

팥 육성계통에 대한 발효음료의 품질 및 항산화 특성

우관식^{1*}, 송석보², 고지연², 김미정¹, 김현주¹, 심은영¹, 이춘기¹, 전용희¹

¹농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부, ²농촌진흥청 국립식량과학원 남부작물부

Quality and Antioxidant Characteristics of Fermented Beverages from Adzuki Beans (*Vigna angularis* var. *nipponensis*) Derived from Different Breeding Lines that had been Fermented for Varying Lengths of Time

Woo, K. S.^{1*}, S. B. Song², J. Y. Ko², M. J. Kim¹, H. J. Kim¹, E. Y. Sim¹, C. K. Lee¹ and Y. H. Jeon¹

¹Department of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon, Gyeonggi 16429, Korea

²Department of Southern Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Miryang, Gyeongnam 50424, Korea

*Corresponding author: Woo, K. S. (E-mail: wooks@korea.kr)

ABSTRACT

Received: 4 April 2017

Revised: 17 May 2017

Accepted: 1 June 2017

This study compared the quality and antioxidant characteristics of fermented beverages made from adzuki beans (*Vigna angularis* var. *nipponensis*) derived from different breeding lines and had been fermented for varying lengths of time. Overall, the brix degrees of adzuki bean fermented beverages increased with fermentation time. There were significant differences in turbidity, L-, a-, and b-values among the treatment groups ($p < 0.05$). The total polyphenol and flavonoid contents were high in Miryang 20 (MY20) after fermentation for 24 hours, MY10 after 48 hours, and MY2 after 72 hours. DPPH radical scavenging activities in samples fermented for 24, 48, and 72 hours were 0.09-1.42, 0.23-1.74, and 0.15-1.75 mg TE/mL per sample, respectively. ABTS radical scavenging activities were 0.09-4.74-8.50, 3.87-9.96, and 3.42-8.3 mg TE/mL per sample, respectively. Finally, the results showed that it is possible to manufacture adzuki bean fermented beverages with enhanced functionality, and sensory quality.

Keywords: Adzuki bean (*Vigna angularis* var. *nipponensis*), Antioxidant characteristic, Fermented beverage, Quality characteristic

서론

팥(Adzuki bean, *Vigna angularis* var. *nipponensis*)은 우리나라에서 콩 다음으로 중요한 두류작물로 콩에 비해 수량은 낮으나, 기후 및 토양에 적응성이 양호하여 작부체계에 유용하게 이용될 수 있으며, 생태형, 초형, 개화일수, 엽



형 및 종피색 등에 의해 분류된다(Rho et al., 2003). 단백질과 지방질 함량이 낮고 탄수화물이 높은 두류로 구성성분의 대부분은 전분으로 이루어져 있으며(Koh et al., 1997), 보통 밥밀용으로 이용되며, 팔죽이나 떡, 빵, 과자 등의 속 재료 뿐만 아니라 양금과 양갱, 빙과제조용으로도 많이 이용되고 있다(Kim et al., 2003). 비타민 B1이 풍부하여 쌀에 혼반할 경우 쌀밥에 부족하기 쉬운 비타민을 공급하여 주며, 각기병뿐만 아니라 피로회복에도 효과가 있다(Chang et al., 1968). 단백질의 대부분은 글리시닌이고 발린을 제외한 필수아미노산이 풍부하며, 특히 쌀의 제한아미노산인 라이신 함량이 높아 혼식하면 아미노산 보족효과로 단백질의 질을 향상시켜 준다(Woo et al., 2010). 팔 단백질에 대한 연구로는 팔 단백질을 분리하여 유화특성을 보고한 연구(Kim et al., 1990)와 글로불린의 유동특성(Meng and Ma, 2001a) 및 열적특성(Meng and Ma, 2001b) 등에 대한 연구가 보고되어 있다. 팔 껍질의 색소는 anthocyanin계의 cyanidin으로 알려져 있으며(Yoshida et al., 1996; Koide et al., 1997), 팔의 수화속도에 대한 연구(Abu-Ghannam, 1998), 국산과 중국산 팔 전분의 이화학적 특성에 대한 연구(Kim et al., 2003) 등이 있다.

전통 발효음료 중 대표적인 식혜는 우리 민족만의 고유한 전통 음료 중에서도 명절, 제례를 비롯한 대소연회 및 일상식의 후식으로의 이용이 가장 많은 음료이다. 기본적으로 찹쌀밥 혹은 맵쌀밥에 엿기름가루를 우려 낸 물을 섞어 엿기름 중의 맥아 효소로 쌀 전분을 분해시켜 삭힌 후 밥알은 건져 냉수에서 밥알의 전분질을 완전히 용출시켜 비중을 가볍게 하여 건져두고 설탕, 꿀, 생강 등의 기호식품을 넣고 끓여 식힌 후 건져 둔 밥알을 띄워 만든다. 식혜는 쌀의 전분을 맥아효소(β -아밀라제)로 당화시킨 당류(maltose)를 주성분으로 하기 때문에 독특한 풍미를 지닌다(Kim et al., 2007). 한의학적으로 성질이 달고 따뜻한 맥아로 만들어져 소화불량, 복부팽만, 식욕부진, 구토, 설사를 치료하는 정장작용의 효과가 높은 음료이다(Ahn, 1998). 식혜의 열량 또는 단맛 제공의 제한된 식품영양학적 가치에 부가하여, 전통음료인 식혜의 보급화, 고급화, 다양화 등을 위해 생리활성 물질이 강화된 식혜 개발의 필요성이 대두되고 있다(Park, 2006).

따라서 본 연구에서는 국내에서 개발된 팔 계통의 이용성 증진을 위해 다양한 종피색의 우수한 팔 품종과 유망한 계통에 대해 식혜 제조방법에 준하여 발효음료를 제조하여 품질 및 향산화특성을 분석하였다.

재료 및 방법

시험재료 및 팔 발효음료 제조

본 연구에 사용된 팔은 국립식량과학원 기능성작물부에서 2013년 생산된 밀양1호(cv. Miryang 1, MY1)부터 밀양24호(cv. Miryang 24, MY24)까지를 사용하였으며, 충주팔(Chungju-pat, CJP)을 대조구로 사용하였다. 밀양1호, 2호, 5호, 6호, 7호, 8호, 9호, 11호, 14호, 15호, 17호, 18호, 21호, 22호, 23호 및 충주팔의 종피색은 붉은색이며, 밀양3호는 잉크색, 밀양4호 및 16호는 황갈색, 밀양10호는 검정색, 밀양12호 및 20호는 짙은 황백색, 밀양19호 및 24호는 옅은 황백색, 밀양13호는 녹색의 종피색을 띤다. 발효음료 제조를 위한 엿기름은 시중에 유통되고 있는 제품(대맥 70%, 소맥 30% 함유)을 구입하여 사용하였으며, 엿기름 중량의 10배량 물을 3등분하고 여기에 1등분의 물에 엿기름을 넣어 1차 추출하고 여과한 후 다시 물을 첨가해 3회 추출하였다. 엿기름 추출액을 4°C의 냉장고에 12시간 방치 후 윗물만을 취하여 식혜 제조에 사용하였다. 계통별 팔 200 g 취하여 흐르는 물에 5회 세척한 후 1시간 동안 침지하고 5분간 탈수하였다. 여기에 물 400 mL를 첨가하여 2시간 동안 삶고 식힌 후 엿기름 추출물 1,000 mL를 첨가하여 60°C에서 24, 48 및 72시간 동안 당화시켜 팔 발효음료를 제조하였다.

계통별 팥 발효음료의 품질특성 조사

제조된 팥 발효음료의 당도는 굴절당도계(Master-2T, Atago Co., Ltd., Tokyo, Japan)로 측정하여 °Bx로 표시하였으며, 탁도는 Ryu et al. (2008)의 방법에 따라 UV/Visible Spectrophotometer(Cary 3E, Varian Inc., Palo Alto, CA, USA)를 이용하여 600 nm에서 투과도를 측정하였다. 색도는 색차계(CM-3500d, Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 명암도를 나타내는 L값(lightness), 적색도의 정도를 나타내는 a값(redness), 황색도의 정도를 나타내는 b값(yellowness)으로 나타내었으며(Bae et al., 2001), 이때 사용된 표준 백판의 L값은 98.9, a값은 -0.1, b값은 -0.36이었다.

팥 발효음료의 페놀 화합물 함량 분석

팥 발효음료의 페놀 화합물 함량 및 radical 소거활성 분석을 위하여 팥 발효음료를 0.45 µm syringe filter(Millipore, Billerica, MA, USA)로 여과하여 -20°C 냉동고에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다. 팥 발효음료에 대한 총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu phenol reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다(Dewanto et al., 2002). 시료 50 µL에 2% Na₂CO₃ 용액 1 mL를 가한 후 3분간 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 50 µL를 가하였다. 30분 후, 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였고, 표준물질인 gallic acid(Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였고, 시료 mL당 µg gallic acid equivalent(GAE, dry basis)로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 Dewanto et al. (2002)의 방법에 따라 시료 250 µL에 증류수 1 mL와 5% NaNO₂ 75 µL를 가한 다음, 5분 후 10% AlCl₃ 6H₂O 150 µL를 가하여 6분 방치하고 1 N NaOH 500 µL를 가하였다. 11분 후, 반응액의 흡광도 값을 510 nm에서 측정하였다. 표준물질인 (+)-catechin(Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였고, 시료 mL당 µg catechin equivalent(CE, dry basis)로 나타내었다.

팥 발효음료의 DPPH 및 ABTS radical 소거활성 검정

팥 발효음료에 대한 radical 소거활성은 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, Sigma-Aldrich) 및 ABTS(2,2'-azino-bis-3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid, Sigma-Aldrich) radical 소거활성을 측정하였다(Choi et al., 2006). DPPH radical 소거활성은 0.2 mM DPPH용액(99.9% ethanol에 용해) 0.8 mL에 시료 0.2 mL를 첨가한 후 520 nm에서 정확히 30분 후에 흡광도 감소치를 측정하였다. ABTS radical 소거활성은 ABTS 7.4 mM과 potassium persulphate 2.6 mM을 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4-1.5가 되도록 몰 흡광계수($\epsilon = 3.6 \times 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$)를 이용하여 메탄올로 희석하였다. 희석된 ABTS용액 1 mL에 시료 50 µL를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 30분 후에 측정하였다. DPPH 및 ABTS radical의 소거활성은 시료 100 mL당 mg TE(Trolox equivalent antioxidant capacity)로 표현하였다.

통계분석

모든 데이터는 3회 반복 측정하였으며, 통계분석은 SAS version 9.2(statistical analysis system, SAS Institute, Cary, NC, USA) program을 이용하여 각 측정 군의 평균과 표준편차를 산출하고 Duncan's multiple range test를 이용하여 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

계통별 팔 발효음료의 품질특성

계통별 팔을 식혜 제조방법에 준하여 발효음료를 제조하고 발효시간에 따른 당도 및 탁도를 분석한 결과 Table 1과 같이 나타났다. Kim et al. (2002)의 제조식혜와 시판식혜에 대해 비교한 연구에 따르면, 쌀을 이용한 시판식혜 6종의 당도는 11.6 - 12.5°Bx로 보고되어 팔을 이용한 식혜에 비해 당도가 높음을 확인할 수 있었다. 계통별로 제조된 팔 발효음료의 당도는 전체적으로 발효가 진행됨에 따라 약간 증가하는 경향을 보였다. 발효 24시간에는 밀양19호(MY19)가 2.1°Bx로 다른 계통에 비해 유의적으로 높은 당도를 보였고($p < 0.05$), 밀양16호(MY16, 2.0°Bx)와 밀양21

Table 1. The brix degree and turbidity of adzuki bean fermented beverages for each fermentation time and breeding line

Sample ¹⁾	Brix degree (°Bx)			Turbidity (OD at 600 nm)		
	24 hrs	48 hrs	72 hrs	24 hrs	48 hrs	72 hrs
MY1	1.9 ± 0.1 ^{2) cd3)}	2.3 ± 0.1 ^{ab}	2.1 ± 0.0 ^{de}	0.262 ± 0.012 ^{ij}	0.493 ± 0.010 ^d	0.648 ± 0.009 ^{bcd}
MY2	1.8 ± 0.0 ^{cdef}	1.7 ± 0.1 ^k	1.9 ± 0.1 ^{efg}	0.360 ± 0.011 ^e	0.454 ± 0.013 ^{efg}	0.291 ± 0.008 ^{fg}
MY3	1.7 ± 0.0 ^{fgh}	1.9 ± 0.1 ^{efg}	1.7 ± 0.1 ⁱ	0.269 ± 0.003 ^{ij}	0.566 ± 0.015 ^c	0.545 ± 0.004 ^{de}
MY4	1.7 ± 0.0 ^{fgh}	1.9 ± 0.1 ^{efg}	1.9 ± 0.1 ^{efg}	0.200 ± 0.001 ^{lm}	0.436 ± 0.021 ^{fg}	0.197 ± 0.005 ^h
MY5	1.4 ± 0.1 ^k	1.7 ± 0.0 ^{jk}	1.6 ± 0.2 ⁱ	0.186 ± 0.006 ^m	0.290 ± 0.005 ^{jk}	0.297 ± 0.008 ^{fg}
MY6	1.8 ± 0.1 ^{defg}	1.7 ± 0.0 ^{jk}	1.9 ± 0.1 ^{fg}	0.253 ± 0.008 ^{jk}	0.324 ± 0.009 ^{ij}	0.339 ± 0.008 ^{efg}
MY7	1.6 ± 0.1 ⁱ	1.8 ± 0.1 ^{ij}	1.7 ± 0.1 ^{hi}	0.240 ± 0.006 ^k	0.469 ± 0.009 ^{def}	0.689 ± 0.019 ^{bcd}
MY8	1.7 ± 0.1 ^{efgh}	1.9 ± 0.1 ^{def}	2.0 ± 0.0 ^{defg}	0.294 ± 0.010 ^{gh}	0.219 ± 0.003 ^l	0.518 ± 0.002 ^{def}
MY9	1.8 ± 0.1 ^{defg}	1.5 ± 0.1 ^l	1.6 ± 0.1 ⁱ	0.263 ± 0.004 ^{ij}	0.540 ± 0.008 ^c	0.567 ± 0.007 ^{cde}
MY10	1.7 ± 0.1 ^{ghi}	1.6 ± 0.1 ^k	1.9 ± 0.1 ^{fg}	0.456 ± 0.039 ^b	0.168 ± 0.002 ^m	0.255 ± 0.008 ^g
MY11	1.7 ± 0.0 ^{fgh}	2.3 ± 0.0 ^b	2.1 ± 0.1 ^{cd}	0.215 ± 0.001 ^l	0.256 ± 0.003 ^k	0.712 ± 0.006 ^{bcd}
MY12	1.8 ± 0.1 ^{cde}	2.0 ± 0.0 ^d	2.2 ± 0.1 ^{bcd}	0.522 ± 0.012 ^a	0.440 ± 0.002 ^{efg}	0.755 ± 0.044 ^{bcd}
MY13	1.8 ± 0.1 ^{defg}	2.0 ± 0.1 ^{de}	2.1 ± 0.1 ^{cd}	0.428 ± 0.006 ^{cd}	0.450 ± 0.009 ^{efg}	0.396 ± 0.006 ^{efg}
MY14	1.8 ± 0.1 ^{cde}	1.8 ± 0.1 ^{ij}	1.8 ± 0.1 ^{gh}	0.377 ± 0.005 ^e	0.575 ± 0.003 ^c	0.728 ± 0.008 ^{bcd}
MY15	1.6 ± 0.1 ^{hi}	1.8 ± 0.0 ^{hi}	2.1 ± 0.1 ^{def}	0.307 ± 0.002 ^g	0.566 ± 0.004 ^c	0.689 ± 0.003 ^{bcd}
MY16	2.0 ± 0.1 ^b	1.8 ± 0.0 ^{hi}	2.2 ± 0.1 ^{bcd}	0.336 ± 0.019 ^f	0.659 ± 0.085 ^b	0.667 ± 0.008 ^{bcd}
MY17	1.6 ± 0.1 ^{hi}	1.7 ± 0.0 ^{jk}	2.3 ± 0.1 ^{bc}	0.282 ± 0.001 ^{hi}	0.559 ± 0.017 ^c	0.872 ± 0.015 ^{ab}
MY18	1.7 ± 0.1 ^{ghi}	2.1 ± 0.0 ^c	2.3 ± 0.1 ^b	0.412 ± 0.008 ^d	0.942 ± 0.051 ^a	0.993 ± 0.027 ^a
MY19	2.1 ± 0.1 ^a	2.0 ± 0.0 ^d	2.1 ± 0.1 ^{def}	0.151 ± 0.000 ⁿ	0.192 ± 0.002 ^{lm}	0.267 ± 0.002 ^g
MY20	1.8 ± 0.1 ^{defg}	1.9 ± 0.1 ^{def}	2.1 ± 0.1 ^{cd}	0.263 ± 0.004 ^{ij}	0.349 ± 0.012 ^{hi}	0.345 ± 0.004 ^{efg}
MY21	1.9 ± 0.1 ^{bc}	2.4 ± 0.0 ^a	2.5 ± 0.1 ^a	0.259 ± 0.003 ^j	0.307 ± 0.002 ^j	0.581 ± 0.530 ^{cde}
MY22	1.6 ± 0.1 ^{hi}	2.0 ± 0.1 ^{de}	2.1 ± 0.1 ^{cd}	0.331 ± 0.002 ^f	0.420 ± 0.005 ^g	0.806 ± 0.345 ^{abc}
MY23	1.7 ± 0.1 ^{ghi}	1.9 ± 0.1 ^{fgh}	2.2 ± 0.1 ^{bcd}	0.309 ± 0.011 ^g	0.478 ± 0.004 ^{de}	0.876 ± 0.010 ^{ab}
MY24	1.5 ± 0.1 ^j	1.8 ± 0.1 ^{ghi}	2.2 ± 0.1 ^{bcd}	0.266 ± 0.011 ^{ij}	0.369 ± 0.010 ^h	0.393 ± 0.008 ^{efg}
CJP	1.7 ± 0.1 ^{ghi}	1.8 ± 0.0 ^{hi}	2.0 ± 0.0 ^{defg}	0.431 ± 0.008 ^c	0.348 ± 0.004 ^{hi}	0.551 ± 0.031 ^{de}
Mean ± SD	1.7 ± 0.1	1.9 ± 0.2	2.0 ± 0.2	0.307 ± 0.091	0.435 ± 0.168	0.559 ± 0.223

¹⁾ MY1-24: *Vigna angularis* var. nipponensis cv. Miryang 1-24, CJP: Chungju-pat.

²⁾ Each value is mean ± SD (n=3×3).

³⁾ Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

호(MY21, 1.9°Bx) 또한 높은 당도를 나타내었다. 반면 밀양5호(MY5)는 1.4°Bx로 다른 계통에 비해 유의적으로 낮은 당도를 보였다($p<0.05$). 발효 48시간에는 밀양21호(MY21)가 2.4°Bx로 다른 계통에 비해 유의적으로 높은 당도를 보였고($p<0.05$), 밀양1호(MY1)와 밀양11호(MY11) 또한 2.3°Bx로 높은 당도를 나타내었으며, 밀양9호(MY9)는 1.5°Bx로 낮은 당도를 보였다. 발효 72시간에는 밀양21호(MY21)가 2.5°Bx로 다른 계통에 비해 유의적으로 높았으며($p<0.05$), 밀양5호(MY5)와 밀양9호(MY9)가 1.6°Bx로 유의적으로 낮은 당도를 보였다($p<0.05$).

계통별 팥 발효음료의 탁도는 Table 1과 같이 계통별로 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났($p<0.05$). 발효 24시간에는 밀양12호(MY12)가 0.255로 다른 계통에 비해 유의적으로 높았으며($p<0.05$), 밀양5호(MY5)가 0.186으로 다른 계통에 비해 유의적으로 낮았고 밀양11호(MY11) 또한 0.215로 낮은 탁도를 나타내었다($p<0.05$). 발효 48시간에는 밀양18호(MY18)가 0.942로 다른 계통에 비해 유의적으로 높았으며($p<0.05$), 밀양10호(MY10)와 밀양8호(MY8)가 각각 0.168 및 0.219로 유의적으로 낮은 탁도를 나타내었다($p<0.05$). 발효 72시간에는 밀양18호(MY18)가

Table 2. The chromaticity (L-, a- and b-value) of adzuki bean fermented beverages for each fermentation time and breeding line

Sample ¹⁾	L-value			a-value			b-value		
	24 hrs	48 hrs	72 hrs	24 hrs	48 hrs	72 hrs	24 hrs	48 hrs	72 hrs
MY1	32.69 ± 0.01 ²⁾	36.14 ± 0.05 ^f	33.69 ± 0.08 ^{hijk}	2.10 ± 0.01 ^{de}	0.06 ± 0.02 ^p	0.28 ± 0.01 ^{ef}	6.26 ± 0.03 ^{ef}	5.73 ± 0.02 ⁱ	3.79 ± 0.05 ^{ijk}
MY2	34.80 ± 0.02 ^d	33.82 ± 0.05 ^l	33.44 ± 0.08 ^{hijk}	0.92 ± 0.00 ^{ij}	1.43 ± 0.01 ^g	0.31 ± 0.00 ^{def}	6.27 ± 0.04 ^{ef}	6.31 ± 0.04 ^f	4.28 ± 0.05 ^g
MY3	32.46 ± 0.01 ^j	32.74 ± 0.32 ^o	33.78 ± 0.10 ^{hijk}	2.82 ± 0.01 ^a	1.26 ± 0.06 ⁱ	0.30 ± 0.01 ^{ef}	6.59 ± 0.01 ^{cd}	6.21 ± 0.27 ^{fg}	3.53 ± 0.04 ^{kl}
MY4	33.45 ± 0.01 ^h	33.59 ± 0.14 ^m	33.04 ± 0.03 ^k	1.78 ± 0.01 ^{fg}	1.38 ± 0.02 ^h	0.29 ± 0.01 ^{ef}	7.09 ± 0.03 ^b	7.03 ± 0.06 ^d	4.06 ± 0.06 ^{ghi}
MY5	34.23 ± 0.02 ^{ef}	33.04 ± 0.01 ⁿ	33.39 ± 0.03 ^{ijk}	2.10 ± 0.01 ^{de}	1.97 ± 0.01 ^e	0.25 ± 0.00 ^{fg}	7.36 ± 0.01 ^a	7.11 ± 0.02 ^d	3.49 ± 0.01 ^{kl}
MY6	33.53 ± 0.01 ^h	32.71 ± 0.01 ^o	33.99 ± 0.06 ^{ghi}	1.96 ± 0.01 ^{ef}	1.93 ± 0.01 ^f	-0.18 ± 0.01 ⁱ	6.28 ± 0.05 ^{ef}	5.96 ± 0.03 ^h	4.10 ± 0.02 ^{gh}
MY7	35.66 ± 0.02 ^b	37.03 ± 0.03 ^d	33.32 ± 0.03 ^{jk}	0.90 ± 0.01 ^j	-0.52 ± 0.01 ^r	0.55 ± 0.01 ^c	6.45 ± 0.02 ^{de}	5.58 ± 0.03 ^j	3.70 ± 0.02 ^{jk}
MY8	32.44 ± 0.00 ^j	32.76 ± 0.03 ^o	33.40 ± 0.11 ^{ijk}	2.60 ± 0.00 ^b	2.30 ± 0.03 ^b	0.33 ± 0.01 ^{def}	6.27 ± 0.02 ^{ef}	7.36 ± 0.02 ^b	3.92 ± 0.03 ^{hij}
MY9	33.60 ± 0.01 ^{gh}	35.39 ± 0.06 ⁱ	34.37 ± 0.02 ^{fgh}	1.85 ± 0.01 ^{efg}	0.32 ± 0.01 ^m	0.36 ± 0.00 ^{de}	6.27 ± 0.01 ^{ef}	5.76 ± 0.03 ⁱ	3.77 ± 0.01 ^{jk}
MY10	34.64 ± 0.01 ^d	32.37 ± 0.02 ^p	34.39 ± 0.09 ^{fgh}	1.21 ± 0.00 ^h	2.26 ± 0.02 ^c	0.34 ± 0.01 ^{def}	6.34 ± 0.03 ^e	6.30 ± 0.03 ^f	4.17 ± 0.03 ^{gh}
MY11	33.94 ± 0.01 ^{fg}	36.16 ± 0.13 ^f	35.15 ± 0.05 ^{def}	1.94 ± 0.01 ^{ef}	0.73 ± 0.01 ^k	-0.19 ± 0.01 ⁱ	6.77 ± 0.02 ^c	6.18 ± 0.01 ^g	3.29 ± 0.04 ^{lm}
MY12	35.89 ± 0.03 ^{ab}	36.95 ± 0.04 ^d	34.19 ± 0.06 ^{fghij}	0.76 ± 0.01 ^{jk}	0.04 ± 0.01 ^p	0.05 ± 0.01 ^h	5.32 ± 0.01 ^{jk}	5.32 ± 0.02 ^k	3.50 ± 0.06 ^{kl}
MY13	36.24 ± 0.01 ^a	33.74 ± 0.06 ^l	34.84 ± 0.02 ^{efg}	0.57 ± 0.01 ^k	1.90 ± 0.03 ^f	-0.19 ± 0.00 ⁱ	6.06 ± 0.02 ^{fg}	5.96 ± 0.02 ^h	3.20 ± 0.01 ^m
MY14	33.62 ± 0.01 ^{gh}	36.36 ± 0.02 ^e	34.32 ± 0.04 ^{fghi}	1.77 ± 0.01 ^{fg}	0.12 ± 0.01 ^o	0.19 ± 0.01 ^g	5.75 ± 0.03 ^h	5.26 ± 0.03 ^k	3.63 ± 0.03 ^{jk}
MY15	33.56 ± 0.01 ^h	35.44 ± 0.05 ^{hi}	36.07 ± 0.07 ^{bc}	2.42 ± 0.00 ^{bc}	0.30 ± 0.01 ^m	-0.43 ± 0.01 ^{jk}	6.02 ± 0.02 ^g	5.73 ± 0.01 ⁱ	3.73 ± 0.02 ^{jk}
MY16	34.20 ± 0.02 ^{ef}	35.89 ± 0.01 ^g	34.81 ± 0.01 ^{efg}	1.23 ± 0.01 ^h	-0.50 ± 0.01 ^r	0.67 ± 0.01 ^b	6.37 ± 0.02 ^{de}	6.00 ± 0.02 ^h	6.57 ± 0.06 ^a
MY17	32.90 ± 0.91 ⁱ	37.21 ± 0.03 ^c	35.40 ± 2.48 ^{cde}	2.02 ± 0.07 ^{ef}	0.64 ± 0.01 ^l	0.28 ± 0.25 ^{ef}	5.61 ± 0.38 ^{hi}	4.67 ± 0.04 ^m	4.22 ± 0.77 ^g
MY18	32.59 ± 0.46 ^{ij}	37.54 ± 0.02 ^b	34.78 ± 0.05 ^{efg}	2.27 ± 0.16 ^{cd}	2.19 ± 0.01 ^d	0.67 ± 0.01 ^b	5.76 ± 0.26 ^h	7.56 ± 0.02 ^a	6.06 ± 0.06 ^b
MY19	34.48 ± 0.00 ^{de}	35.57 ± 0.01 ^h	36.98 ± 0.05 ^a	-0.21 ± 0.00 ^l	-0.22 ± 0.01 ^q	-0.49 ± 0.02 ^k	5.23 ± 0.01 ^k	6.77 ± 0.01 ^e	4.79 ± 0.03 ^{de}
MY20	34.60 ± 0.14 ^d	32.72 ± 0.02 ^o	36.48 ± 0.04 ^{ab}	0.56 ± 0.65 ^k	2.36 ± 0.01 ^a	-0.03 ± 0.01 ^h	5.39 ± 0.41 ^{jk}	6.03 ± 0.02 ^h	4.34 ± 0.05 ^{fg}
MY21	33.98 ± 0.01 ^f	34.28 ± 0.05 ^k	35.98 ± 0.05 ^{bcd}	1.69 ± 0.02 ^g	1.08 ± 0.01 ^j	0.84 ± 0.01 ^a	5.81 ± 0.04 ^h	7.22 ± 0.03 ^c	5.25 ± 0.04 ^c
MY22	35.32 ± 0.02 ^c	34.51 ± 0.03 ^j	34.89 ± 0.09 ^{efg}	0.96 ± 0.01 ^{ij}	1.09 ± 0.01 ^j	0.70 ± 0.01 ^b	5.63 ± 0.03 ^{hi}	6.14 ± 0.02 ^g	6.45 ± 0.13 ^a
MY23	36.09 ± 0.03 ^a	38.61 ± 0.05 ^a	37.12 ± 0.10 ^a	-0.27 ± 0.01 ^l	0.16 ± 0.01 ⁿ	0.40 ± 0.02 ^d	5.47 ± 0.03 ^{ij}	4.90 ± 0.01 ^l	4.60 ± 0.03 ^{ef}
MY24	36.06 ± 0.05 ^a	35.43 ± 0.02 ^{hi}	36.39 ± 0.03 ^{ab}	1.15 ± 0.00 ^{hi}	-0.23 ± 0.01 ^q	-0.35 ± 0.01 ^j	4.73 ± 0.03 ^l	6.00 ± 0.02 ^h	5.02 ± 0.02 ^{cd}
CJP	36.03 ± 0.04 ^a	35.52 ± 0.03 ^{hi}	34.32 ± 0.02 ^{fghi}	1.16 ± 0.01 ^{hi}	1.29 ± 0.01 ⁱ	-0.15 ± 0.01 ⁱ	4.73 ± 0.02 ^l	4.69 ± 0.03 ^m	3.76 ± 0.03 ^{jk}
Mean ± SD	34.28 ± 1.23	35.02 ± 1.78	34.74 ± 1.19	1.45 ± 0.81	0.93 ± 0.95	0.19 ± 0.36	5.99 ± 0.65	6.07 ± 0.79	4.29 ± 0.94

¹⁾ See the Table 1.

²⁾ Each value is mean ± SD (n=3×3).

³⁾ Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ($p<0.05$) different by Duncan's multiple range test.

0.993으로 다른 계통에 비해 유의적으로 높았으며($p < 0.05$), 밀양4호(MY4)와 밀양10호(MY10)가 각각 0.197 및 0.255로 유의적으로 낮았다($p < 0.05$).

식차계를 이용하여 계통별 팔 발효음료의 L-value(명도), a-value(적색도) 및 b-value(황색도) 값을 측정한 결과 Table 2와 같이 계통별로 유의적인 차이를 나타내었다($p < 0.05$). 명도의 경우 발효 24시간에 밀양13호(MY13), 밀양 23호(MY23), 밀양24호(MY24) 및 충주팔(CJP)이 각각 36.24, 36.09, 36.06 및 36.03으로 다른 계통에 비해 유의적으로 높은 명도를 보였으며($p < 0.05$), 밀양3호(MY3)와 밀양8호(MY8)가 각각 32.46 및 32.44로 다른 계통에 비해 유의적으로 낮았다($p < 0.05$). 발효 48시간에는 밀양23호(MY23)가 38.61로 유의적으로 높았으며($p < 0.05$), 밀양10호(MY10)가 32.37로 낮았다. 발효 72시간에는 밀양19호(MY19)와 밀양23호(MY23)가 각각 36.98 및 37.12로 유의적으로 높았으며($p < 0.05$), 밀양4호(MY4)가 33.04로 다른 계통에 비해 유의적으로 낮았다($p < 0.05$). 적색도의 경우 발효 24시간에 밀양3호(MY3)가 2.82로 다른 계통에 비해 유의적으로 높은 수치를 나타내었으며($p < 0.05$), 밀양19호(MY19)와 밀양23호(MY23)가 각각 -0.21 및 -0.27로 다른 계통에 비해 유의적으로 낮았다($p < 0.05$). 발효 48시간에는 밀양20호(MY20)가 2.36으로 유의적으로 높았으며($p < 0.05$), 밀양16호(MY16)가 -0.50으로 낮았다. 발효 72시간에는 밀양21호(MY21)가 0.84로 유의적으로 높았으며($p < 0.05$), 밀양19호(MY19)가 -0.49로 다른 계통에 비해 유의적으로 낮았다($p < 0.05$). 황색도의 경우 발효 24시간에 밀양5호(MY5)가 7.36으로 다른 계통에 비해 유의적으로 높았으며($p < 0.05$), 밀양24호(MY24)와 충주팔(CJP)이 각각 4.73 및 4.73으로 다른 계통에 비해 유의적으로 낮았다($p < 0.05$). 발효 48시간에는 밀양18호(MY18)가 7.56으로 유의적으로 높았으며($p < 0.05$), 밀양17호(MY17)와 충주팔(CJP)이 각각 4.67 및 4.69로 낮았다. 발효 72시간에는 밀양16호(MY16)와 밀양22호(MY22)가 각각 6.57 및 6.45로 유의적으로 높았으며($p < 0.05$), 밀양13호(MY13)가 3.20으로 다른 계통에 비해 유의적으로 낮았다($p < 0.05$).

계통별 팔 발효음료의 페놀 화합물 함량

식물계에 널리 분포되어 있는 페놀성 화합물은 다양한 구조와 분자량을 가지며, 페놀성 화합물의 phenolic hydroxyl기가 단백질과 같은 거대분자와의 결합을 통해 항산화, 항암 및 항균 등의 생리기능을 가지는 것으로 알려져 있다(Rice-Evans et al., 1997). 페놀성 화합물은 방향족화합물에 하이드록실기(-OH)가 결합한 화합물을 일컫는 것으로 활성산소에 노출 시 DNA, 세포구성 단백질 및 효소의 손상을 보호하는 항산화, 항암작용 등을 가지는 것으로 알려져 있다. 또한 총 페놀함량이 증가할수록 항산화 활성과 같은 생리활성이 증가된다고 보고되고 있다(Kaur and Kapoor, 2002; Machowetz et al., 2007). 계통별 팔을 식혜 제조방법에 준하여 발효음료를 제조하고 발효시간에 따른 총 폴리페놀 및 플라보노이드 성분의 함량을 분석한 결과 Table 3과 같이 계통별로 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 발효 24시간에는 밀양20호(MY20)에서 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 각각 435.68 $\mu\text{g GAE/mL sample}$ 및 38.69 $\mu\text{g CE/mL sample}$ 로 유의적으로 높은 함량을 나타내었고($p < 0.05$), 발효 48시간에는 밀양 10호(MY10)에서 각각 413.40 $\mu\text{g GAE/mL sample}$ 및 41.21 $\mu\text{g CE/mL sample}$, 발효 72시간에는 밀양2호(MY2)에서 각각 342.14 $\mu\text{g GAE/mL sample}$ 및 35.94 $\mu\text{g CE/mL sample}$ 로 다른 계통에 비해 유의적으로 높은 함량을 나타내었다($p < 0.05$).

계통별 팔 발효음료의 radical 소거활성

계통별 팔을 식혜 제조방법에 준하여 발효음료를 제조하고 발효시간에 따른 radical 소거활성은 혈장에서 ascorbic

acid, tocopherol, polyhydroxy 방향족화합물, 방향족 아민 등에 의해서 환원되어 짙은 자색이 탈색됨으로써 항산화 물질의 전자공여능을 측정할 때 사용되고 있는 DPPH radical 소거활성법(Nieva et al., 2000)과 ABTS radical의 흡광도가 항산화제에 의해 억제되는 것에 기초하여 개발된 ABTS radical 소거활성법(Kim et al., 2009)을 표준물질인 Trolox와 비교하여 mg TE(Trolox equivalent antioxidant capacity)/mL sample로 나타낸 결과 Table 4와 같이 나타났다. DPPH radical 소거활성은 발효 24, 48 및 72시간에 각각 0.09 – 1.42, 0.23 – 1.74 및 0.15 – 1.75 mg TE/mL sample로 계통별로 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 발효 24, 48 및 72시간에 밀양2호(MY2)는 각

Table 3. The total polyphenol and flavonoid contents of adzuki bean fermented beverages for each fermentation time and breeding line

Sample ¹⁾	Total polyphenol contents ($\mu\text{g GAE/mL sample}$)			Total flavonoid contents ($\mu\text{g CE/mL sample}$)		
	24 hrs	48 hrs	72 hrs	24 hrs	48 hrs	72 hrs
MY1	266.27 \pm 3.92 ^{2) e3)}	260.83 \pm 2.95 ^g	252.64 \pm 3.87 ^e	28.36 \pm 0.32 ^e	28.32 \pm 0.07 ^{gh}	28.41 \pm 0.01 ^{de}
MY2	282.51 \pm 3.24 ^{cd}	386.40 \pm 2.28 ^b	342.14 \pm 3.14 ^a	33.61 \pm 0.10 ^b	38.05 \pm 0.05 ^b	35.94 \pm 0.32 ^a
MY3	196.91 \pm 4.43 ^j	292.28 \pm 3.92 ^e	312.59 \pm 5.75 ^b	24.98 \pm 0.15 ^{hij}	25.80 \pm 0.62 ^l	29.10 \pm 0.34 ^{cd}
MY4	167.28 \pm 1.73 ^l	310.72 \pm 2.33 ^d	196.50 \pm 3.39 ^{klm}	24.35 \pm 0.14 ^j	31.71 \pm 1.28 ^e	30.79 \pm 1.99 ^b
MY5	149.16 \pm 2.97 ^m	266.74 \pm 4.24 ^{fg}	203.34 \pm 6.25 ^{ij}	26.03 \pm 0.33 ^g	28.62 \pm 0.21 ^g	29.55 \pm 0.39 ^c
MY6	176.67 \pm 0.76 ^{kl}	268.65 \pm 7.34 ^{fg}	205.39 \pm 1.51 ⁱ	23.10 \pm 0.28 ^k	27.54 \pm 0.28 ^{ij}	26.17 \pm 0.15 ^{gh}
MY7	214.45 \pm 1.93 ^h	183.50 \pm 5.84 ^k	154.85 \pm 1.92 ^p	27.41 \pm 0.22 ^f	23.71 \pm 0.11 ^m	22.65 \pm 0.15 ^l
MY8	291.39 \pm 2.71 ^{bc}	318.11 \pm 10.6 ^d	204.19 \pm 1.15 ^{ij}	29.04 \pm 0.20 ^e	26.80 \pm 0.11 ^k	23.91 \pm 0.43 ^{jk}
MY9	236.46 \pm 1.99 ^g	181.36 \pm 7.12 ^{kl}	160.32 \pm 0.66 ^o	25.09 \pm 1.25 ^{hij}	22.40 \pm 0.01 ⁿ	23.63 \pm 0.11 ^{jk}
MY10	177.11 \pm 2.34 ^{kl}	413.40 \pm 12.3 ^a	195.40 \pm 3.79 ^{lm}	23.09 \pm 0.04 ^k	41.21 \pm 0.44 ^a	23.21 \pm 1.04 ^{jkl}
MY11	254.45 \pm 5.93 ^f	312.28 \pm 2.05 ^d	274.51 \pm 5.28 ^c	33.88 \pm 0.40 ^b	38.26 \pm 0.00 ^b	35.95 \pm 0.28 ^a
MY12	275.75 \pm 6.11 ^{de}	197.97 \pm 1.80 ^j	176.13 \pm 2.31 ⁿ	28.42 \pm 0.16 ^e	23.71 \pm 0.15 ^m	23.71 \pm 0.13 ^{jk}
MY13	296.16 \pm 3.59 ^b	183.54 \pm 2.18 ^k	191.53 \pm 1.98 ^m	30.28 \pm 0.20 ^d	23.13 \pm 0.14 ^m	24.05 \pm 0.24 ^{ij}
MY14	233.60 \pm 4.49 ^g	229.90 \pm 2.35 ⁱ	232.66 \pm 2.01 ^{gh}	28.32 \pm 0.16 ^e	25.61 \pm 0.14 ^l	26.81 \pm 0.21 ^{fg}
MY15	232.65 \pm 4.80 ^g	237.94 \pm 4.53 ^{hi}	193.50 \pm 0.76 ^m	29.01 \pm 0.11 ^e	26.14 \pm 0.10 ^l	25.78 \pm 0.57 ^h
MY16	181.11 \pm 3.96 ^k	298.38 \pm 6.49 ^e	245.13 \pm 2.18 ^f	25.86 \pm 0.09 ^{gh}	27.98 \pm 0.03 ^{hi}	27.65 \pm 0.02 ^{ef}
MY17	215.96 \pm 5.45 ^h	265.21 \pm 6.07 ^{fg}	258.71 \pm 0.98 ^d	31.93 \pm 0.52 ^c	33.96 \pm 0.37 ^d	36.18 \pm 0.03 ^a
MY18	195.69 \pm 8.85 ^j	273.93 \pm 8.47 ^f	229.82 \pm 1.78 ^h	19.04 \pm 0.17 ^l	21.68 \pm 0.13 ^o	21.16 \pm 0.08 ^m
MY19	209.27 \pm 0.40 ^{hi}	170.85 \pm 4.98 ^{lm}	200.03 \pm 3.19 ^{ijkl}	26.32 \pm 0.08 ^g	23.16 \pm 0.16 ^m	26.96 \pm 0.30 ^{fg}
MY20	435.68 \pm 6.90 ^a	367.56 \pm 10.1 ^c	199.44 \pm 1.84 ^{ijkl}	38.69 \pm 0.39 ^a	37.29 \pm 0.30 ^c	26.36 \pm 0.10 ^{gh}
MY21	203.52 \pm 4.60 ^{ij}	267.26 \pm 10.3 ^{fg}	201.08 \pm 2.87 ^{ijk}	25.61 \pm 0.01 ^{ghi}	33.76 \pm 0.20 ^d	29.81 \pm 0.42 ^c
MY22	194.35 \pm 4.92 ^j	167.80 \pm 5.45 ^{lm}	181.02 \pm 1.32 ⁿ	24.88 \pm 0.38 ^{ij}	23.51 \pm 0.12 ^m	24.80 \pm 0.10 ⁱ
MY23	182.91 \pm 19.5 ^k	174.99 \pm 3.03 ^{klm}	192.11 \pm 4.57 ^m	19.52 \pm 0.23 ^l	21.63 \pm 0.71 ^o	20.11 \pm 0.00 ⁿ
MY24	268.64 \pm 4.28 ^e	245.44 \pm 1.66 ^h	178.28 \pm 1.78 ⁿ	31.01 \pm 1.95 ^d	26.99 \pm 0.37 ^{jk}	23.01 \pm 0.11 ^{kl}
CJP	254.28 \pm 3.03 ^f	270.91 \pm 4.27 ^{fg}	236.81 \pm 1.41 ^g	28.10 \pm 0.06 ^{ef}	29.39 \pm 0.00 ^f	27.37 \pm 0.19 ^f
Mean \pm SD	231.69 \pm 59.55	261.84 \pm 67.61	216.72 \pm 44.86	27.44 \pm 4.39	28.41 \pm 5.70	26.92 \pm 4.37

¹⁾ See the Table 1.

²⁾ Each value is mean \pm SD (n=3 \times 3).

³⁾ Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

각 1.28, 1.74 및 1.75 mg TE/mL sample, 밀양8호(MY8)는 각각 1.42, 1.38 및 1.09 mg TE/mL sample로 발효기간에 따라 높은 활성을 보였다. ABTS radical 소거활성은 발효 24, 48 및 72시간에 각각 4.74 – 8.50, 3.87 – 9.96 및 3.42 – 8.34 mg TE/mL sample로 계통별로 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 발효기간에 따라 발효 24시간에는 밀양2호(MY2)와 밀양8호(MY8)가 각각 8.33 및 8.50 mg TE/mL sample로 높은 활성을 보였으며, 발효 48시간에는 밀양10호(MY10), 밀양18호(MY18), 밀양21호(MY21) 및 밀양2호(MY2)가 각각 9.96, 8.85, 8.83 및 8.00 mg TE/mL sample, 발효 72시간에는 밀양18호(MY18)와 밀양2호(MY2)가 각각 8.34 및 7.61 mg TE/mL sample로

Table 4. The DPPH and ABTS radical scavenging activities of adzuki bean fermented beverages for each fermentation time and breeding line

Sample ¹⁾	DPPH radical scavenging activity (mg TE/mL sample)			ABTS radical scavenging activity (mg TE/mL sample)		
	24 hrs	48 hrs	72 hrs	24 hrs	48 hrs	72 hrs
MY1	1.37 ± 0.08 ^{2) ab3)}	1.42 ± 0.07 ^b	1.57 ± 0.08 ^b	6.50 ± 0.30 ^{hi}	5.88 ± 0.07 ⁱ	5.46 ± 0.16 ^g
MY2	1.28 ± 0.06 ^b	1.74 ± 0.08 ^a	1.75 ± 0.16 ^a	8.33 ± 0.27 ^a	8.00 ± 0.08 ^c	7.61 ± 0.13 ^b
MY3	0.46 ± 0.06 ^{lm}	0.40 ± 0.18 ^{jk}	0.75 ± 0.08 ^{ef}	6.76 ± 0.27 ^{fgh}	6.19 ± 0.00 ^g	6.43 ± 0.14 ^d
MY4	0.40 ± 0.04 ^m	0.65 ± 0.03 ^{efg}	0.52 ± 0.07 ⁱ	5.48 ± 0.27 ^{jkl}	6.58 ± 0.11 ^e	4.38 ± 0.14 ^j
MY5	0.48 ± 0.06 ^{klm}	0.64 ± 0.05 ^{efg}	0.57 ± 0.08 ^{ghi}	4.74 ± 0.21 ^m	5.61 ± 0.10 ^j	4.37 ± 0.12 ^j
MY6	0.54 ± 0.03 ^{jkl}	0.72 ± 0.04 ^e	0.66 ± 0.05 ^{fgh}	5.30 ± 0.29 ^{kl}	5.86 ± 0.06 ⁱ	5.41 ± 0.16 ^g
MY7	0.57 ± 0.01 ^{ijkl}	0.36 ± 0.02 ^{ijkl}	0.35 ± 0.08 ^j	7.15 ± 0.25 ^{de}	6.03 ± 0.04 ^h	3.42 ± 0.09 ^m
MY8	1.42 ± 0.03 ^a	1.38 ± 0.13 ^b	1.09 ± 0.09 ^c	8.50 ± 0.26 ^a	6.92 ± 0.10 ^d	5.03 ± 0.14 ^h
MY9	0.69 ± 0.06 ^{efgh}	0.36 ± 0.04 ^{ijkl}	0.50 ± 0.06 ⁱ	5.82 ± 0.23 ^j	3.97 ± 0.01 ^o	3.75 ± 0.14 ^l
MY10	0.49 ± 0.05 ^{ijklm}	1.20 ± 0.12 ^c	0.63 ± 0.07 ^{fghi}	6.22 ± 0.27 ⁱ	9.96 ± 0.02 ^a	4.42 ± 0.03 ^j
MY11	0.84 ± 0.07 ^c	0.99 ± 0.03 ^d	0.92 ± 0.07 ^d	7.11 ± 0.19 ^{de}	6.63 ± 0.14 ^e	6.04 ± 0.12 ^e
MY12	0.80 ± 0.08 ^{cde}	0.51 ± 0.01 ^{ghij}	0.52 ± 0.04 ⁱ	6.80 ± 0.08 ^{efgh}	4.28 ± 0.02 ⁿ	3.89 ± 0.07 ^{kl}
MY13	0.76 ± 0.07 ^{cdef}	0.41 ± 0.00 ^{ijk}	0.59 ± 0.06 ^{ghi}	8.27 ± 0.02 ^{ab}	4.15 ± 0.05 ⁿ	5.14 ± 0.10 ^h
MY14	0.51 ± 0.12 ^{ijklm}	0.49 ± 0.08 ^{hij}	0.69 ± 0.05 ^{fg}	7.51 ± 0.05 ^c	5.31 ± 0.03 ^l	5.69 ± 0.07 ^f
MY15	0.78 ± 0.07 ^{cdef}	0.55 ± 0.05 ^{fghi}	0.67 ± 0.02 ^{fg}	7.43 ± 0.08 ^{cd}	5.23 ± 0.06 ^l	4.80 ± 0.03 ⁱ
MY16	0.45 ± 0.01 ^{lm}	0.69 ± 0.08 ^{ef}	0.65 ± 0.08 ^{fgh}	5.75 ± 0.08 ^j	6.62 ± 0.03 ^e	5.70 ± 0.05 ^f
MY17	0.81 ± 0.05 ^{cd}	1.01 ± 0.04 ^d	1.12 ± 0.09 ^c	7.10 ± 0.09 ^{def}	6.37 ± 0.03 ^f	6.93 ± 0.06 ^c
MY18	0.09 ± 0.02 ⁿ	0.23 ± 0.06 ^l	0.33 ± 0.03 ^j	6.61 ± 0.06 ^{gh}	8.85 ± 0.04 ^b	8.34 ± 0.07 ^a
MY19	0.59 ± 0.02 ^{hijk}	0.37 ± 0.03 ^{ijkl}	0.54 ± 0.02 ^{hi}	6.54 ± 0.03 ^{ghi}	3.87 ± 0.10 ^o	4.79 ± 0.09 ⁱ
MY20	0.67 ± 0.13 ^{fghi}	1.11 ± 0.09 ^{cd}	0.60 ± 0.04 ^{ghi}	5.18 ± 0.05 ^l	5.06 ± 0.04 ^m	5.51 ± 0.11 ^{fg}
MY21	0.60 ± 0.03 ^{ghij}	1.04 ± 0.03 ^d	0.86 ± 0.04 ^{de}	6.86 ± 0.09 ^{efg}	8.83 ± 0.06 ^b	6.88 ± 0.12 ^c
MY22	0.50 ± 0.00 ^{ijklm}	0.39 ± 0.02 ^{jk}	0.50 ± 0.06 ⁱ	5.61 ± 0.08 ^{jk}	4.24 ± 0.03 ⁿ	4.40 ± 0.01 ^j
MY23	0.17 ± 0.01 ⁿ	0.26 ± 0.08 ^{kl}	0.15 ± 0.03 ^k	7.35 ± 0.07 ^{cd}	4.18 ± 0.14 ⁿ	4.30 ± 0.03 ^j
MY24	0.85 ± 0.02 ^c	0.61 ± 0.18 ^{efgh}	0.54 ± 0.01 ^{hi}	7.13 ± 0.10 ^{de}	5.49 ± 0.10 ^k	4.00 ± 0.24 ^k
CJP	0.71 ± 0.09 ^{defg}	0.71 ± 0.12 ^e	0.74 ± 0.06 ^f	7.98 ± 0.34 ^b	5.64 ± 0.04 ^j	5.11 ± 0.11 ^h
Mean ± SD	0.67 ± 0.32	0.73 ± 0.40	0.71 ± 0.36	6.93 ± 1.21	6.19 ± 1.79	5.27 ± 1.23

¹⁾ See the Table 1.

²⁾ Each value is mean ± SD (n=3×3).

³⁾ Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

높은 활성을 보였다. 팥 발효음료의 높은 radical 소거활성은 폴리페놀과 플라보노이드 등의 페놀성분뿐만 아니라 토코페롤, 안토시아닌, 사포닌 등 팥에 포함된 다양한 성분(Woo et al., 2010; Yoshida et al., 2009)과 발효과정 중 유용 성분의 생성에 기인한 것으로 생각되며, 이에 대한 추후 연구가 필요할 것으로 생각된다. 천연물의 항산화활성은 활성 radical에 전자를 공여하고 식품 중의 지방질 산화를 억제하는 특성을 가지고 있고 인체 내에서는 활성 radical에 의한 노화를 억제시키는 역할을 하고 있으며, radical 소거작용은 인체의 질병과 노화를 방지하는데 대단히 중요한 역할을 한다(Kim et al., 2001). 이상의 결과에서 팥을 이용한 기능성이 증진된 발효음료 제조가 가능할 것으로 생각되며, 계통별로 관능특성과 다른 기능성분의 변화에 대한 연구를 통하여 산업화가 가능할 것으로 생각된다.

요약

국내에서 개발된 팥 계통의 이용성 증진을 위하여 식혜 제조방법에 준하여 발효음료를 제조하여 품질 및 항산화특성을 분석하였다. 계통별로 제조된 팥 발효음료의 당도는 전체적으로 발효가 진행됨에 따라 약간 증가하는 경향을 보였다. 계통별 팥 발효음료의 탁도와 색도 또한 처리구 간에 유의적인 차이를 보였다. 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 발효 24시간에는 밀양20호(MY20)가, 발효 48시간에는 밀양10호(MY10)가, 발효 72시간에는 밀양2호(MY2)가 높았다. DPPH radical 소거활성은 발효 24, 48 및 72시간에 각각 0.09 - 1.42, 0.23 - 1.74 및 0.15 - 1.75 mg TE/mL sample로 계통별로 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다($p < 0.05$). ABTS radical 소거활성은 발효 24, 48 및 72시간에 각각 4.74 - 8.50, 3.87 - 9.96 및 3.42 - 8.34 mg TE/mL sample로 계통별로 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 이상의 결과에서 팥을 이용한 기능성이 증진된 발효음료 제조가 가능할 것으로 생각되며, 팥 발효음료의 관능특성 등에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 생각된다.

인용문헌(References)

- Abu-Ghannam, N. (1998) Modelling textural changes during the hydration process of red beans. *J Food Eng* 38: 341-352.
- Ahn, D. K. (1998) Illustrated book of Korean medicinal herbs. pp.496-630. Kyohak Publishers Co., Ltd., Seoul, Korea.
- Bae, S. K., Lee, Y. C., Kim, H. W. (2001) The browning reaction and inhibition on apple concentrated juice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30:6-13.
- Chang, K. Y., Han, K. S., Park, J. C. (1968) Studies on the selection in adzuki bean breeding. III. Phenotypic and genotypic correlations among some characters in the population of adzuki bean varieties. *Res Bul Chinju Agr Col* 7:39-44.
- Choi, Y., Lee, S. M., Chun, J., Lee, H. B., Lee, J. (2006) Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chem* 99:381-387.
- Dewanto, V., Xianzhong, W., Liu, R. H. (2002) Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J Agr Food Chem* 50:4959-4964.
- Kaur, C., Kapoor, H. C. (2002) Antioxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. *Int J Food Sci Tech* 37:153-161.
- Kim, C. G., Oh, B. H., Na, J. M., Sin, D. H. (2003) Comparison of physicochemical properties of Korean and Chinese red bean starches. *Korean J Food Sci Technol* 35:551-555.
- Kim, H. H., Park, G. S., Jeon, J. R. (2007) Quality characteristics and storage properties of sikhe prepared with extracts from *Hovenia dulcis* THUNB. *Korean J Food Cookery Sci* 23:848-857.

- Kim, J. E., Joo, S. I., Seo, J. H., Lee, S. P. (2009) Antioxidant and α -glucosidase inhibitory effect of tartary buckwheat extract obtained by the treatment of different solvents and enzymes. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:989-995.
- Kim, M. R., Seo, J. H., Heo, O. S., Oh, S. H., Lee, K. S. (2002) Physicochemical and sensory qualities of commercial sikhye. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31:728-732.
- Kim, S. M., Cho, Y. S., Sung, S. K. (2001) The antioxidant ability and nitrite scavenging ability of plant extracts. *Korean J Food Sci Technol* 33:626-632.
- Koh, K. J., Shin, D. B., Lee, Y. C. (1997) Physicochemical properties of aqueous extracts in small red bean, mung bean and black soybean. *Korean J Food Sci Technol* 29:854-859.
- Koide, T., Hashimoto, Y., Kamei, H., Kojima, T., Hasegawa, M., Terabe, K. (1997) Antitumor effect of anthocyanin fractions extracted from red soybeans and red beans *in vitro* and *in vivo*. *Cancer Biother Radiopharm* 12:277-280.
- Machowetz, A., Poulsen, H. E., Gruendel, S., Weimann, A., Fitó, M., Marrugat, J., de la Torre, R., Salonen, J. T., Nyssönen, K., Mursu, J., Nascetti, S., Gaddi, A., Kiesewetter, H., Bäuml, H., Selmi, H., Kaikkonen, J., Zunft, H. J., Covas, M. I., Koebnick, C. (2007) Effect of olive oils on biomarkers of oxidative DNA stress in Northern and Southern Europeans. *FASEB J* 21:45-52.
- Meng, G. T., Ma, C. Y. (2001a) Flow property of globulin from red bean (*Phaseolus angularis*). *Food Res Int* 34:401-407.
- Meng, G. T., Ma, C. Y. (2001b) Thermal properties of *Phaseolus angularis* (red bean) globulin. *Food Chem* 73:453-460.
- Nieva, M. M., Sampietro, A. R., Vattuone, M. A. (2000) Comparison of the free radical-savenging activity of propolis from several regions of Argentina. *J Ethnopharmacol* 71:109-114.
- Park, S. I. (2006) Application of green tea powder for sikhye preparation. *Korean J Food Nutr* 19:227-233.
- Rho, C. W., Son, S. Y., Hong, S. T., Lee, K. H., Ryu, I. M. (2003) Agronomic characters of Korean adzuki beans (*Vigna angularis* (Willd.) Ohwi & Ohashi). *Korean J Plant Res* 16:147-154.
- Rice-Evans, C. A., Miller, N. J., Paganga, G. (1997) Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Sci* 2:152-159.
- Ryu, B. M., Kim, J. S., Kim, M. J., Lee, Y. S., Moon, G. S. (2008) Comparison of the quality characteristics of *Sikhye* made with N2-circulated low-temperature dry malt and commercial malts. *Korean J Food Sci Technol* 40:311-315.
- Woo, K. S., Song, S. B., Ko, J. Y., Seo, M. C., Lee, J. S., Kang, J. R., Oh, B. G., Nam, M. H., Jeong, H. S., Lee, J. (2010) Antioxidant components and antioxidant activities of methanolic extract from adzuki beans (*Vigna angularis* var. *nipponensis*). *Korean J Food Sci Technol* 42:693-698.
- Yoshida, H., Tomiyama, Y., Yoshida, N., Mizushima, Y. (2009) Characteristics of lipid components, fatty acid distributions and triacylglycerol molecular species of adzuki beans (*Vigna angularis*). *Food Chem* 115:1424-1429.
- Yoshida, K., Sato, Y., Okuno, R., Kameda, K., Isobe, M., Kondo, T. (1996) Structural analysis and measurement of anthocyanin from colored seed coats of *Vigna*, *Phaseolus*, and *Glycine Lugumes*. *Biosci Biotechnol Biochem* 60: 589-593.