물에서 유의적으로 높았으며, MeOH:HCl과 물 추출물에서는 유의적인 차이가 없었다. 또한 플라보노이드 함량에서도 오미자 막걸리 추출물은 237.2-506.8 g μ g CE/mL 수준으로 169.1-401.3 g μ g CE/mL의 대조구와 비교하여 ethanol 추출물을 제외한 모든 추출물에서 유의적으로 더 높았다. 한편, 오미자 막걸리의 4가지의 추출 용매별 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 물 추출물에서 유의적으로 가장 높은 함량을 나타내었으며, 대조구 또한 물 추출물에서 유의적으로 가장 높았다. 식품에서 phenolic 물질은 그

Table 1. Total phenol and flavanoid contents of *makgeolli* added with *omija* by four different extraction solvent

	Total phenols (GAE ¹⁾ /mg/mL)		Total flavonoid (CE μ g/mL)	
	Control	Omija	Control	Omija
MeOH:HCl	2.99 \pm 0.03 ^{b2)}	3.08 \pm 0.11 ^c	281.6 \pm 2.5 ^{Bc}	341.6 \pm 9.7 ^{Ac}
Water	5.57 \pm 0.83 ^a	5.96 \pm 0.54 ^a	401.3 \pm 31.6 ^{Ba}	506.8 \pm 20.6 ^{Aa}
Ethyl acetate	1.83 \pm 0.03 ^{Bc}	4.72 \pm 0.43 ^{Ab}	169.1 \pm 50.9 ^{Bd}	237.2 \pm 2.2 ^{Ad}
EtOH	3.34 \pm 0.09 ^{Bb}	3.65 \pm 0.17 ^{Ac}	352.5 \pm 21.8 ^b	389.5 \pm 14.4 ^b

¹⁾GAE, galic acid equivalent; CE, catechin equivalent.

²⁾Different capital and small letters indicate significant differences of values in the same row between two *makgeolli* types and in the same column between four extracts by four different solvents ($p < 0.05$).

들의 항산화 활성과 양의 상관관계가 있어 항산화력의 간접적인 지표로 활용되며(41), Park 등(42)은 오미자 농축액 첨가량이 증가할수록 오미자 소스의 총 페놀 함량은 증가되었다고 보고하였다. 일반적으로 총 페놀 함량은 발효가 진행됨에 따라 미생물의 효소작용으로 유리형 페놀성분이 생성됨으로써 증가하며, 본 연구에서 대조구와 비교하였을 때 오미자를 첨가한 막걸리의 유의적으로 높은 수준은 오미자에 함유된 폴리페놀성 성분들인 리그난 계통의 물질과 플라보노이드 등의 성분들에 의한 효과로 판단된다(17,22).

항산화능

알코올에 의해 유도되는 산화적 스트레스로 인한 인체의 알코올 대사는 alcohol dehydrogenase, microsomal ethanol oxidation system 및 catalase의 3가지 효소계가 관여하며, 이 대사과정에서 superoxide, hydroxyl radical 및 H₂O₂ 등의 oxygen radicals를 생성함으로써 항산화 시스템에 영향을 미친다(43). 생성된 반응성 산소유리기는 DNA, 단백질, 지질 등을 산화시킴으로써 직접적으로 세포를 손상시킬 뿐만 아니라 발암, 노화, 염증, 급·만성 알코올 독성을 포함하여 독성위해를 가하므로(18), 이러한 자유 라디칼의 생성을 억제하고 활성화된 산소종을 소거하는 것은 알코올 섭취로 유발될 수 있는 독성 위해를 예방하는데 있어서 매우 중요하다. 본 연구에서 오미자를 첨가하여 제조한 막걸리의 항산화능을 평가하기 위하여 DPPH 및 hydroxyl 라디칼 소거능, superoxide dismutase (SOD) 유사활성능 및 환원력을 평가하였다.

DPPH는 분자 내에 위치한 안정한 라디칼을 함유하지만 항산화 활성이 있는 물질과 만나면 라디칼이 소거되며, 이때의 활성은 ·OH와 유사하기 때문에 시료의 전자 공여능력을 측정하는 방법으로 널리 쓰이고 있다(44). 오미자 막걸리의 DPPH 라디칼 제

거 정도를 측정된 결과(Table 2), 추출물 50 mg/mL의 농도에서 51.0-80.6%의 소거능을 보였으며, 대조구의 39.6-77.5%와 비교하여 물 추출물을 제외한 모든 추출물에서 유의적으로 더 높았다. 더욱이 DPPH 라디칼 소거능에 대한 EC₅₀ 값은 물 추출물을 기준으로 첨가구에서 15.9 mg/mL와 대조구는 21.5 mg/mL로 나타났다. 일반적으로 phenolics 및 flavonoids 함량과 항산화 활성은 양의 상관관계가 있는 것으로 널리 알려져 있는데(40), 본 실험에서도 DPPH 라디칼 소거능은 페놀(r=0.638, p<0.01) 및 플라보노이드 함량(r=0.851, p<0.01)과 유의적인 상관관계를 보였다. 한편, 추출물 별 항산화 활성의 차이는 추출조건에 따른 DPPH 라디칼 소거능을 가진 물질의 차이로 인한 결과로 판단된다.

·OH radical은 강력한 자유 라디칼로 반응속도가 빠르고 반응성이 매우 커서 생체 내에 생성되는 자유 라디칼을 활성화시키며, 지질의 산화 및 DNA에 손상을 주고 돌연변이를 유발함으로써 다양한 질환에 관여하는 것으로 알려져 있다(35). 오미자 막걸리의 hydroxyl 라디칼 소거능을 측정된 결과(Table 2), 추출물 50 mg/mL의 농도에서 75.3-86.3% 수준으로 대조구의 61.7-82.8%와 비교하여 ethanol 추출물을 제외한 모든 추출물에서 유의적으로 더 높았다. 더욱이 hydroxyl 라디칼 소거능에 대한 EC₅₀ 값은 오미자 처리구의 모든 추출물에서 더 낮았으며, 특히 물 추출물의 EC₅₀ 값은 26.1 mg/mL로 가장 낮았다. 또한, 이러한 hydroxyl 라디칼 소거능은 페놀(r=0.348, p<0.05) 및 플라보노이드 함량(r=0.462, p<0.05)과 유의적인 양의 상관관계를 보였다.

항산화 효소 중 하나인 SOD는 산패로 인하여 형성된 oxygen radical을 과산화수소로 전환시키는 반응(2O₂⁻+2H⁺→H₂O₂+O₂)을 촉매하고, catalase는 SOD에 의해 생성된 H₂O₂를 무해한 물분자와 산소분자로 전환시키는 역할을 한다(36). 이러한 SOD와 유사한 역할을 하여 superoxide anion의 활성을 억제시킬 수 있는 유

Table 2. Differential antioxidant capacities of makgeolli added with omija by four different extraction solvent

Extraction solvent	Control		Omija	
	EC ₅₀ ¹⁾	Capacity (% _{Abs})	EC ₅₀	Capacity (% _{Abs})
DPPH radical scavenging activity				
MeOH:HCl	56.1	45.3±5.9 ^{Bc2)}	32.0	65.1±4.8 ^{Ab}
Water	21.5	77.5±4.4 ^a	15.9	80.2±1.0 ^a
Ethyl acetate	81.4	39.6±0.6 ^{Bc}	42.5	51.0±0.9 ^{Ac}
EtOH	28.6	65.9±4.8 ^{Bb}	15.7	80.6±2.0 ^{Aa}
Hydroxyl radical scavenging activity				
MeOH:HCl	41.4	61.7±6.9 ^{Bb}	30.6	75.3±1.7 ^{Ab}
Water	36.2	76.9±4.9 ^{Ba}	26.1	86.3±4.4 ^{Aa}
Ethyl acetate	37.6	75.5±0.3 ^{Ba}	29.5	77.2±0.4 ^{Ab}
EtOH	33.6	82.8±0.5 ^a	29.6	82.4±1.8 ^a
Superoxide dismutase-like activity				
MeOH:HCl	31.5	69.6±2.9 ^{Ba}	17.2	82.2±1.8 ^{Aa}
Water	84.8	40.4±3.0 ^{Bb}	47.5	51.3±4.2 ^{Ab}
Ethyl acetate	27.7	65.7±5.2 ^{Ba}	13.2	82.1±2.9 ^{Aa}
EtOH	83.1	41.3±4.6 ^{Bb}	43.0	54.1±5.2 ^{Ab}
Reducing power				
MeOH:HCl	26.0	2.02±0.16 ^b	29.8	1.86±0.18 ^c
Water	19.5	2.53±0.07 ^{Ba}	12.5	3.32±0.17 ^{Aa}
Ethyl acetate	32.9	1.70±0.28 ^{Bbc}	23.1	2.11±0.20 ^{Abc}
EtOH	39.5	1.60±0.11 ^{Bc}	26.5	2.47±0.06 ^{Ab}

¹⁾EC₅₀, the effective concentration (mg/mL) at which the DPPH, hydroxyl and superoxide anion radicals were scavenged by 50% or the absorbance was 1.0 for reducing power; Capacity (%_{Abs}), antioxidant capacities (% or absorbance) at the extract concentration of 50 mg/mL.

²⁾Different capital and small letters indicate significant differences of values in the same row between two makgeolli types and in the same column between four extracts by four different solvents (p<0.05).

사물질의 활성능을 측정된 결과(Table 2), 오미자 막걸리 추출물은 50 mg/mL의 농도에서 51.3-82.2% 수준으로 40.4-69.6% 수준의 대조구와 비교하여 모든 처리구에서 유의적으로 높은 SOD 유사활성능을 나타냈다. SOD 유사 활성능에 대한 EC₅₀ 값 또한 오미자 처리구의 모든 추출물에서 더 낮았으며 ethyl acetate 추출물의 EC₅₀ 값은 13.2 mg/mL로 가장 낮았다.

환원력은 항산화 시스템의 여러 가지 기작 중에서 활성 산소 종 및 유기기에 전자를 공여하는 능력으로, 이러한 활성은 시료의 전자가 Fe³⁺에 전달되어 Fe²⁺로 환원된 후 FeCl₃와 반응하여 생성된 물질의 정도로 측정하였다(37). 그 결과(Table 2), 50 mg/mL의 농도에서 오미자 막걸리의 환원력은 1.86-3.32 수준으로 대조구의 1.70-2.53와 비교하여 MeOH:HCl 추출물을 제외한 모든 추출물에서 유의적으로 더 높았다. 더욱이 환원력에 대한 O.D.값 1.0을 나타내는 EC₅₀ 값 또한 MeOH:HCl 추출물을 제외한 모든 오미자 처리구의 추출물에서 더 낮았으며, 특히 물 추출물의 EC₅₀ 값은 12.5 mg/mL로 가장 낮았다. 본 연구에서의 다른 항산화활성과 달리 막걸리 추출물의 환원력은 총 페놀 및 플라보노이드 함량과 유의적인 상관관계가 없었는데, 이는 식물체내에 있는 다양한 항산화 성분들이 그들의 특성에 따라 다른 항산화 활성을 나타낼 수 있기 때문으로 사료된다(45).

일반적으로 와인을 포함한 술은 포도, 사과, 쌀 등의 재료를 사용하여 제조하며, 그들의 생리활성은 사용된 원재료의 종류에 의해 크게 영향을 받는다. Bac 등(9)의 연구에 의하면 시판 중인 참살이, 광릉, 생장수, 배다리, 고향 및 이동 막걸리의 DPPH 라디칼 소거능에 대한 EC₅₀ 값은 22.52-73.20 mg/mL 수준이었고, Jeong 등(8)은 매실주, 국화주, 구기자주, 사삼주 및 소곡주 농축물은 각각 40, 64-66, 35, 35, 63%의 DPPH 라디칼 소거능을 나타낸다고 보고하였다. 이러한 결과를 바탕으로 할 때, 본 연구에서 오미자 막걸리의 항산화 활성이 상대적으로 매우 높음을 알 수 있으며 이는 오미자에 풍부하게 함유된 생리활성 물질에서 기인된 것으로 여겨진다. 한편, Mo 등(46)의 연구에서 오미자를 이용하여 식초를 발효하는 동안 항산화 활성을 살펴본 결과, 오미자 추출액에서 오미자 와인으로 알코올 발효과정을 거치는 동안 그 활성이 두드러지게 증가하였다고 보고하였다. 일반적으로 다양한 농작물을 이용하여 제조된 와인은 원료로부터 유래된 다양한 페놀성 화합물을 함유하며, 더욱이 알코올 발효 동안의 효모의 효소 활성은 glycoside형을 aglycone형으로 또는 ester형을 free 형태의 phenol성 성분으로 가수분해함으로써 페놀성 화합물의 함량을 증가시키는 것으로 알려져 있다(47).

관능검사

본 연구에서 제조된 오미자 첨가 막걸리의 관능검사 결과는 외관(appearance), 향미(flavor), 쓴맛(bitterness), 단맛(sweetness), 신맛(sourness), 구수한맛(nutness), 청량감(refresh), 텁텁함(unpleasant state), 목넘김(swallowing), 알코올맛(alcohol taste), 뒷맛(aftertaste), 전체적인 기호도(overall acceptance)에 대한 기호도 조사 결과로 나타내었다. 그 결과(Fig. 4), 향미, 단맛, 신맛, 구수한, 목넘김, 알코올맛 및 뒷맛의 경우 두 실험구 간의 유의적인 차이가 없었으나, 쓴맛과 텁텁함은 대조구에서 더 높은 기호도를 보였다. 반면 외관 및 청량감은 오미자 막걸리에서 더 높은 기호도를 나타냈으나, 전체적인 기호도에서 두 실험구 간의 유의적인 차이는 없었다($p < 0.05$). 기존에 보고된 석류를 첨가한 막걸리의 경우에는 외관, 색, 향미, 신맛에서 시험구와 대조구 사이에 유의적인 차이가 없었으며(3), 더욱이 블루베리 첨가 막걸리는 첨가하지 않은 대조구와 비교하여 향을 비롯한, 색, 맛, 그리고 전반적인 기호도

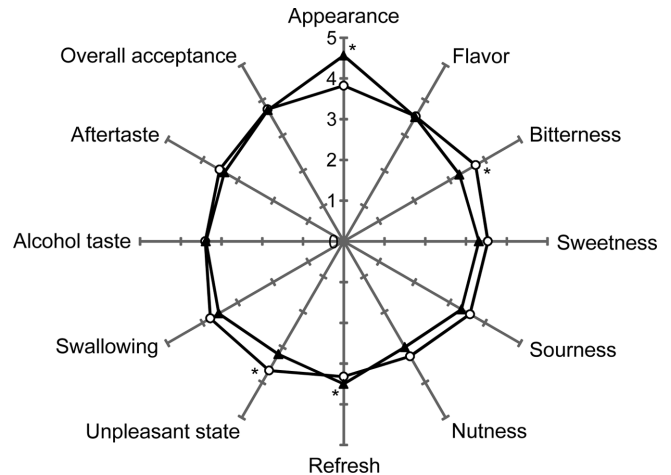


Fig. 4. Sensory evaluation of *makgeolli* added with *omija*. Symbols; ○: control, ▲: *makgeolli* added with *omija*

에서 모두 낮은 결과를 나타내었다(15). 관능검사 시 제한된 인원으로 본 관능평가를 실시한 한계점은 존재할 수 있지만, 새로운 것을 좋아하는 현대인이나 이색적이고 시각적인 것을 추구하는 젊은 여성층의 요구조건에 부합할 수 있을 것이라 기대된다(16).

요 약

새로운 고부가가치 기능성 막걸리를 개발하기 위해 오미자를 첨가한 막걸리를 제조하여 그 품질특성 및 항산화능을 살펴 보았다. 오미자를 2단 담금 익일에 첨가하여 발효시킨 막걸리는 대조구에 비해 유의적으로 낮은 pH와 높은 총산 함량을 보였으나, 가용성 고형분 및 잔당 함량은 유의적인 차이가 없었다. 에탄올 함량은 2단 담금 동안 꾸준히 증가하였고, 최종적으로 오미자 처리구에서 17.2% 수준을 보였으나 대조구의 18.6%와 비교하여 유의적으로 낮았다. 생리활성 분석 결과, 오미자를 첨가한 막걸리 추출물의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 각각 3.08-5.96 mg GAE/mL와 237.2-506.8 µg CE/mL 수준으로 대조구와 비교하여 유의적으로 높았다. 또한 4가지의 다른 항산화능 평가에서도 대체로 모든 오미자 처리구의 추출물에서 유의적으로 높았다. 특히 DPPH 및 hydroxyl 라디칼 소거능은 총 페놀 및 플라보노이드 함량과 유의적인 양의 상관관계가 있었다. 최종 관능검사 결과, 오미자 처리구는 전체적인 기호도에서 대조구와 유의적인 차이가 없으나, 외관과 청량감에서 더 높은 점수를 얻었다. 따라서 본 연구의 결과는 막걸리 및 기타식품에서 오미자의 기능성 소재로서 가능성을 보여준다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ00999004)의 지원으로 수행되었습니다.

References

1. Yang HS, Eun JB. Fermentation and sensory characteristics of Korean traditional fermented liquor (*makgeolli*) added with citron (*Citrus junos* SIEB ex TANAKA) juice. Korean J. Food Sci. Technol. 43: 438-445 (2011)
2. Park CW, Jang SY, Park EJ, Yeo SH, Jeong YJ. Quality charac-

- teristics of rice *makgeolli* prepared by mashing types. Korean J. Food Sci. Technol. 44: 207-215 (2012)
3. Kim BH, Eun JB. Physicochemical and sensory characteristics of *makgeolli* with pomegranate (*Punica granatum* L.) juice concentrate added. Korean J. Food Sci. Technol. 44: 417-421 (2012)
 4. Song JC, Park HJ. *Takju* brewing using the uncooked germed brown rice at second stage mash. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 32: 847-854 (2003)
 5. Ying C, Hwang J, Chung YH. Quality characteristics of *makgeolli* added with red bean. Korean J. Food Cook. Sci. 29: 777-784 (2013)
 6. Choi KW, Lee JK, Jo HJ, Lee KJ, Yoon JA, An JH, Chung KH. Fermentation characteristics of *Makgelli* made with loquat fruits (*Eriobotrya japonica* Lindley). J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 42: 975-982 (2013)
 7. Lee SJ, Shin WC. Physiological functionalities of *makgeolli* (Korean paradox). Food Sci. Ind. 44: 2-11 (2011)
 8. Jeong JW, Nam PW, Lee SJ, Lee KG. Antioxidant activities of Korean rice wine concentrates. J. Agr. Food Chem. 59: 7039-7044 (2011)
 9. Bae SH, Jung EY, Kim SY, Shin KS, Suh HJ. Antioxidant and immuno-modulating activities of Korean traditional rice wine, *takju*. J. Food Biochem. 34: 233-248 (2010)
 10. Lee HS, Hong KH, Yoon CH, Kim JM, Kim SM. Effect of Korean turbid rice wine (*takju*) lees extract on blood glucose in the *db/db* mouse. Korean J. Food Cult. 24: 219-223 (2009)
 11. Shin MO, Kang DY, Kim MH, Bae SJ. Effect of growth inhibition and quinone reductase activity stimulation of *makgeoly* fractions in various cancer cells. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 37: 288-293 (2008)
 12. Kim BK, Kang MS, Jeon MJ, Lee SH, Kim MH. Effects of *makgeolli* and *makgeolli* precipitate on hepatotoxicity and serum lipid content in rats. J. Life Sci. 23: 282-289 (2013)
 13. Kim YT, Kim MS. *Makgeolli's* character for the globalization. J. Tour. Leis. Res. 23: 333-349 (2011)
 14. Kim EK, Chang YH, Ko JY, Jeong YH. Physicochemical and microbial properties of Korean traditional rice wine, *makgeolli*, supplemented with mulberry during fermentation. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 42: 1682-1689 (2013)
 15. Shin MH, Lee WJ. Characteristics of blueberry added *makgeolli*. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 40: 444-449 (2011)
 16. Kim SH, Park JM, Yoon HS, Song DN, Song IG, Eom HJ. Physiological and sensory characteristics of *makgeolli* with added paprika (*Capsicum annum* L.). Korean J. Food Sci. Technol. 45: 578-582 (2013)
 17. Choi SR, Kim CS, Kim JY, You DH, Kim JM, Kim YS, Song EJ, Kim YG, Ahn YS, Choi DG. Changes of antioxidant activity and lignan contents in *Schisandra chinensis* by harvesting times. Korean J. Med. Crop Sci. 19: 414-420 (2011)
 18. Albano E. Alcohol, oxidative stress and free radical damage. P. Nutr. Soc. 65: 278-290 (2006)
 19. Jeong ST, Kong MH, Yeo SW, Choi JH, Choi HS, Han GJ. Studies on the mixture wine processing using *omija* and pear. J. East Asian Soc. Dietary Life 20: 896-902 (2010)
 20. Kim MJ, Park EJ. Antioxidative and antigenotoxic effect of *omija* (*Schizandra chinensis* B.) extracted with various solvents. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39: 487-493 (2010)
 21. Sung KC. A study on the pharmaceutical & chemical characteristics and analysis of natural *omija* extract. J. Korean Oil Chem. Soc. 28: 290-298 (2011)
 22. Lu Y, Chen DF. Analysis of *Schisandra chinensis* and *Schisandra sphenanthera*. J. Chromatogr. A 1216: 1980-1990 (2009)
 23. Panossian A, Wikman G. Pharmacology of *Schisandra chinensis* Bail.: An overview of russian research and uses in medicine. J. Ethnopharmacol. 118: 183-212 (2008)
 24. Kim SR, Kim MR. Inhibition of foodborne pathogens and spoilage bacteria and their structural changes by ethanol extract of *Schizandra chinensis* Baillon. J. East Asian Soc. Dietary Life 22: 109-119 (2012)
 25. Hyun KH, Kim HJ, Jeong HC. A study on determining chemical compositions of *schizandra chinensis*. Korean J. Plant Res. 15: 1-7 (2002)
 26. Cho KS, Jeong EY, Choi HS, Kim MK. Brewing and quality characteristics of *Schisandra chinensis yakju*. J. Appl. Biol. Chem. 55: 163-167 (2012)
 27. Lee SH, Park HK, Kim MH. Isolation and identification of wild yeasts from schizandra (*Schizandra chinensis*) for wine production and its characterization for physicochemical and sensory evaluations. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39: 1860-1866 (2010)
 28. Lee DH, Kim JH, Lee JS. Effect of pears on the quality and physiological functionality of *makgeoly*. Korean J. Food Nutr. 22: 606-611 (2009)
 29. Yeo SH, Jeong YJ. Current trends and development a plan in the Korean *makgeolli* industry. Food Sci. Ind. 43: 55-64 (2010)
 30. NTSTSI. Manufacturing Guideline of *Takju* and *Yakju*. National Tax Service Technological Service Institute, Seoul, Korea. pp. 195-198 (2008)
 31. Miller GL. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Anal. Chem. 31: 426-428 (1959)
 32. Folin O, Denis W. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. J. Biol. Chem. 12: 239-243 (1912)
 33. Davis WB. Determination of flavanones in citrus fruits. Anal. Chem. 19: 476-478 (1947)
 34. Blois MS. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature 181: 1199-1200 (1958)
 35. Aruoma OI. Deoxyribose assay for detecting hydroxyl radicals. Method. Enzymol. 233: 57-66 (1994)
 36. Marklund S, Marklund G. Involvement of the superoxide anion radical in the autoxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. Eur. J. Biochem. 47: 469-474 (1974)
 37. Oyaizu M. Studies on products of browning reactions: Antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. Jpn. J. Nutr. Diet. 44: 307-315 (1986)
 38. Kim DR, Seo BM, Noh MH, Kim YW. Comparison of temperature effects on brewing of *makgeolli* using uncooked germinated black rice. Korean Soc. Biotechnol. Bioeng. J. 27: 251-256 (2012)
 39. Park JH, Yeo SH, Choi JH, Jeong ST, Choi HS. Production of *makgeolli* using rice treated with *gaeryang-nuruk* (for non-steaming process) extract. Korean J. Food Preserv. 19: 144-152 (2012)
 40. Cai Y, Luo Q, Sun M, Corke H. Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. Life Sci. 74: 2157-2184 (2004)
 41. Budak HN, Guzel-Seydim ZB. Antioxidant activity and phenolic content of wine vinegars produced by two different techniques. J. Sci. Food Agr. 90: 2021-2026 (2010)
 42. Park EJ, Ahn JJ, Kang SA, Kim HY, Kwon JH. Physicochemical quality and hypoglycemic effect of *omija* sauce. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 42: 1079-1085 (2013)
 43. Noh KH, Jang JH, Kim JJ, Shin JH, Kim DK, Song YS. Effect of dandelion juice supplementation on alcohol-induced oxidative stress and hangover in healthy male college students. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 38: 683-693 (2009)
 44. Molyneux P. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. Songklanakarin J. Sci. Technol. 26: 211-219 (2004)
 45. Moure A, Cruz JM, Franco D, Domnguez JM, Sineiro J, Domnguez H, Nez MJ, ParajJC. Natural antioxidants from residual sources. Food Chem. 72: 145-171 (2001)
 46. Mo HW, Jung YH, Jeong JS, Choi KH, Choi SW, Park CS, Choi MA, Kim ML, Kim MS. Quality characteristics of vinegar fermented using *omija* (*Schizandra chinensis* Baillon). J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 42: 441-449 (2013)
 47. Garcia-Salas P, Morales-Soto A, Segura-Carretero A, Fernandez-Gutierrez A. Phenolic-compound-extraction systems for fruit and vegetable samples. Molecules 15: 8813-8826 (2010)