

수수 및 옥수수 첨가 비율별 발효주의 품질 특성

박혜진 · 권누리* · 강혜정* · 김주형** · †엄현주

충청북도농업기술원 지방농업연구소, *충청북도농업기술원 연구원, **충청북도농업기술원 지방농업연구소

Quality Characteristics of Korean Traditional Wines with Different Amounts of Sorghum and Corn

Hyejin Park, Nu Ri Kwon*, Hye Jeong Kang*, Ju-Hyoung Kim** and †Hyun-Ju Eom

Associate Researcher, Chungcheongbukdo Agricultural Research and Extension Services, Cheongju 28130, Korea

*Researcher, Chungcheongbukdo Agricultural Research and Extension Services, Cheongju 28130, Korea

**Senior Researcher, Chungcheongbukdo Agricultural Research and Extension Services, Cheongju 28130, Korea

Abstract

In this study, we attempted to compare the quality characteristics of Korean traditional wines with different amounts of corn and sorghum. These samples were analyzed for pH, total acidity, ethanol contents, total polyphenol, total flavonoid and tannin contents, ABTS and DPPH radical scavenging activities. The pH of fermented wines ranged from 3.83 to 4.64 and the total acidity of samples ranged from 0.30~0.63% on the 12th day of fermentation period. After 12 days of fermentation, the alcohol content of sorghum and corn fermented wines ranged between 11.6~15.5%. The a value(Redness) of fermented wines was the highest at 8.13 in B treatment and the a value decreased as the rate of corn addition increased. Total polyphenol and flavonoid contents had the highest values(162.64 and 18.44 mg/100 mL, respectively) in the E treatment which is the fermented wines of 25% Sorghum and 75% Corn. The ABTS and DPPH radical scavenging activity of the samples were 71.06~74.57% and 15.46~36.20% respectively. Antioxidant activity was higher in fermented wines with sorghum and corn than in control. As a result, this study provides useful scientific information that quality characteristics of fermented wines containing sorghum and corn and forms a basis in the food and wine industry.

Key words: sorghum, corn, Korean fermentation wine, fermentation, quality characteristics

서 론

오래전부터 즐겨 마시던 우리나라의 전통주는 그 종류와 양조법이 다양하였는데(Woo 등 2010a), 전통 발효주는 알코올에서 유래되는 쓴맛과 발효 중에 생성되는 유기산에 의한 상큼한 신맛, 단백질 분해산물인 아미노산 맛 및 전분분해산물인 당류 등이 잘 조화를 이루며 독특한 풍미를 지닌 술을 말한다(Ju 등 2009), 우리나라의 대표적인 전통 발효주인 약·탁주는 담금 후 누룩 중의 젖산균, 곰팡이 등의 미생물에 의한 효소작용으로 인해 원료 성분이 분해되어 생성되는 당, 아미노산, 유기산 등의 맛 성분과 효모에 의한 알코올 발

효로 생성되는 휘발성 풍미성분이 색과 함께 품질의 조화를 이루게 되는 것으로(Rhee 등 2003), 양조 시 누룩에 서식하는 미생물군과 사용하는 원료 등에 의해 제품의 풍미성분이 달라지게 된다(So 등 1999). 특히, 우리나라는 예로부터 농경을 생산수단으로 삼아 곡물을 바탕으로 주곡과 곡아를 이용하여 술을 빚어 왔으며, 여러 가지 곡류로 쌀, 보리, 조, 기장 등이 술의 원료로 이용되어 왔는데(Jeong 등 2013), 최근 생활수준이 향상됨에 따라 건강에 대한 관심이 높아지면서 약리적 기능성을 강화시킨 청주나 약주를 원하는 소비자가 증가하고 있으며 다양한 침출주 및 발효주의 개발과 효능에 관한 연구가 진행되고 있어(Min & Jeong 1995; Kim 등 2000;

† Corresponding author: Hyun-Ju Eom, Associate Researcher, Chungcheongbukdo Agricultural Research and Extension Services, Cheongju 28130, Korea. Tel: +82-43-220-5691, Fax: +82-43-220-5679, E-mail: hyunjueom@korea.kr

Seo 등 2001), 우리나라 전통주의 시장 확대를 위해서는 다양한 소재를 이용한 양조적성 검토와 양조 방법 개발이 필요한 실정이다.

수수(*Sorghum*, *Sorghum bicolor* L. Moench)는 분류학상 벼목 화본과의 외떡잎식물 한해살이 풀로, 아프리카 대륙이 원산지이고 아시아, 미국, 인도, 멕시코 등이 주요 생산국으로 (Park 등 2011) 쌀, 보리, 밀, 옥수수에 이어 중요한 잡곡으로 식이섬유, phenolic compounds 등의 유효성분이 다량 함유되어 있으며(Chae & Hong 2006), 우리나라에서는 혼반용으로 주로 소비가 되고, 이외 떡, 전통술, 엿, 과자의 원료로 사용되고 있다(Ha & Lee 2001; Kim 등 2016). 국내에서 수수를 이용한 대표적인 발효주로 문배주가 알려져있으며, 밀, 좁쌀, 수수를 원료로 제조하고 술의 색은 옅은 황갈색을 띠며, 오래 저장이 가능하다는 특징이 있다(Woo 등 2010b). 최근 우리나라에서는 수수의 보급과 재배확대를 위해서 기계수확이 가능한 키가 작으면서 다수확 품종인 ‘청풍’을 개발하여 재배단지를 조성하고 있다(Yun 등 2019). 옥수수(*Zea mays*)는 쌀, 밀과 함께 세계에서 가장 많이 생산되는 식량 작물 중 하나로 쌀과 밀이 주로 식용으로 이용되는 것과 대조적으로 옥수수는 식용뿐만 아니라 사료용, 종실용, 사일리지용 등 다양하게 이용되고 있으며 우리나라 전역에서 재배가 가능하며(Lee 등 2016) 최근 가공용으로도 각광받는 작물이다.

국산 원료를 이용한 전통주 제조 및 품질향상에 관한 연구로는 약재를 첨가한 발효주의 품질평가(Kim 등 2003), 누룩에 의한 전통주의 품질과 성분변화(Kim TY 1997; Lee & Park 2002; Park 등 2003), 찹쌀 보리쌀 탁주의 향기성분에 보고(Lee & Choi 1998), 여주 분말 함유 쌀누룩을 이용한 막걸리의 품질특성에 관한 연구(Cho 등 2010), 오미자를 탁주에 첨가함으로써 미생물의 생육 억제 및 현탁 안정도 효과에 관한 연구(Kim 등 2007a), 첨가원료 종류에 따른 전통발효주의 이화학 및 관능특성에 관한 연구(Lee 등 2004), 팽화미분으로 제조한 탁주의 품질 분석(Kim 등 2007b) 등이 연구되었으며 수수를 원료로한 전통주에 관한 연구로는 Woo 등(2010)의 수수 첨가량 및 누룩의 종류를 달리하여 제조한 발효주의 이화학적 특성에 관한 연구, Eom 등(2015)이 팽화수수 분말을 첨가한 발효주의 품질, 생리활성 및 관능적인 특성을 조사한 연구, Shin 등(2022)의 청풍 수수 품종으로 제조한 고체발효술덧과 증류주의 특성에 관한 연구가 진행되었지만 수수와 옥수수를 혼합한 발효주 제조에 관한 보고는 없는 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 국내에서 재배되는 작물인 수수와 옥수수 및 쌀을 이용하여 발효주를 제조하고 수수와 옥수수의 혼합 비율별 양조한 발효주의 품질 특성을 비교 분석하여 양조 적성을 검토하고 향후 발효주 및 고량주 제조에 과학적인 기반이 되고자한다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 연구에 사용한 수수는 충북 제천시에서 2021년에 재배한 청풍 수수를 시험 주재료로 사용하였으며, 쌀은 2022년 수확한 청원생명쌀(청원생명농협쌀조합공동사업법인, Cheongju, Korea)을 구입하여 사용하였다. 옥수수는 2021년 충북 괴산군에서 수확한 대학찰옥수수를 사용하였다. 발효주 양조에 사용한 효모는 송천효모(松泉醱酵, Cheongyang, Korea)를 사용하였으며, 당화를 위한 발효제는 곡자(누룩)인 소울곡(농업법인(주)송학곡자, Gwangju, Korea)을 구매하여 사용하였다.

2. 옥수수 혼합 수수 발효주의 제조

쌀은 흐르는 물에 깨끗한 물이 나올 때까지 세척한 후에 1시간 동안 물에 침지한 후, 1시간 동안 물을 빼고 찜기에서 1시간 동안 증자하였다. 증자한 고두밥은 넓게 펴서 식힌 후 사용하였다. 찌쌀의 무게를 기준으로 소울곡은 25%를 첨가하고, 물은 1.5배로 넣어주었다. 효모는 찌쌀 기준으로 0.8% (W/W)를 활성화한 다음 첨가하였다. 온도는 25℃를 유지하여 3일간 발효하였고, 1단 담금 후 3일 후에 2단 담금을 실시하였다. 1단 담금은 대조구와 실험구의 차이없이 모든 재료를 동일시하여 제조하였으나, 2단 담금은 수수와 옥수수의 함량에 따라 아무것도 첨가하지 않은 대조구(A), 수수 100% 첨가구(B), 수수 75%, 옥수수 25% 첨가구(C), 수수 50%, 옥수수 50% 첨가구(D), 수수 25%, 옥수수 75% 첨가구(E)로 수수와 옥수수의 혼합 비율을 달리하여 제조하였다. 수수와 옥수수는 흐르는 물에 씻어 상태가 좋지 않은 것을 제외하고, 24시간 수침한 후 1시간 동안 물을 빼고 찜기에서 1시간 동안 증자한 후 사용하였다. 2단 담금은 소울곡을 첨가하지 않고, 효모를 찌쌀, 찌수수, 찌옥수수 기준으로 0.8%(W/W)를 활성화하여 첨가하였다. 25℃에서 12일 동안 발효하면서 3일 간격으로 시료를 채취하여 분석시료로 사용하였다. 분석시료는 6,000 rpm에서 10분간 원심분리(SUPRA 22k, Hanil Science Industrial Co., Ltd, Korea)하여 상등액을 사용하였고, 당도와 알코올 함량을 제외한 모든 분석법에 대하여 3 반복 측정하였다.

3. 품질 분석

1) pH, 총산, 당도

발효주의 pH는 pH meter(Sartorius, Goettingen, Germany)를 이용하여 측정하였고, 총산은 시료 10 mL에 1% phenolphthalein 2-3방울 넣고 0.1 N NaOH를 가하여 pH 8.2가 되는 시점을 종말점으로 적정한 다음에 0.1 N NaOH의 소비된 양

으로부터 젖산으로 환산하여 분석하였으며, 당도(°Brix)는 디지털당도계(PAL-1, Atago, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다(Yoon 등 2017).

2) 알코올 함량

알코올 함량은 국제청주류분석법(NTSTSI 1999)의 증류법으로 측정하였다. 즉, 발효주 100 mL를 취하여 증류수 100 mL를 혼합한 후 증류하여 증류액이 70 mL가 되면 증류를 중지하고, 여기에 증류수를 이용해 100 mL로 정용한 다음 증류액의 온도가 10~15°C가 되도록 냉각시키고 주정계를 사용하여 측정하여 주정분 온도 환산표에 대입하여 알코올 함량을 나타내었다.

3) 색도

발효주의 색도는 색도색차계(CM-3500d, Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 각각의 시료 15 mL를 담아 3회 측정된 값의 평균값으로 나타내었으며, 표준백색판의 색도는 $L=96.89$, $a=-0.07$, $b=-0.18$ 이었다. 명도는 L 값(lightness), 적색도는 a 값(redness), 황색도는 b 값(yellowness)으로 비교하였다.

4) 환원당 함량

환원당 함량 분석은 dinitrosalicylic acid(DNS)법(Luchsinger & Cornesky 1962)을 변형하여 사용하였다. 시료 200 μ L에 DNS 시약 400 μ L를 넣고 끓는 물에서 5분간 중탕 후 1 mL의 증류수를 혼합하고 원심분리하여 상등액을 분광광도계(Carry UV-Vis spectrophotometer, Agilent Technologies, Santa Clara CA, USA)를 이용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 환원당 정량은 glucose(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 표준물질로 하여 위의 방법과 동일하게 실험하여 작성한 표준곡선으로부터 환산하였다.

4. 기능성 성분 및 항산화 활성 분석

1) 총 폴리페놀 함량

발효주의 총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu phenol reagent를 이용하여 청색으로 발색되는 원리로 분석하였다. 즉, 시료 50 μ L에 2% Na_2CO_3 1 mL를 혼합하여 3분 방치하고, 50% Folin-Ciocalteu's phenol reagent(Sigma-Aldrich) 50 μ L를 혼합하여 1시간 반응시킨 후 750 nm에서 흡광도 값을 측정하였다. 표준물질 gallic acid(Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였고, 시료의 총 폴리페놀 함량은 mg gallic acid equivalent (GAE)/g(dry basis)로 나타내었다(Amerine & Ough 1980).

2) 총 플라보노이드 함량

발효주의 총 플라보노이드 함량은 colorimetric의 방법 Zhuang 등(1992)을 변형하여 실험을 진행하였다. 즉, 200 μ L의 시료 용액 또는 Rutin을 4 mL의 diethylene glycol 및 600 μ L의 1 N NaOH와 혼합하여 실험을 진행하였다. 37°C에서 60 min 반응시킨 후 각 반응 혼합물의 흡광도를 420 nm에서 측정하였다. 총 플라보노이드 함량은 Rutin의 검량선에 기초하여 시료 g당 Rutin equivalent mg으로 나타내었다.

3) 탄닌 함량

발효주의 탄닌 함량은 Duval & Shetty(2001)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 발효주를 여과하여 10배 희석한 시료 1 mL에 95% ethanol 1 mL와 증류수 1 mL를 가하여 진탕하고, 5% Na_2CO_3 용액 1 mL와 1 N Folin-Ciocalteu's re-agent(Sigma-Aldrich Co.) 0.5 mL를 첨가한 후 실온에서 60분간 발색시킨 다음 725 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 탄닌 함량은 tannic acid(Sigma-Aldrich Co.)를 이용한 표준곡선으로 양을 환산하였다.

4) ABTS 라디칼 소거능 분석

발효주의 항산화 활성을 확인하기 위해 라디칼 소거능을 분석하였다. 먼저, ABTS 라디칼 소거능은 ABTS(2,2'-azino-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) 7.4 mM ABTS(Sigma-Aldrich Co.)와 2.6 mM potassium persulfate을 하룻동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이 용액을 735 nm에서 흡광도가 1.4~1.5가 되도록 증류수로 희석하여 희석된 ABTS 용액 1 mL에 추출한 시료 50 μ L를 가하여 30분간 반응시킨 후 흡광도를 측정하였다. ABTS 라디칼의 소거능은 시료 첨가구와 시료를 첨가하지 않은 대조구의 흡광도를 백분율로 나타내었다(Re 등 1999).

5) DPPH 라디칼 소거능 분석

DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 라디칼 소거능은 0.4 mM DPPH(Sigma-Aldrich Co.) 용액을 흡광도 값이 1.3~1.4가 되도록 희석한 후 추출물 0.2 mL에 DPPH 용액 0.8 mL를 가한 후 실온에서 30분간 방치한 후 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여능은 시료 첨가구와 비첨가구(대조구)의 흡광도 차이를 백분율(%)로 나타내었다(Choi 등 2003).

5. 통계분석

모든 분석은 3번 반복 실시하였으며 실험 결과의 통계 분석은 SPSS(Statistical Package for the Social Science, Ver 12.0 SPSS Inc., Chicago, USA) 통계프로그램을 이용하여 평균과 표준편차를 구하였고 Duncan's multiple range test로 시료간의 유의적인 차이를 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 수수 및 옥수수 첨가 비율을 달리한 발효주의 발효 기간별 일반 품질 특성

수수 및 옥수수의 첨가 비율을 달리하여 제조한 발효주의 일반 품질 특성을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 일반 품질 특성으로는 pH, 당도, 총산 및 알코올 함량을 분석하였으며 발효가 완료된 이후 시료의 환원당 함량을 비교 분석하였다. 먼저 pH는 3.83~4.64로 분석되어 대조구에서 가장 높은 것으로 나타났고, 옥수수 첨가 시료보다는 수수 100% 발효주에서 가장 높았으며 발효 기간에 따른 차이는 발효 초반에 약간 감소하다가 일정해지는 경향을 나타내었는데 이는 Lee 등(2008)의 연구에서도 참나리 구근을 이용한 발효주에서 pH가 발효 초기에는 감소하다가 이후부터는 큰 변화 없이 완만하게 진행된다고 보고한 경향과 유사하였으며 알코올 발효 시 pH의 감소는 효모의 알코올 발효를 안정적으로 하게 하며, 세균의 증식을 억제시키는 등 발효에 크게 영향을 미치는 것으로 보고되었다(Kim & Yi 2010).

발효주의 총산 함량은 발효과정 중에 생성되어지는 유기, 탄산 및 산성 아미노산 등의 산성 물질의 함량을 나타내는 지표이며 향기성분과 더불어 발효주의 맛과 풍미를 결정하는 중요한 요소이다(Song 등 2006). 옥수수 및 수수 첨가 비율을 달리한 발효주의 발효 기간별 총산 분석 결과 발효가 진행되면서 증가하여 발효 12일차 시료에서는 0.30~0.63%로

분석되었는데, 이는 Kim 등(1996)의 전통주의 발효특성 연구에 의하면 전통발효주의 경우 pH 3.4 정도와 약 0.54%의 산도를 보이는 것으로 보고하였는데 본 연구에서는 수수만으로 양조한 B와 수수 75%와 옥수수 25%를 혼합하여 양조한 C가 가장 유사한 값을 나타내었다.

발효가 진행되면서 처리구별 발효주의 알코올 함량은 11.6~15.5%으로 분석되어 모두 원활하게 발효가 진행되는 것으로 나타났다. 당도(가용성 고형분 함량)는 2단 담금 직후에 급격히 증가하다가 완만해지는 경향을 나타내었는데 이는 탄수화물이 당으로 전환되면서 당도가 높아지는 것으로 판단되며(Lee 등 2004), Kim 등(2011)의 설기떡을 이용한 흑미들 막걸리 발효 중 당도는 발효 1일째까지 급속히 증가한 후 발효 중기까지 서서히 증가한다고 본 연구결과 유사하였고, 12일차 시료에서는 8.30~9.90 °Brix로 나타났고 이때의 환원당 함량 분석 결과 대조구에서 0.48%로 나타나 유의적으로 가장 높게 분석되었고, 수수 및 옥수수 첨가 시료에서는 0.17~0.20%로 분석되었다(Fig. 1). 환원당은 알코올 발효의 기질로 이용되며, 감미도에 영향을 주는 중요한 성분(Park & Lee 2002)으로 알려져 향후 발효주의 관능적인 부분과 동반한 비교 평가가 이루어져야할 것으로 판단된다.

2. 수수 및 옥수수 첨가 비율을 달리한 발효주의 발효 기간별 색도

수수 및 옥수수의 첨가 비율을 달리하여 제조한 발효주의

Table 1. Chemical characteristics of fermentation periods in Korean traditional wines with different amounts of sorghum and corn^{1),2)}

Fermentation periods (day)	pH					Total acidity (% w/v)					Soluble solid (°Brix)					Alcohol contents (%)				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
0	4.64±0.00 ^{Aa}	4.56±0.01 ^{Ba}	4.48±0.01 ^{Ca}	4.46±0.00 ^{Da}	4.45±0.00 ^{Da}	0.12±0.00 ^{Cd}	0.19±0.01 ^{Bc}	0.22±0.01 ^{Ac}	0.21±0.00 ^{Ac}	0.22±0.01 ^{Ac}	2.80	4.20	4.40	4.00	5.10	1.9	4.7	4.6	4.5	4.9
3	4.21±0.00 ^{Ac}	4.13±0.00 ^{Cb}	4.12±0.00 ^{Db}	4.08±0.00 ^{Eb}	4.16±0.00 ^{Bb}	0.27±0.01 ^{Cbc}	0.31±0.00 ^{Bd}	0.36±0.00 ^{Ad}	0.31±0.00 ^{Bd}	0.32±0.01 ^{Bd}	8.60	6.60	7.20	6.70	7.10	12.3	10.6	11.8	10.5	11.3
6	4.30±0.01 ^{Ad}	4.06±0.00 ^{Dc}	4.09±0.00 ^{Cc}	4.01±0.00 ^{Ec}	4.13±0.00 ^{Bc}	0.25±0.02 ^{Bc}	0.38±0.01 ^{Ac}	0.39±0.01 ^{Ac}	0.38±0.01 ^{Ac}	0.39±0.00 ^{Ac}	9.30	7.40	7.70	7.50	7.80	14.6	11.7	12.2	11.9	11.8
9	4.33±0.00 ^{Ac}	3.94±0.00 ^{Cd}	3.99±0.00 ^{Bd}	3.88±0.01 ^{Dd}	3.99±0.00 ^{Bc}	0.32±0.01 ^{Ca}	0.55±0.00 ^{Bb}	0.54±0.00 ^{Bb}	0.60±0.02 ^{Ab}	0.55±0.01 ^{Bb}	10.20	8.50	8.60	8.30	8.70	16.1	12.2	12.4	11.7	12.3
12	4.39±0.00 ^{Ab}	3.89±0.00 ^{Dc}	3.95±0.00 ^{Bc}	3.83±0.00 ^{Ec}	3.93±0.00 ^{Cc}	0.30±0.01 ^{Eab}	0.57±0.00 ^{Ca}	0.56±0.00 ^{Da}	0.63±0.00 ^{Aa}	0.61±0.01 ^{Ba}	9.90	8.40	8.60	8.30	8.80	15.5	11.8	12.5	11.6	11.8

¹⁾ All values are mean±S.D. of triple determinations.

²⁾ Different capital letters in the same items indicate a significant difference ($p<0.05$) among different ratio of corn and sorghum. Different small letters in the same items indicate a significant difference ($p<0.05$) among different fermentation periods.

A, control (rice 100%); B, sorghum 100%; C, 75% sorghum and 25% corn; D, 50% sorghum and 50% corn; E, 25% sorghum and 75% corn.

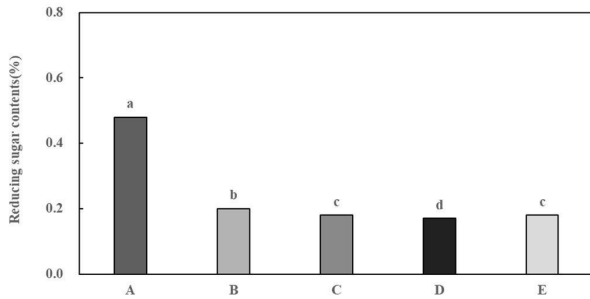


Fig. 1. Reducing sugar contents of Korean traditional wines with different amounts of sorghum and corn. A, control (rice 100%); B, sorghum 100%; C, 75% sorghum and 25% corn; D, 50% sorghum and 50% corn; E, 25% sorghum and 75% corn.

발효 기간별 색도를 비교하기 위해 Hunter L, a, b를 측정하였으며 분석 결과는 Table 2와 같다. 발효 12일차 시료에서 명도인 L값은 29.24~37.92, 적색도인 a값은 3.44~8.13, 황색도인 b값은 21.44~26.61로 분석되었다. 시료간의 차이는 명도보다는 적색도나 황색도에서 크게 나타났는데 적색도의 경우 수수 100% 발효주인 B에서 8.13으로 가장 높았고, 옥수수 첨가 비율이 증가할수록 감소하였으며 대조구인 A에서 3.44로 가장 낮았다. 황색도의 경우 옥수수 75% 및 수수 25% 발효주에서 26.61로 가장 높은 것으로 나타났는데 원료의 차이가 발효주에도 영향을 주는 것으로 나타났다. 발효가 진행되면서 특히 적색도는 증가하는 경향이 나타났는데 Park 등(2011)의 고추를 첨가한 발아현미 술의 품질특성 연구에서도 발효

기간 중 막걸리의 a값은 고추 첨가량에 따라 발효 2일째 3.1~22.0에서 발효 완료시점인 8일째 10.2~28.1로 적색도가 증가하는 경향을 나타내었으며, Ying 등(2013)의 연구에서도 팔 첨가 함량이 클수록 a값이 높은 값을 나타내었는데 이는 팔의 붉은 색소인 안토시아닌의 영향이라고 보고되었다.

3. 수수 및 옥수수 첨가 비율별 발효주의 기능성 성분 및 항산화 활성

수수 및 옥수수의 첨가 비율을 달리하여 제조한 발효주의 기능성 성분 및 항산화 활성을 분석하였다. 기능성 성분으로는 총 폴리페놀, 총 플라보노이드 및 탄닌 함량을 분석하였고, 항산화 활성은 ABTS 및 DPPH 라디칼 소거능을 분석하였다. 먼저 총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu's 방법을 이용하여 측정하였으며 분석 결과는 Fig. 2와 같으며 대조구에서 149.73 mg/100 mL로 가장 낮은 함량이 분석되었고, 수수 25% 및 옥수수 75% 발효주에서 162.64 mg/100 mL로 가장 높은 것으로 나타났다. 총 플라보노이드 함량의 경우 10.63~18.44 mg/100 mL로 대조구에서 유의적으로 가장 낮았고, 옥수수 첨가 비율이 증가하면서 증가하여 수수 25% 및 옥수수 75% 발효주에서 가장 높은 것으로 나타났다(Fig. 3). 페놀화합물은 식물계에서 널리 분포되어 있는 식물체 유래의 대사산물 중 하나로, 이들 물질은 phenolic hydroxyl기를 가지고 있어 단백질 및 기타 거대 분자들과 결합하려는 성질을 가지므로 항산화 효과 등의 생리활성을 가지며(Cai 등 2004), 플라보노이드는 페놀성 화합물로 항산화 활성과 항암작용이 잘 알려져 있다(Kim 등 2011). 탄닌은 발효주의 맛, 향기 및

Table 2. Colorimetric characteristic of fermentation periods in Korean traditional wines with different amounts of sorghum and corn^{1),2)}

Fermentation periods (day)	L (Lightness)					a (Redness)					b (Yellowness)				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
0	49.34±0.26 ^{Aa}	35.58±0.05 ^{Ac}	35.64±0.08 ^{Ac}	36.08±0.09 ^{Db}	33.78±0.05 ^{Cd}	0.31±0.01 ^{Ec}	4.23±0.02 ^{Eb}	3.95±0.01 ^{Ec}	3.32±0.02 ^{Dd}	4.39±0.01 ^{Ba}	13.48±0.03 ^{Ec}	23.14±0.01 ^{Ac}	23.63±0.02 ^{Ab}	22.89±0.04 ^{Ad}	25.53±0.04 ^{Ba}
3	33.18±0.06 ^{Dd}	33.36±0.09 ^{Dc}	30.71±0.08 ^{Dc}	41.33±0.03 ^{Aa}	40.13±0.04 ^{Ab}	4.29±0.03 ^{Ab}	6.02±0.01 ^{Da}	6.77±0.00 ^{Ca}	3.32±0.01 ^{Dbc}	3.40±0.01 ^{Cc}	26.74±0.03 ^{Aa}	16.97±0.01 ^{Cd}	18.82±0.01 ^{Dc}	14.64±0.02 ^{Ec}	18.98±0.00 ^{Eb}
6	43.20±0.04 ^{Ba}	34.98±0.07 ^{Bc}	31.93±0.07 ^{Cc}	36.46±0.05 ^{Cb}	33.52±0.04 ^{Dd}	1.24±0.02 ^{De}	6.42±0.00 ^{Cb}	7.59±0.01 ^{Ba}	4.94±0.01 ^{Cd}	5.54±0.01 ^{ABc}	21.27±0.02 ^{Db}	15.93±0.00 ^{De}	17.53±0.02 ^{Ed}	17.93±0.01 ^{Dc}	23.93±0.03 ^{Ca}
9	37.94±0.07 ^{Ca}	34.70±0.07 ^{Cc}	30.34±0.09 ^{Ec}	31.63±0.04 ^{Ed}	35.55±0.03 ^{Bb}	3.35±0.02 ^{Ce}	7.43±0.03 ^{Bb}	7.80±0.00 ^{Aa}	6.75±0.00 ^{Ac}	5.59±0.01 ^{ABd}	26.04±0.02 ^{Ba}	15.90±0.00 ^{Dd}	20.45±0.01 ^{Cc}	20.47±0.04 ^{Cc}	22.14±0.01 ^{Db}
12	37.92±0.10 ^{Ca}	29.24±0.10 ^{Ec}	32.72±0.05 ^{Bd}	36.58±0.03 ^{Bb}	32.96±0.02 ^{Ec}	3.44±0.01 ^{Be}	8.13±0.00 ^{Aa}	6.75±0.01 ^{Db}	5.12±0.02 ^{Bd}	6.08±0.00 ^{Ac}	25.05±0.02 ^{Cb}	22.11±0.03 ^{Bd}	23.30±0.01 ^{Bc}	21.44±0.02 ^{Ba}	26.61±0.04 ^{Aa}

¹⁾ All values are mean±S.D. of triple determinations.

²⁾ Different capital letters in the same items indicate a significant difference ($p<0.05$) among different ratio of corn and sorghum. Different small letters in the same items indicate a significant difference ($p<0.05$) among different fermentation periods.

A, control (rice 100%); B, sorghum 100%; C, 75% sorghum and 25% corn; D, 50% sorghum and 50% corn; E, 25% sorghum and 75% corn.

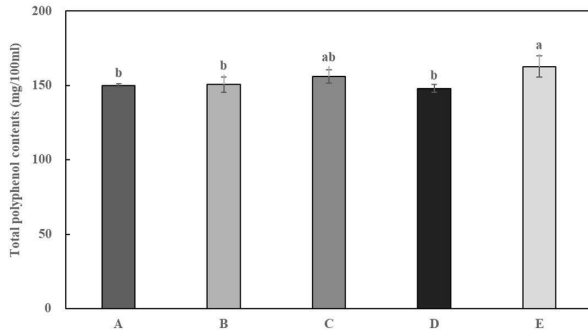


Fig. 2. Total polyphenol contents of Korean traditional wines with different amounts of sorghum and corn. A, control (rice 100%); B, sorghum 100%; C, 75% sorghum and 25% corn; D, 50% sorghum and 50% corn; E, 25% sorghum and 75% corn.

색에 깊이 관여하며 항산화 활성에 영향을 미치고 여러 가지 생리작용을 가지는 성분으로 알려져 있다(Nakagawa & Amano 1974). 분석 결과(Fig. 4), 32.56~35.17 mg%로 E처리구가 가장 높고, D처리구가 가장 낮았으며 유의적인 차이는 있었지만 수치적으로 차이는 크지 않았는데 이는 Eom 등(2015)의 팽화수수 분말을 첨가한 발효주의 품질 특성 연구에서 팽화수수 50% 및 100% 첨가하여 2단 담금한 발효주 2일차 시료에서 각각 33.44 및 37.39 mg%와 유사하였다.

시료의 항산화 활성을 분석하기 위해 ABTS 및 DPPH 라디칼 소거능을 분석하였다. 라디칼 소거능은 항산화 활성을 갖는 물질로부터 전자나 수소를 받아 환원되면서 탈색되는 원리를 이용하여 다양한 천연 소재의 항산화 활성을 측정하는데 많이 사용되는 방법이다(AOAC 1990; Jeong 등 2009).

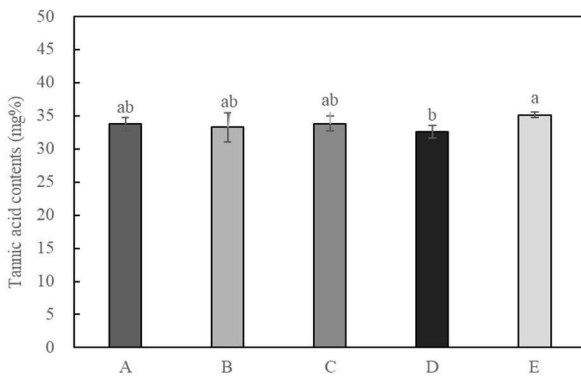


Fig. 4. Tannin contents of Korean traditional wines with different amounts of sorghum and corn. A, control (rice 100%); B, sorghum 100%; C, 75% sorghum and 25% corn; D, 50% sorghum and 50% corn; E, 25% sorghum and 75% corn.

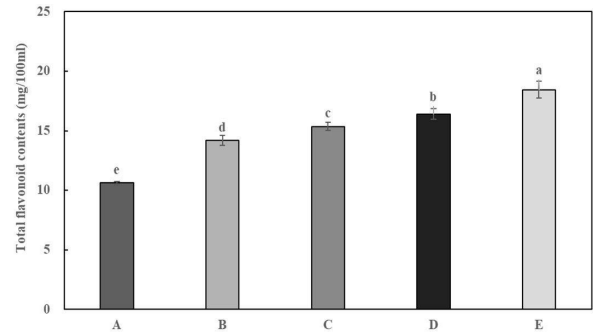


Fig. 3. Total flavonoid contents of Korean traditional wines with different amounts of sorghum and corn. A, control (rice 100%); B, sorghum 100%; C, 75% sorghum and 25% corn; D, 50% sorghum and 50% corn; E, 25% sorghum and 75% corn.

옥수수 및 수수의 첨가 비율을 달리하여 제조한 발효주의 라디칼 소거능 분석 결과는 Fig. 5 및 Fig. 6과 같다. ABTS 라디칼 소거능 분석 결과 55.51~74.57%로 대조구에서 55.51%로 가장 낮게 분석되었고 수수 25% 및 옥수수 75% 발효주에서 가장 높은 것으로 나타났는데 실험구에서의 라디칼 소거능은 71.06~74.57%로 유의적인 차이는 나타났지만 수치적으로 큰 차이는 아니었다. 옥수수에는 카로테노이드, 탄닌, 플라보노이드, 안토시아닌과 같은 다양한 페놀 계열의 화합물뿐만 아니라 비타민, 기능성 지방산 등 다양한 항산화물질을 가지고 있다(Bacchetti 등 2013)고 보고되었다. DPPH 라디칼 소거능은 15.46~36.20%로 분석되어 쌀로만 발효한 대조구보다 수수 및 옥수수 발효주에서 우수한 것으로 나타났으며 수수 75%, 옥수수 25% 비율의 발효주에서 36.20%로 가장 높았지

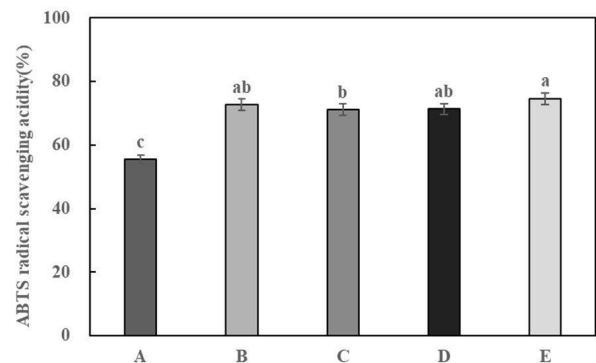


Fig. 5. ABTS free scavenging activity of Korean traditional wines with different amounts of sorghum and corn. A, control (rice 100%); B, sorghum 100%; C, 75% sorghum and 25% corn; D, 50% sorghum and 50% corn; E, 25% sorghum and 75% corn.

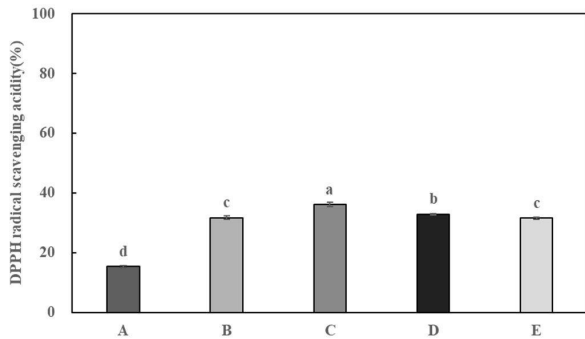


Fig. 6. DPPH free scavenging activity of Korean traditional wines with different amounts of sorghum and corn. A, control (rice 100%); B, sorghum 100%; C, 75% sorghum and 25% corn; D, 50% sorghum and 50% corn; E, 25% sorghum and 75% corn.

만 큰 차이는 아니었다. Cho 등(2016)의 연구에서도 여주 분말 함유 쌀누룩을 이용하여 제조된 막걸리의 품질 특성 및 항산화 활성을 분석한 결과 여주 분말 첨가 막걸리가 여주 분말 무첨가 막걸리보다 DPPH 라디칼 소거능이 약 1.2~1.5 배, ABTS 라디칼 소거능은 약 1.1~1.3배 및 환원력은 1.1~1.5 배 높은 것으로 보고하였다. 따라서 발효주 제조 시 기능성을 나타내는 소재를 첨가하면 일반 발효주보다 생리활성을 높일 수 있을 것으로 사료되며 본 연구에서도 향후 기능성 및 기호도에 관한 추가 실험이 필요할 것으로 판단된다.

요약 및 결론

본 연구에서는 국내에서 재배되는 수수 및 옥수수의 비율을 달리해 혼합하여 발효주를 제조한 다음 발효주의 품질 특성과 기능성 성분 및 항산화 활성을 비교하였다. 발효주 제조 방법으로 먼저, 1단 담금은 대조구와 실험구의 차이없이 모든 재료를 동일하게 제조한 다음 2단 담금에서 수수와 옥수수의 함량에 따라 아무것도 첨가하지 않은 대조구(A), 수수 100% 첨가구(B), 수수 75% 및 옥수수 25% 첨가구(C), 수수 50% 및 옥수수 50% 첨가구(D), 수수 25% 및 옥수수 75% 첨가구(E)로 수수와 옥수수의 혼합 비율을 달리하여 제조하였다. 발효주의 일반 품질 특성 분석 결과 pH는 3.83~4.64로 분석되어 대조구에서 가장 높은 것으로 나타났고, 옥수수 첨가 시료보다는 수수 100% 발효주에서 가장 높았으며 발효 기간에 따른 차이는 발효 초반에 약간 감소하다가 일정해지는 경향을 보였으며, 총산의 경우 발효가 진행되면서 증가하여 발효 12일차에 0.30~0.63%로 나타났다. 발효가 진행되면서 발효주의 알코올 함량은 11.6~15.5%, 당도는 8.30~9.90

°Brix으로 분석되었고, 환원당 함량 분석 결과 대조구에서 0.48%, 수수 및 옥수수 첨가 시료에서는 0.17~0.20%로 분석되었다. 색도의 경우 적색도는 B 처리구에서 8.13으로 가장 높았고, 옥수수 첨가 비율이 증가할수록 감소하였으며 A 처리구에서 3.44로 가장 낮았으며 황색도의 경우 수수 25% E 처리구에서 26.61로 가장 높은 것으로 나타났다. 총 폴리페놀 함량 분석 결과 A 처리구에서 149.73 mg/100 mL로 가장 낮은 함량이 분석되었고, E 처리구에서 162.64 mg/100 mL로 가장 높았고, 총 플라보노이드 함량의 경우 10.63~18.44 mg/100 mL로 A 처리구에서 유의적으로 가장 낮았고, E 처리구에서 가장 높은 것으로 나타났으며 총 플라보노이드의 경우 유사한 경향을 나타내었다. ABTS 라디칼 소거능 실험 결과 A 처리구에서 55.51%로 가장 낮게 분석되었고 E 처리구에서 가장 높은 것으로 나타났으며 DPPH 라디칼 소거능은 C 처리구에서 36.20%로 가장 높아 쌀로만 발효한 대조구보다 수수 및 옥수수 발효주에서 항산화 활성이 우수한 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 수수와 옥수수의 혼합 비율별 양조한 발효주의 품질 특성을 비교 분석하여 양조 적성을 검토하였으며 향후 양조 산업에서 다양한 활용이 가능할 것이다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(주관과제명: 고체발효 활용 고향기 증류주 제조기술 개발, 과제번호: PJ015294)의 지원에 의한 것으로, 이에 감사드립니다.

References

- Amerine MA, Ough CS. 1980. Methods for Analysis of Musts and Wine. pp.176-180. John Wiley & Sons
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. pp.31-32. Association of Official Analytical Chemists
- Bacchetti T, Masciangelo S, Micheletti A, Ferretti G. 2013. Carotenoids, phenolic compounds and antioxidant capacity of five local Italian corn (*Zea mays* L.) kernels. *J Nutr Food Sci* 3:237
- Cai Y, Luo Q, Sun M, Corke H. 2004. Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. *Life Sci* 74:2157-2184
- Chae KY, Hong JS. 2006. Quality characteristics of sulgidduk with different amounts of waxy sorghum flour. *Korean J Food Cookery Sci* 22:363-369
- Cho KM, Hwang CE, Ahn MJ, Lee HY, Joo OS. 2016. Quality

- characteristics and antioxidant activities of makgeolli prepared using rice nuruk containing bitter melon (*Momordica charantia*). *Korean J Food Preserv* 23:259-266
- Cho KM, Hwang CE, Lee HY, Ahn MJ, Joo OS. 2016. Quality characteristics and antioxidant activities of makgeolli prepared using rice nuruk containing bitter melon (*Momordica charantia*). *Korean J. Food Preserv* 23:259-266
- Choi Y, Kim M, Shin JJ, Park JM, Lee J. 2003. The antioxidant activities of the some commercial teas. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32:723-727
- Duval B, Shetty K. 2001. The stimulation of phenolics and antioxidant activity in pea (*Pisum sativum*) elicited by genetically transformed anise root extract. *J Food Biochem* 25:361-377
- Eom HJ, Jeong YJ, Lee AR, Noh JG, Kim YG, Choi SY, Han NS, Yoon HS. 2015. Quality characteristics of Korean traditional wines with puffed sorghum. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44:1219-1225
- Ha YD, Lee SP. 2001. Characteristics of proteins in Italian millet, sorghum and common millet. *Korean J Postharvest Sci Technol* 8:187-192
- Jeong HS, Han JG, Ha JH, Kim Y, Oh SH, Kim SS, Jeong MH, Choi GP, Park UY, Lee HY. 2009. Antioxidant activities and skin-whitening effects of nano-encapsuled water extract from *Rubus coreanus* Miquel. *Korean J Med Crop Sci* 17: 83-89
- Jeong ST, Kwak HJ, Kim SM. 2013. Quality characteristics and biogenic amine production of makgeolli brewed with commercial nuruks. *Korean J Food Sci Technol* 45:727-734
- Ju MN, Hong SW, Kim KT, Yum SK, Kim GW, Chung KS. 2009. Preparation of Korean traditional alcoholic beverage (yakju) by a protoplast fusion yeast strain utilizing starch and its quality characteristics. *Korean J Food Sci Technol* 41:541-546
- Kim GM, Jung WJ, Shin JH, Kang MJ, Sung NJ. 2011. Preparation and quality characteristics of makgeolli made with black garlic extract and sulgidduk. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:759-766
- Kim IH, Park WS, Koo YJ. 1996. Comparison of fermentation characteristics of Korean traditional alcoholic beverage with different input step and treatment of rice and nuruk (Korean-style bran koji). *Korean J Diet Cult* 11:339-348
- Kim JH, Cho HD, Hong SM, Lee JH, Lee YS, Kim DH, Seo KI. 2016. Antioxidant and antiproliferating effects of *Setaria italica*, *Panicum miliaceum* and *Sorghum bicolor* extracts on prostate cancer cell lines. *Korean J Food Preserv* 23: 1033-1041
- Kim JH, Jeong SC, Kim NM, Lee JS. 2003. Effect of Indian millet koji and legumes on the quality and angiotensin I converting enzyme inhibitory activity of Korean traditional rice wine. *Korean J Food Sci Technol* 35: 733-737
- Kim JH, Lee SH, Kim NM, Choi SY, Yoo JY, Lee JS. 2000. Manufacture and physiological functionality of Korean traditional liquor by using dandelion (*Taraxacum platycarpum*). *Korean J Appl Microbiol Biotechnol* 28:367-371
- Kim JH, Lee SY, Kim KBWR, Song EJ, Kim AR, Kim MJ, Ji KW, Ahn IS, Ahn DH. 2007a. Effects of *Glycyrrhiza uralensis*, *Menthae herba*, *Schizandra chinensis* and chitosan on the shelf-life and quality of takju. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36:1436-1443
- Kim JY, Sung KW, Bae HW, Yi YH. 2007b. pH, acidity, color, reducing sugar, total sugar, alcohol and organoleptic characteristics of puffed rice powder added takju during fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 39:266-271
- Kim JY, Yi YH. 2010. pH, acidity, color, amino acids, reducing sugars, total sugars, and alcohol in puffed millet powder containing millet takju during fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 42:727-732
- Kim TY. 1997. Brewing property of Korean traditional wine and nuruk. *Korean J Microbiol Biotechnol* 10: 17-26
- Lee DJ, Choi SM, Lim ST. 2016. Effect of hydrothermal and enzymatic treatments on the physicochemical properties of waxy maize flour. *Korean J Food Sci Technol* 48:165-171
- Lee KS, Kim GH, Kim HH, Lee CG, Lee JY, Lee HD, Oh MJ. 2008. Manufacture and physiological functionality of Korean traditional alcoholic beverage by using lily (*Lilium lancifolium*) scales. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37:598-604
- Lee SH, Park HJ, Han GJ, Cho SM, Rhie SG. 2004. A study of the nutritional composition of the dandelion by part (*Taraxacum officinale*). *Korean J Community Living Sci* 15:57-61
- Lee TS, Choi JY. 1998. Volatile flavor components in takju fermented with mashed glutinous rice and barley rice. *Korean J Food Sci Technol* 30:638-643
- Lee TS, Park CS. 2002. Quality characteristics of takju prepared by wheat flour nuruks. *Korean J Food Sci Technol* 34: 296-302
- Luchsinger WW, Cornesky RA. 1962. Reducing power by the

- dinitrosalicylic acid method. *Anal Biochem* 4:346-347
- Min YK, Jeong HS. 1995. Manufacture of some Korean medicinal herb liquors by soaking. *Korean J Food Sci Technol* 27: 210-215
- Nakagawa M, Amano I. 1974. Evaluation method of green tea grade by nitrogen analysis. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 21:57-63
- National Tax Service Technical Service Institute [NTSTSI]. 1999. Alcoholic Liquors Analytical Rule. pp.37-38. National Tax Service Technical Service Institute. National Tax Service Ordinance No. 1367
- Park CS, Lee TS. 2002. Quality characteristics of takju prepared by wheat flour nuruks. *Korean J Food Sci Technol* 34: 296-302
- Park IB, Park BS, Chung ST. 2003. Brewing and functional characteristics of hongkukju prepared with various hongkuks. *Korean J Food Sci Technol* 35: 943-950
- Park CY, Song SB, Lee JS, Jeong GY. 2011. Planting techniques upland crop. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries. pp 92-95. Rural Development Administration (RDA)
- 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
- Rhee SJ, Lee JCY, Kim KK, Lee CH. 2003. Comparison of the traditional (*samhaeju*) and industrial (*chongju*) rice wine brewing in Korea. *Food Sci Biotechnol* 12:242-247
- Seo SB, Han SM, Kim JH, Kim NM, Lee JS. 2001. Manufacture and physiological functionality of wines and liquors by using plum (*Prunus salicina*). *Korean J Biotechnol Bioeng* 16:153-157
- Shin JY, Kang HY, Lim BR, Choi HS. 2022. Characteristics of solid-state fermentation mash and distilled liquor prepared using sorghum variety 'Chengpung'. *J East Asian Soc Diet Life* 32:46-52
- So MH, Lee YS, Han SH, Noh WS. 1999. Analysis of major flavor compounds in takju mash brewed with a modified nuruk. *Korean J Food Nutr* 12:421-426
- Song JC, Park HJ, Shin WC. 2006. Suppression of solid matters precipitation of Takju and its quality improvement by carrageenan. *Korean J Food Nutr* 19:288-295
- Woo KS, Lee JS, Ko JY, Song SB, Oh BG, Kang JR, Nam MH, Ryu IS, Seo MC. 2010a. Physicochemical characteristics of Korean traditional wine fermented from foxtail millet (*Setaria italica* Beauvius) and nuruk at different addition rates. *Korean J Food Sci Technol* 42:298-303
- Woo SM, Shin JS, Seong JH, Yeo SH, Choi JH, Kim TY, Jeong YJ. 2010b. Quality characteristics of brown rice takju by different nuruks. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:301-307
- Yoon HS, Jeong C, Park H, Park JM, Choi W, Kim S. 2017. Aroma and quality characteristics of Cheongporang white wines using grapes at different stages of ripening. *Korean J Food Nutr* 30:813-822
- Ying C, Hwang J, Chang YH. 2013. Quality characteristics of *makeolli* added with red bean. *Korean J Food Cookery Sci* 29:777-784
- Yun GS, Lee JW, Hwang SG, Kim IJ, Hong ST, Choe ME, Choi GH, Kim YS, Kim HS. 2019. 'Cheongpung' - early maturing sorghum (*Sorghum bicolor* L.) variety with high yield and machine harvesting-adaptability. *Korean J Breed Sci* 51:434-439
- Zhuang XP, Lu YY, Yang GS. 1992. Extraction and determination of flavonoid in ginkgo. *Chin Herb Med* 23:122-124

Received 23 August, 2022
 Revised 29 September, 2022
 Accepted 11 October, 2022