

팽화수수 분말을 첨가한 발효주의 품질 특성

엄현주¹ · 정연정¹ · 이아름¹ · 노재관¹ · 김이기¹ · 최송이² · 한남수³ · 윤향식¹

¹충청북도농업기술원

²농촌진흥청 국립농업과학원

³충북대학교 식품생명공학과

Quality Characteristics of Korean Traditional Wines with Puffed Sorghum

Hyun-Ju Eom¹, Yeon Jeong Jeong¹, A Reum Lee¹, Jae-Gwan Noh¹, Yee Gi Kim¹,
Song Yi Choi², Nam Soo Han³, and Hyang-Sik Yoon¹

¹Chungcheongbukdo Agricultural Research and Extension Services

²Department of Agro-food Resources, NAAS, RDA

³Department of Food Science and Biotechnology, Chungbuk National University

ABSTRACT This study was carried out to compare quality characteristics and physiological activities of Korean traditional wines fermented by addition of puffed sorghum powder. Using a two-step brewing process for fermented wines, pH, acidity, ethanol, color, tannin, α -glucosidase activities, antioxidant, and reducing sugar levels as well as sensory evaluation were measured during fermentation at 2-day intervals until day 8. The pH levels of fermented wines ranged from 4.07 to 5.53, and acidity ranged from 0.13 to 0.86. On the last day of fermentation, alcohol contents of control, raw sorghum, steamed sorghum, and 25, 50%, and 100% puffed sorghum were 16.8%, 11.7%, 13.4%, 16.5%, 15.2%, and 16.4%, respectively. The reducing sugar and α -glucosidase activities of puffed sorghum fermented wines were relatively higher than those of the control group, whereas those of steamed sorghum were lowest. As puffed sorghum powder content increased, antioxidant activity significantly increased. In the results of the sensory evaluation, overall preference of 50% puffed sorghum fermented wines was highest among the samples. The results of this study show that physiological activity and quality characteristics of fermented wines containing puffed sorghum powder contribute to value added improvement of sorghum processing.

Key words: puffed processing, sorghum, Korean fermentation wine, α -glucosidase inhibition activity

서 론

수수(sorghum, *Sorghum bicolor* L. Moench)는 벼목 벼과에 속하는 한해살이 화본과 식물로 중요한 잡곡 중 하나이며(1,2), 메마르거나 습한 땅에서도 잘 자라지만 건조한 열대 아프리카에서 가장 많이 재배되고 있다(3). 한의약에서는 체온유지, 위장보호 소화촉진 및 해독작용 등 여러 가지 기능을 한다고 알려져 있다(4). 또한 수수에 함유되어 있는 페놀화합물은 강한 항돌연변이원성의 활성(5)이 있는 것으로 보고되고 있으며, 수수 추출물은 강력한 항산화 활성을 나타내는 것으로 알려져 있다(6). 그 외에 수수의 기능성에 대한 연구로는 25종의 수수를 메탄올 추출하여 순차적 용매 분획 후 항산화 및 항균 활성을 검정한 연구(7), 수수 안토시아닌의 항산화 활성을 측정하는 연구(8), 수수에 함유되어 있는

페놀산, 플라보노이드, 탄닌 등의 페놀성분에 대한 연구 보고(9)가 있다. 이렇듯 많은 연구에서 수수의 생리활성에 관한 연구는 활발히 진행되는데 비해 수수를 가공 처리한 전후의 생리활성과 품질 특성에 관한 연구는 미비한 실정이다.

팽화는 짧은 시간에 높은 온도를 처리함으로써 식품 중에 존재하는 전분의 호화, 단백질의 변성 및 조직화, 지질의 산패 등을 유발시키는 효소의 불활성화, 자연 발생적인 유해물질의 파괴, 원료성분의 탈취 및 변형과 같은 다양한 품질 변화를 일으킨다(10). 특히 곡류를 팽화시키면 조직의 팽창과 전분의 호화를 비롯한 성분의 변화로 인해 맛과 조직감이 향상되므로 여러 가지 식품의 가공에 팽화 공정이 적용되고 있다(10). 본 연구진은 다양한 잡곡류 등을 팽화 처리한 과정을 제조하여 가공 전후의 혈당강하능, 항산화 활성 등 생리활성을 비교하였을 경우 수수가 팽화하기 전후의 생리활성이 가장 적게 감소함을 발견하였다(11).

최근 웰빙(well-being) 트렌드와 함께 장년층뿐만 아니라 청년층에서도 막걸리를 비롯한 발효주에 관심이 커지고 있는 실정이며, 한류 영향으로 막걸리 등 전통주에 대한 수

Received 14 April 2015; Accepted 13 July 2015

Corresponding author: Hyang-Sik Yoon, Chungcheongbukdo Agricultural Research and Extension Services, Chungbuk 28130, Korea
E-mail: aroma67@korea.kr, Phone: +82-43-220-5875

출이 증대하고 있다. 이렇듯 전통주의 지속적인 국내외의 시장 확대를 위해서는 새로운 천연 식물성 소재를 활용하여 영양성분과 기능성이 강화되고, 저장 중의 안정성도 확보되는 제조방법의 개발이 절실히 요구되고 있다(12). 지금까지 발효주 제조 시 다래(13), 복분자(14) 및 오미자(15) 등 다양한 과실류를 첨가한 발효주, 조(16)나 기장(17) 등 곡류를 첨가한 발효주 등 다양한 연구가 진행되었지만, 팽화한 수수를 첨가한 보고는 없는 실정이다. 따라서 본 연구는 혈당강하능 등 기능성이 우수한 팽화수수 분말을 첨가한 발효주를 제조하고 그 품질 특성, 생리활성 및 기호도 등을 측정함으로써 새로운 발효주의 소개와 아울러 수수의 다양한 활용가능성에 대한 기초 자료를 제시하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에 사용된 수수는 오창 농협 차수수(2014년)를 구입하였고, 백미(추청벼)는 증평 장뜰쌀을 구입하였으며, 당화를 위한 발효제는 한국효소 주식회사(Hwasung, Korea)의 Bio누룩을 사용하였다. 발효주 제조 전 시료인 수수의 수분 함량은 분쇄하지 않고 곡물/중자 수분측정기(GMK-303F, G-won Hitech, Seoul, Korea)로 측정하였으며, 시료의 수분 함량은 증류수를 분무하여 수분 함량을 18%로 조절한 다음 밀봉하여 10°C에서 15시간 동안 수분을 평형화시킨 후, 팽화기에 그대로 넣어 팽화하였다. 팽화성형기는 (주)텔리스(Seongnam, Korea)에서 제작한 즉석팽화기(DDP-1)를 사용하였고 팽화판은 직경이 4.5 cm인 원형을 사용하였으며, 운전조건은 예비실험을 통하여 가열온도 235°C에서 제조하였다(11). 팽화과자 제조 시 수분은 고온고압의 팽화과정 중 증기로 변환하게 되고 이를 원동력으로 곡류 낱알은 팽화된다. 팽화과자를 분쇄하여 분말로 만든 다음 발효주의 원료로 사용하였다.

팽화수수 첨가 발효주의 제조

발효주 제조는 2단 담금 방법을 이용하였다. 먼저 1단 담금은 생쌀을 세척하여 2시간 수침 후 체에 담아 1시간 동안 물을 뺀 다음 고두밥(1시간 증자)을 제조한 뒤 30분 정도 식혔다. 생쌀 무게를 기준으로 누룩은 2%, 효모는 0.8%를 각각 정량한 후 따뜻한 물을 100 mL 첨가하여 30분 정도 방치해서 활성화시켰다. 알코올로 깨끗이 소독한 술병에 충분히 식힌 고두밥을 넣은 후 전처리한 효모와 누룩을 넣고, 물은 쌀 양의 150%를 넣고 잘 저어주었다. 끓어오름을 방지하기 위하여 비닐로 밀봉한 발효용기의 윗부분을 소량 열어 두고 25°C에서 48시간 발효시켰다. 48시간 발효 후 2단 담금을 실시하는데 2단 담금은 1단 담금과 같은 방법으로 쌀을 증자한 후 물과 누룩을 첨가하여 1단 담금 한 밀술에 첨가했다. 이때 2단 담금 시 효모를 첨가하지 않고 쌀과 누룩, 물의 양은 1단 담금 양의 두 배로 하였다. 팽화수수 첨가 발효주는

1단 담금 후 분쇄한 팽화수수 가루를 2단 담금 쌀 양에 대비해 25%, 50% 그리고 100%를 혼합하여 6일 더 발효하였고, 생쌀 100%를 대조구로 하여 생수수 분쇄 가루 100%, 분쇄 후 증자한 수수 100%를 첨가한 발효주를 함께 제조하여 평가하였다. 발효과정 중 이화학적, 생리활성 실험은 8,000 rpm에서 10분간 원심분리 한 후 여과하여 시료로 사용하였다.

pH 및 총산 측정

발효과정 중의 발효주를 48시간 간격으로 채취하여 pH는 pH meter(Sartorius, Goettingen, Germany)를 이용하여 측정하였고, 총산은 시료 10 mL를 0.1 N NaOH로 pH 8.2가 될 때까지 적정하여 소비된 mL 수와 acetic acid에 상당하는 유기산 계수를 이용하여 총산으로 환산하여 나타내었다.

알코올

팽화수수 발효주의 알코올 농도는 국제청주류분석법의 증류법(18)에 의해 측정하였다. 500 mL 삼각플라스크에 100 mL 시료와 100 mL 증류수를 넣고 증류시킨 후 약 80 mL 정도를 증류한 다음 증류수를 가하여 최종 용량이 100 mL가 되도록 조절한 후 15°C가 되면 주정계를 넣어 알코올을 정량하였다.

환원당

팽화수수 발효주의 환원당은 dinitrosalicylic acid(DNS)법을 사용하였다. 2 mL eppendorf tube에 50배 희석한 시료 200 µL와 DNS 용액 400 µL를 첨가 후 vortex 하였다. 이 시료를 원심분리 한 뒤 5분간 끓는 물에 중탕한 후 증류수 1 mL를 첨가하였다. 다시 혼합 후 원심분리 하여 분광광도계(Cary UV-Vis spectrophotometer, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)를 이용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 미리 측정된 glucose standard curve를 이용하여 환원당 함량(%)을 계산하였다.

항산화 활성

팽화수수 발효주의 항산화 활성은 전자공여능으로 측정하였으며, 여과한 시료 0.2 mL에 0.4 mM DPPH 용액 0.8 mL를 가한 후 vortex mixer로 10초간 진탕하고 실온에서 10분간 방치 후 분광광도계를 사용하여 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여 효과는 시료 첨가구와 시료를 첨가하지 않은 경우의 흡광도를 백분율로 나타내었다(19).

탄닌 함량

팽화수수 발효주의 탄닌 함량은 Duval과 Shetty(20)의 방법에 따라 측정하였다. 여과하여 10배 희석한 시료 1 mL에 95% ethanol 1 mL와 증류수 1 mL를 가하여 잘 흔들여 주고 5% Na₂CO₃ 용액 1 mL와 1 N-Folin-Ciocalteu's reagent(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 0.5 mL를 가한 후 실온에서 60분간 발색시킨 다음 725 nm에서 흡광

도를 측정하였으며, 총 탄닌 함량은 tannic acid(Sigma-Aldrich Co.)를 이용한 표준곡선으로 양을 환산하였다.

혈당강하능

팽화수수 발효주의 α-glucosidase 저해 활성은 Tibbot와 Skadsen(21)의 방법을 참고하여 측정하였다. 1.5 mM p-nitrophenol-α-D-glucopyranoside(pNPG, Sigma-Aldrich Co.) 50 μL와 3.5 unit/mL α-glucosidase 효소액 100 μL를 혼합하고, 대조구에는 증류수 50 μL와 처리구에는 여과한 시료 50 μL를 넣어 발색시켰다. 이때 생성된 p-nitrophenol(pNP)은 405 nm에서 분광광도계로 흡광도를 측정하여 대조구에 대한 흡광도 감소 정도를 백분율로 표현하였다.

색도

팽화수수 발효주의 색도 측정은 색도색차계(CM-3500d, Minolta, Tokyo, Japan)를 사용하여 3회 측정값의 평균값으로 나타내어 명도는 L값(lightness), 적색도는 a값(red-ness), 황색도는 b값(yellowness)을 비교하였고, 표준백판의 값은 L=96.89, a=-0.07, b=-0.18이었다.

관능검사 및 통계분석

관능검사는 충북농업기술원 직원 및 연구원 20명을 대상으로 발효주의 색, 향, 단맛, 신맛, 쓴맛, 진반적인 기호도를 1점에서 9점까지 9단계 기호도 척도법으로 실시하였다. 시험 결과는 통계 package window용 SAS v 8.1(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 사용하여 분산분석 하였으며, 시료 간 차이의 유무는 Duncan's multiple range test를 사용하여 비교·분석하였다.

결과 및 고찰

팽화수수 발효주의 pH와 총산 변화

팽화수수 분말의 첨가량에 따른 발효주의 pH 측정 결과는 Fig. 1과 같다. 발효주의 1단 담금 후 pH는 5.53이었고 2단 담금 후 최종 pH가 4.56~5.14로 대부분 낮아졌다. 쌀로만 담근 대조구의 pH는 4.56이고, 팽화수수 분말을 첨가할 경우는 분말의 함량이 늘어날수록 약간 높게 나타났다. 이는 팽화미분 첨가량에 따른 탁주 연구와 유사한 형태를 보였다(22). 총산은 발효주의 특유한 신맛에 영향을 주는 요인이며 동시에 산패를 판정하는 기본 요소가 된다(23). 팽화수수 분말을 첨가한 발효주의 발효기간에 따른 총산 함량은 Fig. 2와 같다. 대조구는 초기 총산 0.29%에서 0.47%까지 증가하였으며 나머지 실험구에서는 조금 더 많은 산을 생성하여 0.53~0.56%까지 총산이 증가하였다. 팽화수수를 첨가하여 제조한 발효주(팽화수수 25%, 50%, 100%)의 경우는 그 차이가 크지 않았고, 생수수를 분쇄하여 제조한 발효주가 가장 높은 산도를 보였다. 발효 중 총산의 경우는 논문마다 다양

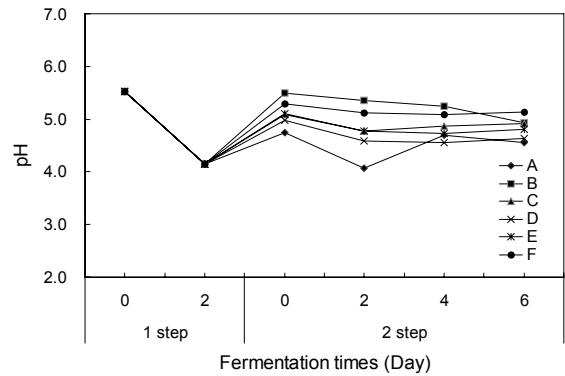


Fig. 1. Changes of pH of rice wines by raw sorghum 100%, steamed sorghum 100%, and puffed sorghum 25%, 50%, 100% during fermentation. Samples are the same as Table 1.

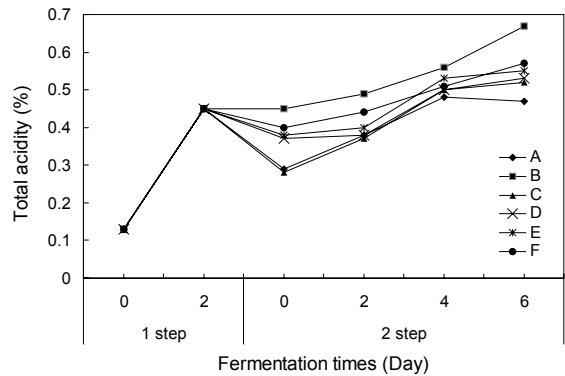


Fig. 2. Changes of total acidity of rice wines by raw sorghum 100%, steamed sorghum 100%, and puffed sorghum 25%, 50%, 100% during fermentation. Samples are the same as Table 1.

한 결과를 보여주는데, 블루베리 막걸리(24), 유자즙(25), 자색고구마(26) 관련 막걸리에서는 최대 1% 총산이 생성된 것을 볼 수 있었다. 이는 발효제의 차이, 원료성분의 차이 등의 원인에 의하여 총산의 함량이 차이가 날 수 있으나 너무 과한 총산은 산패로 간주될 수 있으므로 과발효가 진행되기 전에 발효를 중단하는 것이 좋다(27).

환원당

환원당은 알코올 발효의 기질로 이용되며 감미도에 영향을 줄 뿐만 아니라 산미, 감칠맛과 같은 품질에 영향을 준다(28). 팽화수수 분말 첨가 발효주의 환원당 분석 결과는 Table 1에 나타내었다. 발효주의 환원당 함량은 증가한 수수와 팽화수수의 발효 초기 11~17%였고, 대조구에 비해 4배 이상 높은 값이었다. 이러한 결과는 팽화수수가 더 넓은 표면적을 가지므로 더 쉽게 효소작용을 받았기 때문으로 보이며(29), 팽화로 인해 수용성 당분이 증가하는 것에 기인한다(30). 아울러 증가한 경우도 팽화와 유사한 경향성을 나타냈지만 발효가 진행되면서 잔존하는 환원당이 가장 적게 남아 2단 담금 6일째에는 0.27%였고, 팽화수수 분말을 첨가한 실험구에서는 5~7% 환원당이 잔존하였다. 아울러 팽화미

Table 1. Changes of reducing sugar contents of rice wines by raw sorghum 100%, steamed sorghum 100%, and puffed sorghum 25%, 50%, 100% during fermentation (%)

Sample ¹⁾	1 step 0 day	1 step 2 day	2 step 0 day	2 step 2 day	2 step 4 day	2 step 6 day
A	2.04±0.01	3.65±0.03	3.46±0.02 ²⁾	5.05±0.07 ^b	3.30±0.10 ^d	3.39±0.08 ^d
B			2.23±0.06 ^f	0.32±0.03 ^d	1.52±0.03 ^e	2.45±0.06 ^e
C			12.11±0.24 ^c	2.03±0.05 ^c	0.25±0.02 ^f	0.27±0.02 ^f
D			11.57±0.25 ^d	7.84±0.21 ^a	5.69±0.04 ^b	5.45±0.03 ^c
E			12.92±0.27 ^b	8.16±1.16 ^a	6.06±0.03 ^a	6.50±0.09 ^a
F			16.79±0.17 ^a	8.59±0.23 ^a	5.54±0.03 ^c	5.70±0.02 ^b

¹⁾A, rice 100%; B, raw sorghum 100%; C, steamed sorghum 100%; D, puffed sorghum 25%; E, puffed sorghum 50%; F, puffed sorghum 100%.

²⁾Means with different letters (a-f) within a column are significantly different.

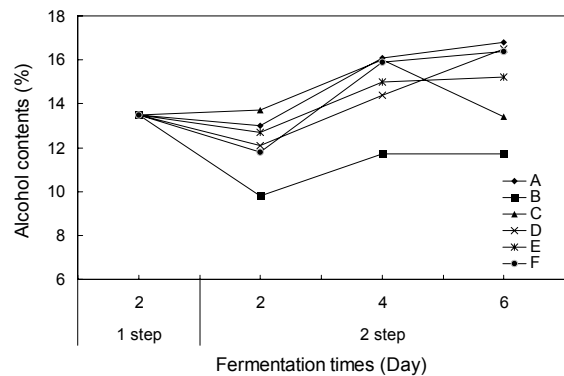
분(22)과 팽화차조(29)를 첨가한 막걸리의 환원당의 결과에서는 발효 초기에는 팽화분말의 첨가량이 증가할수록 환원당의 함량이 유의적으로 증가하였고, 발효 2~3일째에는 모두 급격히 감소하여 대조구와 팽화분말 첨가구 모두 1% 미만의 환원당이 존재했다고 보고했지만, 팽화수수를 첨가한 본 연구에서는 발효 6일이 지나도 많은 양의 환원당이 잔존하여 기존의 연구와는 조금 상이한 결과를 나타내었다. 이는 앞에서도 설명하였듯이 팽화에 의해 처음부터 다량의 환원당이 존재하였고, 발효 6일 동안 다량의 환원당이 미생물에 의해 다 소비되지 못한 결과로 보인다.

알코올 농도 변화

발효주 제조 과정 중 알코올 농도 변화는 Fig. 3과 같다. 1단 담금 후의 알코올 농도는 13.5%였고, 2단 담금 단계에서 추가적으로 물과 다른 원료들이 포함되어 알코올 농도가 약간 낮아지는 경향을 보였다. 2단 담금 6일 후에는 대조구인 쌀만을 이용한 발효주는 최종적으로 알코올 농도 16.8%였고, 팽화수수 분말 25%와 100%를 첨가한 발효주는 대조구와 비슷하게 16.5%와 16.4%의 알코올 농도가 나타났다. 그러나 생수수를 이용한 발효주는 다른 시료들에 비해 알코올 농도가 11.7%로 가장 낮은 수치를 나타냈다. 이는 생수수의 경우 미생물이 잘 이용할 수 있는 당질의 함량이 찌거나 팽화한 것에 비해 낮기 때문인 것으로 생각되며, 이는 앞의 환원당 결과와 일치한다.

색도

발효주의 색도 결과는 Table 2와 같다. 발효주의 색도를 분석한 결과 명도를 나타내는 L값은 생수수 100% 발효주가 15.14로 가장 높게 나타났으며 대조구는 5.38로 가장 명도

**Fig. 3.** Changes of alcohol contents of rice wines by raw sorghum 100%, steamed sorghum 100%, and puffed sorghum 25%, 50%, 100% during fermentation. Samples are the same as Table 1.

가 낮았다. 적색도를 나타내는 a값 역시 생수수 100% 발효주에서 0.30으로 가장 높은 적색도를 보였으며, 다른 시료에서는 비슷한 값으로 나타났다. 황색도인 b값은 팽화수수 첨가량이 증가할수록 황색도가 감소하였다.

항산화성

발효주의 DPPH에 의한 전자공여능의 변화 결과를 Fig. 4에 나타냈다. 대조구에 비해 수수를 첨가한 발효주의 항산화능이 높았으며, 대조구 13.06%에 비해 생수수는 61.09%, 증자수수는 50.39%로 높았고 팽화수수의 양을 첨가할수록 25%, 50%, 100%에서 각각 43.90%, 63.85%, 82.67%로 항산화능이 증가하였다. 팽화수수 분말 100%는 발효 진행에 관계없이 높은 값이 나왔다. DPPH 라디칼 등의 소거 활성은 페놀류 등의 물질에 기인하여 항산화 활성을 나타내는 것으로 볼 때(31), 수수가 항산화 활성이 높은 것도 이에

Table 2. Colorimetric characteristics of fermentation wines with rice 100%, raw sorghum 100%, steamed sorghum 100%, puffed sorghum 25%, 50%, 100%

	A ¹⁾	B	C	D	E	F
L value	5.38±0.04 ²⁾	15.14±0.05 ^a	8.88±0.18 ^d	10.32±0.16 ^c	11.33±0.19 ^b	7.75±0.09 ^e
a value	-0.33±0.04 ^{bc}	0.30±0.04 ^a	-0.30±0.04 ^b	-0.45±0.03 ^{de}	-0.49±0.06 ^e	-0.39±0.05 ^{cd}
b value	-1.18±0.08 ^a	-1.26±0.03 ^{abc}	-1.46±0.17 ^c	-1.40±0.11 ^{bc}	-1.35±0.09 ^{abc}	-1.24±0.08 ^{ab}

¹⁾Samples are the same as Table 1.

²⁾Means with different letters (a-f) in the same row are significantly different.

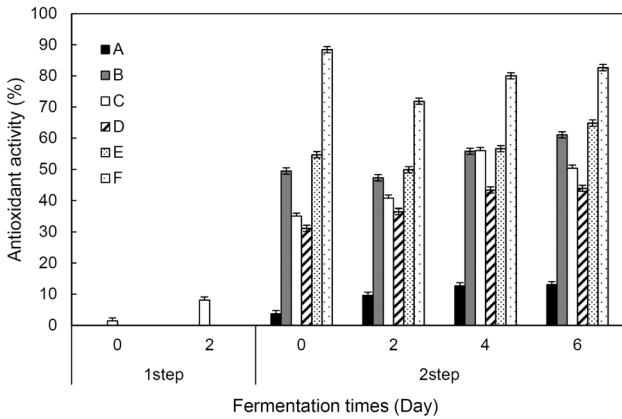


Fig. 4. Changes of DPPH radical scavenging activity of rice wines by raw sorghum 100%, steamed sorghum 100%, and puffed sorghum 25%, 50%, 100% during fermentation. Samples are the same as Table 1.

함유된 총 폴리페놀 등의 항산화 성분 함량에 기인된 것으로 보인다. Kim 등(32)의 연구에서 수수는 총 페놀과 플라보노이드의 함량이 높다고 하였고, Kwak 등(33)의 연구에서도 메밀, 기장, 율무보다 수수의 플라보노이드 함량이 높다고 보고하였다. 따라서 수수의 항산화 활성이 높은 것은 총 플라보노이드, 폴리페놀, 탄닌 등의 항산화 성분 함량에 기인된 것으로 판단되며, 특히 100% 수수를 첨가할 때 생수나 전수수의 형태보다는 팽화하였을 때 가장 높은 항산화 활성이 발효주에 남아있었다(11).

탄닌 함량

수수에 많이 함유되어 있다고 알려져 있는 탄닌은 발효주의 맛, 향기 및 색에 깊이 관여하며 항산화 활성에 영향을 미치고 여러 가지 생리작용을 가지는 성분으로 알려져 있다(34). 팽화수수 분말을 첨가하여 제조한 발효주의 탄닌 함량은 Table 3에 나타냈다. 발효 초기에 증자수수 100%가 48.96%로 가장 높았고 팽화수수 첨가량이 많을수록 탄닌산의 함량은 낮았다. 하지만 발효가 진행되면서 탄닌산의 함량은 증가하여 팽화수수 25%에서 65.05%까지 증가하여 가장 높은 값을 나타내었다. 발효 종료 후 팽화수수 첨가량에 따른 유의적인 차이는 없었다.

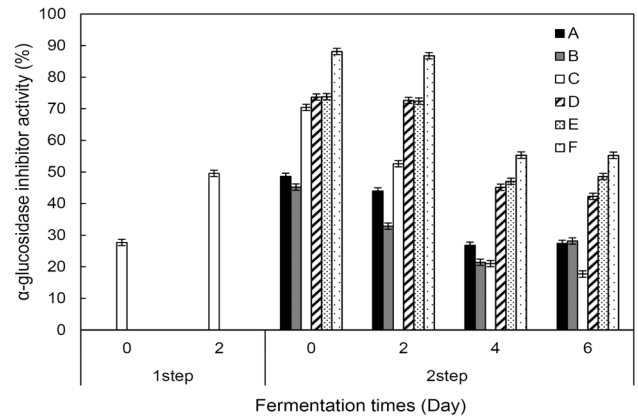


Fig. 5. Changes of alpha-glucosidase inhibitor activity of rice wines by raw sorghum 100%, steamed sorghum 100%, and puffed sorghum 25%, 50%, 100% during fermentation. Samples are the same as Table 1.

alpha-Glucosidase 저해 활성

수수는 alpha-glucosidase를 저해하는 능력이 뛰어난 것으로 알려져 있고(35), 본 연구진들이 다양한 잡곡류를 가지고 실험하였을 때 수수를 팽화한 것이 팽화 전후의 alpha-glucosidase 저해능이 높은 것으로 확인하였다(11). 팽화수수 발효주의 경우는 팽화수수를 첨가한 초기에는 혈당강화능이 첨가량에 비례하여 증가하며 대조구와 비교했을 때 73.71~88.12%로 높은 값을 나타내었다(Fig. 5). 그러나 발효가 진행되면서 전 시료의 alpha-glucosidase 저해 활성은 감소하는데, 발효가 끝난 후 혈당강화능을 비교한 결과 대조구는 27.39%이고 팽화수수를 100% 첨가한 발효주는 55.28%로 약 2배의 차이가 나는 것을 알 수 있었다. 또한 증자한 수수를 첨가한 발효주 역시 17.71%로 혈당강화능이 거의 남아있지 않았고, 생수수 발효주에 비해서도 팽화 처리한 수수를 첨가한 발효주가 약 2배가량 높은 혈당강화능을 보였다. 따라서 증자한 수수나 생수수의 발효주보다 팽화수수를 이용하여 발효주를 제조하는 것이 우수한 혈당강화능을 나타낸다고 볼 수 있다.

관능검사

팽화수수 발효주의 관능평가는 9점 평점법으로 실시하였고, 그 결과는 Table 4와 같이 나타냈다. 발효주 색의 경우는 생수수와 증자한 수수에서 가장 높았고, 단맛은 팽화수수

Table 3. Changes of tannic acid contents of rice wines by raw sorghum 100%, steamed sorghum 100%, and puffed sorghum 25%, 50%, 100% during fermentation

Samples ¹⁾	1 step 0 day	1 step 2 day	2 step 0 day	2 step 2 day	2 step 4 day	2 step 6 day
A	41.28±0.51	48.07±1.26	11.33±2.14 ²⁾	33.45±1.66 ^c	41.68±0.96 ^c	55.98±1.34 ^{cd}
B			43.17±0.79 ^b	54.88±2.22 ^a	56.96±3.91 ^{ab}	57.60±3.57 ^{bc}
C			48.49±1.48 ^a	57.15±4.44 ^a	59.31±4.06 ^a	65.05±2.57 ^a
D			45.96±2.97 ^{ab}	47.08±2.01 ^b	51.20±4.25 ^b	65.74±4.99 ^a
E			29.00±2.50 ^c	33.44±1.32 ^c	51.20±4.25 ^b	50.90±2.42 ^d
F			22.58±3.60 ^d	37.39±2.51 ^c	52.65±1.52 ^b	62.73±3.75 ^{ab}

¹⁾Samples are the same as Table 1.

²⁾Means with different letters (a-e) within a column are significantly different.

Table 4. Sensory evaluation of fermentation wines with rice 100%, raw sorghum 100%, steamed sorghum 100%, puffed sorghum 25, 50, 100%

Sample ¹⁾	Color	Flavor	Sweet	Sour	Bitter	Overall acceptance
A	6.13±1.25 ^{b2)}	5.00±1.51 ^c	4.37±1.92 ^c	5.00±1.85 ^c	6.13±1.25 ^a	4.50±1.77 ^d
B	7.00±0.53 ^a	5.63±1.85 ^b	4.75±2.19 ^b	5.38±1.92 ^c	6.00±1.31 ^a	4.75±1.98 ^c
C	6.75±1.28 ^a	5.87±1.46 ^b	4.13±2.10 ^d	4.63±1.92 ^d	5.25±2.05 ^c	4.63±1.19 ^c
D	5.38±1.19 ^c	6.13±1.64 ^a	5.50±2.07 ^a	5.75±1.58 ^b	5.75±1.39 ^b	5.50±2.07 ^a
E	5.00±1.07 ^c	6.38±1.77 ^a	5.38±1.85 ^a	6.13±0.99 ^a	6.00±1.07 ^a	5.75±1.04 ^a
F	4.75±0.71 ^d	5.75±2.12 ^b	5.38±2.39 ^a	5.88±1.96 ^a	5.88±2.10 ^a	5.34±2.45 ^b

¹⁾Samples are the same as Table 1.

²⁾Means with different letters (a-d) within a column are significantly different.

를 첨가한 발효주 3가지에서 가장 좋은 것으로 평가되었다. 향의 경우는 팽화수수 분말 25%와 50% 첨가한 발효주가 유의적으로 좋은 것으로 나타났다. 또한 신맛, 쓴맛의 경우 팽화수수 50%와 100% 첨가한 발효주가 가장 높게 평가되었고, 전반적인 기호도는 팽화수수 분말 25%와 50%에서 가장 기호도가 높게 나타났다. 생수수나 증자수수를 이용한 발효주는 팽화수수 분말을 첨가한 발효주에 비해 색을 제외하고 거의 모든 요소에서 낮은 기호도로 평가되었다. 이런 결과는 환원당과 알코올 함량을 나타낸 위의 결과에서 기인된 것으로 증자한 수수를 넣은 발효주의 경우는 잔존하는 당의 함량이 거의 없는 대신 알코올 함량은 높아 단맛, 쓴맛 및 전반적인 기호도가 낮게 나타났다. 결과적으로 수수를 팽화 처리하여 첨가한 발효주가 생수수나 증자수수를 첨가한 것에 비해 생리활성뿐만 아니라 기호적인 면에서도 우수하다는 것을 알 수 있었다.

요 약

본 연구는 생리활성이 풍부하여 기능성은 있으나 대중화되지 않은 팽화수수를 발효주 제조 시 첨가하여 이화학적, 생리활성 및 관능적인 특성을 조사하였다. 발효주 제조 결과 pH는 발효가 일어나는 동안 약간 낮아지는 경향을 나타내었다. 총산은 pH 감소 양상과 유사하게 발효가 진행될수록 증가하는 것으로 나타났다. 발효주의 환원당 측정 결과 팽화수수 첨가량에 따라 초기 환원당은 높았으나 발효가 진행되면서 감소하며 비슷하였고, 대조구보다 약간 높은 값을 나타내었다. 특히 증자한 수수를 첨가한 발효주는 발효 마지막 날 환원당이 거의 존재하지 않았다. 발효주의 알코올 농도 변화는 대조구 16.8%와 비슷하게 나타나 팽화수수 25%에서 16.5%로 나타났다. 팽화수수 첨가량에 따른 유의적인 차이는 없었다. 발효주의 색도를 분석한 결과 명도의 경우 생수수 첨가 발효주가 가장 높은 L값을 나타냈고, 반면에 대조구에서 가장 낮은 값을 나타냈다. 항산화 활성 분석 결과 수수를 첨가한 발효주가 대조구에 비해 약 4배 이상 우수한 결과를 나타냈고, 팽화수수의 첨가량이 증가할수록 항산화능도 우수하였다. 발효주의 혈당강하능 또한 대조구 27.39%에 비해 팽화수수를 첨가한 발효주가 42.30~55.28%로 높았고, 팽화수수 첨가량이 많을수록 혈당강하능이 높다는 결과

를 얻었다. 마지막으로 발효주의 관능평가 결과 팽화수수 25%와 50%를 첨가한 발효주가 전체적인 기호도면에서 가장 우수한 결과를 나타내었다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명 : 팽화수수 가공품 현장실용화 및 체험 상품 개발, 과제번호: PJ00998404)의 지원에 의해 이루어진 것임.

REFERENCES

- Kim KO, Kim HS, Ryu HS. 2006. Effect of *Sorghum bicolor* L. Moench (sorghum, su-su) water extracts on mouse immune cell activation. *J Korean Diet Assoc* 12: 82-88.
- Woo KS, Ko JY, Seo MC, Song SB, Oh BG, Lee JS, Kang JR, Nam MH. 2009. Physicochemical characteristics of the tofu (soybean curd) added sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 1746-1752.
- Chang HG, Park YS. 2005. Effects of waxy and normal sorghum flours on sponge cake properties. *Food Eng Prog* 9: 199-207.
- Ryu HS, Kim J, Kim HS. 2006. Enhancing effect of *Sorghum bicolor* L. Moench (sorghum, su-su) extracts on mouse spleen and macrophage cell activation. *Korean J Food & Nutr* 19: 176-182.
- Grimmer HR, Parbhoo V, McGrath RM. 1992. Antimutagenicity of polyphenol-rich fraction from *Sorghum bicolor* grain. *J Sci Food Agric* 59: 251-256.
- Woo KS, Seo MC, Kang JR, Ko JY, Song SB, Lee JS, Oh BG, Park GD, Lee YH, Nam MH, Jeong HS. 2010. Antioxidant compounds and antioxidant activities of the methanolic extracts from milling fractions of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1695-1699.
- Kil HY, Seong ES, Ghimire BK, Chung IM, Kwon SS, Goh EJ, Heo K, Kim MJ, Lim JD, Lee D, Yu CY. 2009. Antioxidant and antimicrobial activities of crude sorghum extract. *Food Chem* 115: 1234-1239.
- Awika JM, Rooney LW, Waniska RD. 2004. Anthocyanins from black sorghum and their antioxidant properties. *Food Chem* 90: 293-301.
- Dykes L, Rooney LW. 2006. Sorghum and millet phenols and antioxidants. *J Cereal Sci* 44: 236-251.
- Han CK, Hong HD, Kim YC, Kim SS, Sim GS. 2007. Effect of puffing on quality characteristics of red ginseng tail root. *J Ginseng Res* 31: 147-153.

11. Yoon HS, Yu R, Noh JG, Kim YG, Kim SH, Choi SY, Han NS, Eom HJ. 2014. A comparative study on the physiological activities of puffed snack using miscellaneous cereals and grain crops. *Korean J Food & Nutr* 27: 962-970.
12. Kim DW, Min YS. 2013. A new method of sorghum *Makgeolli*. *Korea Patent* 10-2013-0077470.
13. Woo SM, Choi IW, Jeong YJ. 2006. Effect of kiwi wine and kiwi liqueur on sensory characteristics as cooking alcohol. *Korean J Food Preserv* 13: 519-523.
14. Choi HS, Kim MK, Park HS, Kim YS, Shin DH. 2006. Alcoholic fermentation of *Bokbunja* (*Rubus coreanus* Miq.) wine. *Korean J Food Sci Technol* 38: 543-547.
15. Jeong ST, Kong MH, Yeo SW, Choi JH, Choi HS, Han GJ. 2010. Studies on the mixture wine processing using omija and pear. *J East Asian Soc Dietary Life* 20: 896-902.
16. Woo KS, Lee JS, Ko JY, Song SB, Oh BG, Kang JR, Nam MH, Ryu IS, Seo MC. 2010. Physicochemical characteristics of Korean traditional wine fermented from foxtail millet (*Setaria italica* Beauvios) and nuruk at different addition rates. *Korean J Food Sci Technol* 42: 298-303.
17. Woo KS, Song SB, Lee JS, Ko JY, Kang JR, Oh BG, Nam MH, Ryu IS, Seo MC. 2010. Physicochemical characteristics of Korean traditional wine made from proso millet (*Panicum millaceum* L.) at different addition rates with two kinds of nuruk. *Korean J Crop Sci* 55: 119-125.
18. NTSTSI. 1999. *Alcoholic liquors analytical rule: National tax service technical service instructions*. National Tax Service Technical Service Institute, Seoul, Korea. p 37-38.
19. Blios MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 81: 1199-1200.
20. 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.
21. Tibbot BK, Skadsen RW. 1996. Molecular cloning and characterization of a gibberellin-inducible, putative alpha-glucosidase gene from barley. *Plant Mol Biol* 30: 229-241.
22. Kim JY, Yi YH. 2008. pH, acidity, color, reducing sugar, total sugar, alcohol and organoleptic characteristics of puffed rice powder added wheat flour takju during fermentation. *Food Eng Prog* 12: 71-77.
23. Jeong JW, Park KJ, Kim MH, Kim DS. 2006. Quality characteristics of *takju* fermentation by addition of chestnut peel powder. *Korean J Food Preserv* 13: 329-336.
24. Jeon MH, Lee WJ. 2011. Characteristics of blueberry added *Makgeolli*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 444-449.
25. Yang HS, Eun JB. 2011. 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.
26. Cho HK, Lee JY, Seo WT, Kim MK, Cho KM. 2012. Quality characteristics and antioxidant effects during *makgeolli* fermentation by purple sweet potato-rice nuruk. *Korean J Food Sci Technol* 44: 728-735.
27. Kim GW, Kim JH, Noh BS, Ahn BH, Yeo SH, Cho HC. 2012. *Makgeolli and yakju: science and application*. Soohaksa, Seoul, Korea. p 226-232.
28. Lee SM, Lee TS. 2000. Effect of roasted rice and defatted soybean on the quality characteristics of *Takju* during fermentation. *J Nat Sci* 12: 71-79.
29. 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.
30. Kim ZW. 1991. *New agrotechny*. Mun Un dang, Seoul, Korea. p 36-37.
31. Kang YH, Park YK, Lee GD. 1996. The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. *Korean J Food Sci Technol* 28: 232-239.
32. Kim HY, Ko JY, Kim JI, Jung TW, Yun HT, Oh IS, Jeong HS, Woo KS. 2013. Quality and antioxidant activity of wet noodles supplemented with non-glutinous sorghum powder. *Korean J Food Sci Technol* 45: 521-525.
33. Kwak CS, Lim SJ, Kim SA, Park SC, Lee MS. 2004. Antioxidative and antimutagenic effects of Korean buckwheat, sorghum, millet and job's tears. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 921-929.
34. Nakagawa M, Amano I. 1974. Evaluation method of green tea grade by nitrogen analysis. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 21: 57-63.
35. Sa YJ, Kim JS, Kim MO, Jeong HJ, Yu CY, Park DS, Kim MJ. 2010. Comparative study of electron donating ability, reducing power, antimicrobial activity and inhibition of α -glucosidase by *Sorghum bicolor* extracts. *Korean J Food Sci Technol* 42: 598-604.