

혼합잡곡 첨가 취반 밥의 품질 및 항산화특성

우관식^{1,†} · 김현주¹ · 김미정² · 심은영¹ · 고지연³ · 이춘기¹ · 전용희¹

Quality and Antioxidant Characteristics of Cooked Rice with Various Mixed Grains in Korea

Koan Sik Woo^{1,†}, Hyun-Joo Kim¹, Mi-Jung Kim², Eun-Yeong Sim¹, Jee Yeon Ko³, Choon Ki Lee¹, and Yong Hee Jeon¹

ABSTRACT This study evaluated the quality characteristics, polyphenolic compounds, and radical scavenging activity of cooked-rice added to commercially available mixed grains. L-value of cooked-rice with various mixed grains decreased compared to that of cooked-white rice; however, a- and b-values increased. Hardness and elasticity of cooked-rice added to various mixed grains were significantly lower in the pressure cooker compared to the electric cooker. There was no significant difference in adhesiveness and stickiness between rice from the electric cooker and pressure cooker. Total polyphenol and flavonoid contents of cooked-rice added to various mixed grains were significantly increased. The average total polyphenol content of cooked-rice added to various mixed grains cooked in an electric cooker and pressure cooker were 16.50 ± 3.86 and 15.88 ± 3.52 mg gallic acid equivalent /100 g, and flavonoid contents were 1.58 ± 0.00 and 1.55 ± 0.02 mg catechin equivalents/100 g, respectively. The average of 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical scavenging activity was 9.27 ± 2.62 and 8.72 ± 2.41 mg trolox equivalent (TE)/100 g, and 2,2'-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) radical scavenging activity was 22.89 ± 4.60 and 23.07 ± 4.49 mg TE/100 g for cooked-rice added to various mixed grains cooked in an electric cooker and pressure cooker, respectively. Phenol content and radical scavenging activity of cooked rice was in proportion to the amount of added grains, such as brown rice, colored rice, barley, soybean, and sorghum.

Keywords : antioxidant characteristics, cereal crop, mixed grains, quality characteristics

잡곡은 쌀을 제외한 보리, 밀, 콩, 옥수수, 조, 기장, 수수, 울무 등을 의미하며(Kim & Lee, 2006), 식이섬유, 저항전분, 올리고당 등이 다량 함유하고 있어 대장질환 등의 소화기계 질환에 효과적인 것으로 보고되었다(Lee *et al.*, 2006). 잡곡밥에 많이 사용되는 콩의 이소플라본, 보리의 β-글루칸과 tocol류를 비롯한 각종 생리활성물질들은 체내에서 항산화, 면역 증대 등 다양한 효과를 나타낼 수 있다(Ryu & Moon, 2003; Jeong *et al.*, 2005). 또한 잡곡류는 성인병 예방에 필요한 식이섬유, 비타민, 미네랄 등이 쌀에 비해 다량 함유되어 있으며, 열악한 환경에서도 잘 자라는 강한 내

성을 지니고 있어 다량의 생리활성물질을 함유한다(Kim & Lee, 2006; Jang *et al.*, 2012).

잡곡에 대한 연구로는 보리의 혈중 콜레스테롤 저하와 간의 콜레스테롤 축적억제 및 수용성 β-glucan에 대한 연구(Jeong *et al.*, 1998; Quershi *et al.*, 1980)가 이루어져 있으며, 콩은 필수아미노산, 불포화 지방산, 비타민 E가 다량 함유하고 있어 동물성지방의 과잉섭취로 인한 콜레스테롤을 낮추어 동맥경화를 예방하는 것으로 알려져 있다(Kim, 2003; Hawrylewicz *et al.*, 1995). 또한 수수에 함유된 phenolic compound의 항돌연변이활성, 항산화활성, 항균활성, 항암

¹농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부 (Department of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon, Gyeonggi 16613, Korea)

²농촌진흥청 연구정책국 (Research Policy Bureau, Rural Development Administration, Jeonju, Jeollabuk-do 54875, Korea)

³농촌진흥청 국립식량과학원 남부작물부 (Department of Southern Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Miryang, Gyeongnam 50424, Korea)

[†]Corresponding author: Koan Sik Woo; (Phone) +82-31-695-0616; (E-mail) wooks@korea.kr

<Received 26 August, 2017; Revised 4 November, 2017; Accepted 14 November, 2017>

활성 등에 대한 연구가 보고되어 있으며(Awika *et al.*, 2004; Dykes & Rooney, 2006; Grimmer *et al.*, 1992; Kil *et al.*, 2009; Woo *et al.*, 2010; Woo *et al.*, 2014), 기장은 지방과 비타민 A가 풍부하고 지사, 빈혈 등을 억제한다고 알려져 있다(Ha & Lee, 2001; Kim *et al.*, 2017a). 그리고 팥은 각기와 피로회복 효과 및 아미노산의 보충에 효능이 있으며(Song *et al.*, 2013), 검정콩에 함유되어 있는 안토시아닌은 항산화효과가 있는 것으로 알려져 있다(Tsuda *et al.*, 1996.). 또한 율무의 항암 성분인 coixenolide 연구(Tanimura, 1961)와 혈당강하 성분인 coixans A, B 및 C에 대한 연구가 진행되어 있다(Takahashi *et al.*, 1986).

잡곡산업의 발전을 위해 잡곡의 부가가치 상승 및 경쟁력 강화를 위한 잡곡 레시피 개발과 이를 활용한 가공제품 기술 개발 및 산업화 방안 등이 요구된다(Jung *et al.*, 2013). 잡곡류의 기능성에 대한 다양한 연구가 보고되어 있지만 국내에서 유통되고 있는 혼합잡곡은 소비자의 수요와 용도에 맞게 조합이 된 것이 아니라 생산자가 인위적으로 조합하여 판매되고 있어 국내에서 소비가 많은 혼합잡곡의 적정 작목, 혼합비율 등에 대한 연구는 부족한 실정이다. 또한 이러한 제품의 취반 후 이화학적 특성의 변화에 대한 연구는 찾아보기 힘든 실정이다. 따라서 본 연구에서는 전보(Kim *et al.*, 2017b)에 이어 국내 시중에서 유통되는 있는 혼합잡곡 제품을 첨가하여 취반 후 품질특성과 폐놀성분 함량, radical 소거활성을 검정하여 추후 소비자의 수요와 용도별 잡곡 혼합비율 설정을 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

시험재료 및 취반방법

본 연구에 사용된 혼합잡곡 제품은 시중에 유통되고 있는 제품을 구입하여 사용하였으며, 총 37개의 상품을 서울 양재동의 양곡시장과 농협, 대형마트에서 구입하여 분석하였다. 모든 제품은 구입하여 4°C 냉장고에 저장하면서 시료로 사용하였으며, 분석 직전에 꺼내어 취반용 시료로 사용하였다. 혼합잡곡 첨가 잡곡밥은 백미 70 g을 혼합잡곡 30 g을 혼합하여 취반하였다. 혼합미를 3회 수세한 다음 물에 침지한(25°C, 30분) 후 체에 받쳐 물기를 제거하였으며, 가수량은 물 120 mL을 첨가하여 취반하였다. 취반기구는 현미 취반 겸용 전기보온밥솥(Cuckoo, CR-0671V, Seoul, Korea)과 전기압력밥솥(Cuckoo, EHS035FW)를 사용하였고, 전기보온밥솥과 전기압력밥솥은 자동 소화된 후 15분간 뜸을 들이고 취반에 사용하였다.

혼합잡곡 첨가 취반 밥의 색도 및 기계적 조직감 측정

혼합잡곡 첨가 잡곡밥의 색도는 색차계(Color difference meter, CR-300, Minolta, Osaka, Japan)를 이용하여서 명암도를 표현하는 L값(lightness), 적색도를 표현하는 a값(redness), 황색도를 표현하는 b값(yellowness)의 값을 측정하였다(Ko *et al.*, 2016). 이때 사용된 표준백판 L값 97.38, a값은 -0.02, b값은 1.66이었다. 혼합잡곡 첨가 잡곡밥의 조직감 측정은 Tensipresser (My Boy system, Taketomo Electric Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 취반한 밥을 10 g씩 무작위로 칭량하여 시료용 컵에 압축성형하고 2분간 실내에 방치한 후 프로브(접촉 면적 25 mm²)가 설치된 기기에 장착하였다. 20 kgw의 하중으로 먼저 두께의 25%로 압착하고 다시 90%의 압력으로 하였으며, 측정 속도는 2 mm/s로 측정하였다(Naito & Ogawa, 1998; Takahashi *et al.*, 2000). 조사 항목은 경도(hardness), 탄력(elasticity), 부착성(adhesiveness) 및 찰기(stickiness)를 측정하여 백미와 비교하였다.

추출물 제조 및 항산화 성분 함량 분석

시중 유통 혼합잡곡 제품 첨가 취반 밥의 폐놀성분 및 라디칼 소거활성을 분석하기 위해 취반한 밥 전체를 5배량의 80% 에탄올을 넣고 homogenizer로 균질화시킨 후, 상온에서 24시간동안 진탕추출(WiseCube WIS-RL010, Daihan Scientific Co., Ltd., Seoul, Korea)한 다음 여과하고 잔사에 다시 용매를 가하여 추출한 후 두 추출물을 합쳐 -20°C 냉동고에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다. 추출물에 대한 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 Woo *et al.* (2015)의 방법에 따라 Folin-Ciocalteu reagent가 시료의 폴리페놀성 물질에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다. 총 폴리페놀 함량은 추출물 10 µL에 2% Na₂CO₃ 용액 200 µL를 가한 후 3분간 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 10 µL를 가하였다. 30분 후, 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였고 표준물질인 gallic acid (Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였으며, 시료 100 g 중의 mg gallic acid equivalents (GAE, dry basis)로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 추출물 50 µL에 증류수 200 µL와 5% NaNO₂ 15 µL를 가한 다음, 5분 후 10% AlCl₃·6H₂O 30 µL를 가하여 6분 방치하고 1 N NaOH 100 µL를 첨가하고, 11분 후 반응액의 흡광도 값을 510 nm에서 측정하였다. 표준물질인 (+)-catechin (Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였으며, 시료 100 g 중의 mg catechin equivalents (CE, dry basis)로 나타내었다.

추출물의 DPPH 및 ABTS radical 소거활성 측정

추출물에 대한 항산화 활성은 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(Woo *et al.*, 2015). DPPH radical 소거활성은 0.2 mM DPPH 용액(99.9% ethanol에 용해) 200 μ L에 시료 10 μ L를 첨가한 후 520 nm에서 정확히 30분 후에 흡광도를 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 에탄올로 희석하였다. 희석된 ABTS 용액 200 μ L에 추출액 10 μ L를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 30분 후에 측정하였다. DPPH 및 ABTS radical 소거활성은 시료 100 g당 mg TE (Trolox equivalent antioxidant capacity)로 표현하였다.

통계분석

모든 데이터는 3회 반복 측정하였으며, mean \pm SD로 표현하였다. 또한 얻어진 결과를 통계프로그램(Statistical Analysis System; version 9.2, SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하여 각 분석항목 간의 상관관계를 분석하였다.

결과 및 고찰

혼합잡곡 첨가 취반 밥의 색도 및 기계적 조직감

시중 유통 혼합잡곡 제품 첨가 취반 밥의 색도를 측정된 결과 Fig. 1과 Table 1에 나타내었다. 백미의 명도의 경우 일반밥술과 압력밥술로 취반한 경우 각각 68.24 \pm 2.42 및 70.46 \pm 0.46으로 나타났다. 시중유통 혼합잡곡 첨가 취반 밥의 경우는 각각 56.86 \pm 6.58 및 52.16 \pm 6.56으로 나타나 취반기구에 관계없이 감소하는 것으로 나타났으며, 일반밥술과 압력밥술 간에 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다($p < 0.001$). 적색도의 경우 일반밥술과 압력밥술로 취반한 백미는 각각 -1.68 \pm 0.15 및 -2.19 \pm 0.10로 유의적인 차이를 보였다($p < 0.01$). 시중유통 혼합잡곡 첨가 취반 밥은 각각 4.00 \pm 2.15 및 4.43 \pm 1.78으로 증가하는 경향을 보였으며, 일반밥술과 압력밥술 간에 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 황색도는 일반밥술과 압력밥술로 취반한 백미에서 각각 1.36 \pm 0.27 및 2.58 \pm 0.43으로 유의적인 차이를 보였다($p < 0.01$). 시중유통 혼합잡곡 첨가 취반 밥은 각각 5.20 \pm 3.25 및 5.98 \pm 2.70으로 증가하는 경향을 보였으며, 일반밥술과 압력밥술 간에 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다($p < 0.05$).

밥의 물성은 식미와 밀접한 관련성이 있으며, Tensipresser

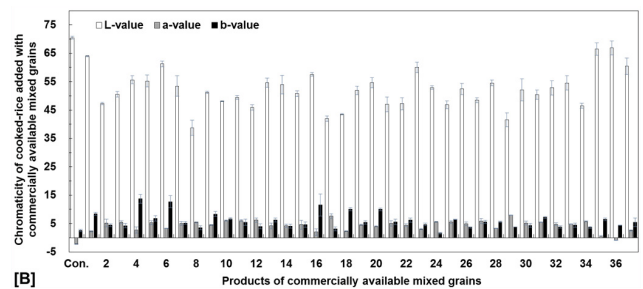
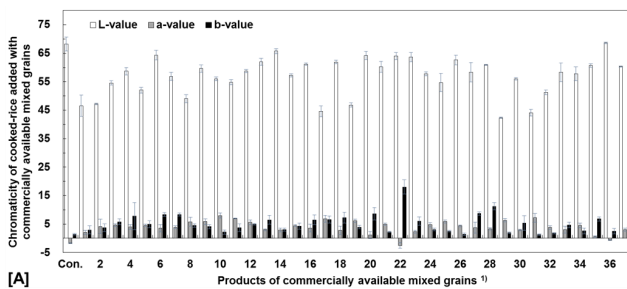


Fig. 1. The chromaticity of cooked-rice added to commercially available mixed grains. [A]: electric cooker, [B]: pressure cooker. ¹⁾Sample number used in the cooked rice with various mixed grains.

Table 1. The chromaticity of cooked-rice added to commercially available mixed grains.

Factor	L-value		a-value		b-value	
	Electric cooker	Pressure cooker	Electric cooker	Pressure cooker	Electric cooker	Pressure cooker
Mean \pm SD	56.86 \pm 6.58 ¹⁾	52.16 \pm 6.56***	4.00 \pm 2.15	4.43 \pm 1.78*	5.20 \pm 3.25	5.98 \pm 2.70*
Max	68.63	66.83	8.00	7.97	18.03	13.71
Min	42.32	38.72	-2.51	-0.89	1.28	1.64
White rice	68.24 \pm 2.42	70.46 \pm 0.46	-1.68 \pm 0.15	-2.19 \pm 0.10**	1.36 \pm 0.27	2.58 \pm 0.43**

L-, a-, and b-value of standard was 97.38, -0.02, and 1.66, respectively.

¹⁾Each value is mean \pm SD (n = 37 products \times 3). * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, and *** $p < 0.001$; a paired *t*-test comparison of different cooking methods (electric and pressure cooker) in the cooked-rice added to commercially available mixed grains.

는 texture analyzer, texturometer 등과 유사하게 밥의 경도, 점성 등 물리적인 특성을 객관적으로 평가하기 위한 기계로, 사람이 밥을 먹을 때 관능적으로 느끼는 저작감을 기계적으로 간편하게 묘사할 수 있는 방법으로 개발되었다(Naito & Ogawa, 1998). 시중 유통 혼합잡곡 첨가 취반 밥의 기계적 조직감을 Tensipresser로 측정된 결과 Fig. 2 및 Table 2와 같이 나타났다. 일반밥술과 압력밥술으로 취반한 백미의 경도(hardness)는 각각 74.69±3.58 및 37.54±3.22로 압력밥술으로 취반한 경우가 경도가 유의적으로 낮은 것을 확인하였다($p < 0.001$). 시중유통 혼합잡곡 첨가 취반 밥은 각각 122.12±44.06 및 55.09±10.62로 압력밥술으로 취반한 경우 경도가 유의적으로 낮게 나타났다($p < 0.001$). 일반밥술과 압력밥술으로 취반한 백미의 탄력(elasticity)는 각각 58.05±1.89 및 43.03±0.92로 일반밥술으로 취반한 경우가 유의적으로 높은 것으로 나타났으며($p < 0.01$), 시중유통 혼합잡곡 첨가 취반 밥은 각각 66.90±17.91 및 46.67±4.22로 압력밥술에서 유의적으로 낮게 나타났다($p < 0.001$). 일반밥술과 압력밥술으로 취반한 백미의 부착성(adhesiveness)은 각각 23.25±7.19 및 39.14±7.79로 압력밥술으로 취반한 경우가 유의적으로 높았으며($p < 0.05$), 시중유통 혼합잡곡 첨가 취반 밥은 각각

24.84±9.65 및 25.56±7.18로 취반기구간에 유의적인 차이가 없었다. 일반밥술과 압력밥술으로 취반한 백미의 찰기(stickiness)는 각각 45.89±8.71 및 71.34±2.80로 압력밥술으로 취반한 경우 찰기가 유의적으로 높은 것을 확인하였다($p < 0.001$). 시중유통 혼합잡곡 첨가 취반 밥은 각각 37.53±7.45 및 46.33±9.33으로 유의적인 차이가 없었다.

혼합잡곡 첨가 취반 밥 추출물의 페놀 화합물 함량

시중 유통 혼합잡곡 첨가 취반 밥 에탄올 추출물의 총 폴리페놀 함량은 Fig. 3 및 Table 3과 같이 나타났다. 일반밥술과 압력밥술으로 취반한 백미 추출물의 총 폴리페놀 함량은 각각 12.06±0.05 및 11.78±0.10 mg GAE/100 g으로 일반밥술으로 취반한 경우 유의적으로 약간 높은 것을 확인하였다($p < 0.01$). 시중유통 혼합잡곡 첨가 취반 밥은 각각 16.50±3.86 및 15.88±3.52 mg GAE/100 g으로 일반밥술으로 취반한 경우가 약간 높았으나 유의적인 차이는 없었다. 전보(Kim *et al.*, 2017b)에서 총 폴리페놀 함량이 가장 높은 29번 제품의 작목별 혼합비율은 찹쌀(20.01%), 현미(23.25%), 유색미(19.99%), 보리(21.50%), 콩(7.27%), 팥(2.43%), 조(2.04%), 수수(3.51%) 등이 함유되어 있었으며, 취반 후에

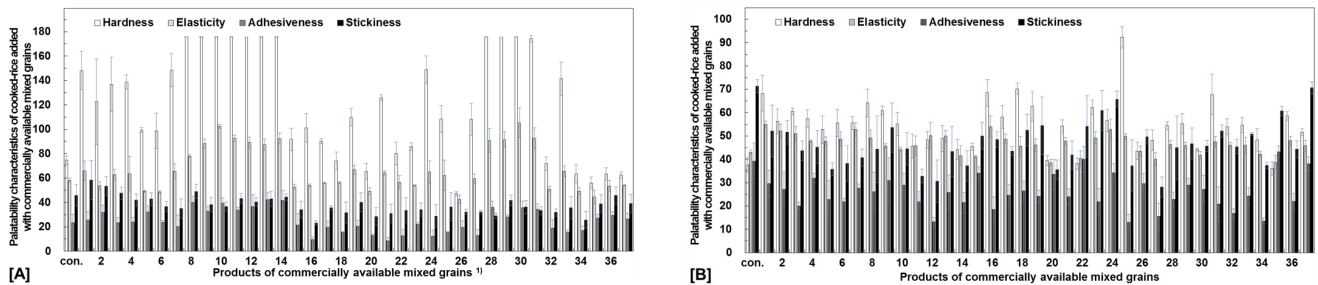


Fig. 2. Palatability characteristics of cooked-rice added to commercially available mixed grains using a rice taste analyzer. [A]: electric cooker, [B]: pressure cooker.

¹⁾ Sample number used in the cooked rice with various mixed grains.

Table 2. Palatability characteristics of cooked-rice added to commercially available mixed grains using a rice taste analyzer.

Factor	Hardness		Elasticity		Adhesiveness		Stickiness	
	Electric cooker	Pressure cooker	Electric cooker	Pressure cooker	Electric cooker	Pressure cooker	Electric cooker	Pressure cooker
Mean±SD	122.12±44.06 ¹⁾	55.09±10.62 ^{***}	66.90±17.91	46.67±4.22 ^{***}	24.84±9.65	25.56±7.18	37.53±7.45	46.33±9.33 ^{***}
Max	175.66	92.34	105.31	54.98	42.20	43.25	58.40	70.63
Min	47.22	36.05	42.57	38.58	8.62	12.99	23.21	28.10
White rice	74.69±3.58	37.54±3.22 ^{**}	58.05±1.89	43.03±0.92 ^{**}	23.25±7.19	39.14±7.79 [*]	45.89±8.71	71.34±2.80 ^{**}

¹⁾ Each value is mean ± SD (n = 37 products × 3). * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, and *** $p < 0.001$; a paired *t*-test comparison of different cooking methods (electric and pressure cooker) in the cooked-rice added to commercially available mixed grains.

일반밥솥과 압력밥솥에서 각각 25.38±0.73 및 23.94±0.56 mg GAE/100 g으로 가장 높은 함량을 나타내었다. 일반밥솥과 압력밥솥으로 취반한 백미 추출물의 총 플라보노이드 함량은 각각 1.58±0.00 및 1.55±0.02 mg CE/100 g으로 일반밥솥으로 취반한 경우 유의적으로 약간 높게 나타났다 ($p < 0.05$). 시중유통 혼합잡곡 첨가 취반 밥은 각각 6.61±2.16 및 6.54±1.85 mg CE/100 g으로 일반밥솥으로 취반한 경우가 약간 높았으나 유의적인 차이는 없었다. 플라보노이드 함량이 높은 제품으로는 일반밥솥의 경우 17번 제품으로 11.54±0.38 mg CE/100 g으로 혼합비율은 찰쌀(10.71%), 현미(28.57%), 유색미(54.20%), 보리(6.52%) 등이 함유되어 있었으며(Kim *et al.*, 2017b), 압력밥솥의 경우 29번 제품으로 10.36±0.21 mg CE/100 g으로 나타났다. 식물체에 널리 분포하는 페놀성 화합물은 다양한 구조와 분자량을 가지며, phenolic hydroxyl기가 단백질과 같은 거대분자와 결합하여 항산화, 항암 및 항균 등의 기능성을 가진다(Rice-Evans *et al.*, 1997). 또한 곡류의 페놀성 화합물은 우수한 항산화성을 가지는 것으로 보고되어 있다(Middleton & Kandaswami, 1994). 따라서 혼합잡곡을 밥에 첨가하여 먹으면 잡곡에 함유된 기능성 물질을 섭취함으로써 체내에서 산화방지를 통

해 질병 예방이 가능할 것으로 생각된다.

혼합잡곡 첨가 취반 밥 추출물의 radical 소거활성

시중 유통 혼합잡곡 첨가 취반 밥 에탄올 추출물에 대한 radical 소거활성은 항산화물질에 의해 환원되어 짙은 자색이 탈색됨으로써 항산화 물질의 전자공여능을 측정할 때 사용되고 있는 DPPH radical 소거활성(Nieva *et al.*, 2000)과 혈장에서 ABTS radical의 흡광도가 항산화제에 의해 억제되는 것에 기초하여 개발된 ABTS radical 소거활성(Kim *et al.*, 2009)을 측정한 결과 Fig. 4 및 Table 4와 같이 나타났다. 전자공여능은 지질과산화의 연쇄반응에 관여하는 free radical에 전자를 공여하여 산화를 억제시키는 척도가 되며, free radical은 인체 내에서 각종질병과 세포의 노화를 일으키므로 식물 추출물 등에서 항산화제로 작용할 수 있는 물질을 확인할 필요성이 있다(Kim *et al.*, 2009). 일반밥솥과 압력밥솥으로 취반한 백미 추출물의 DPPH radical 소거활성은 각각 3.15±0.04 및 3.71±0.07 mg TE/100 g으로 압력밥솥으로 취반한 경우 유의적으로 높은 것을 확인하였다($p < 0.001$). 시중유통 혼합잡곡 첨가 취반 밥은 각각 9.27±2.62 및 8.72±2.41 mg TE/100 g으로 일반밥솥으로 취반한 경우가 유의적

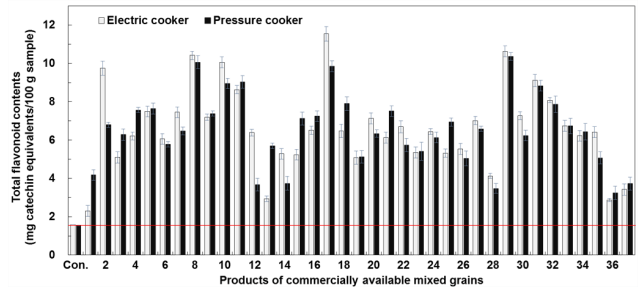
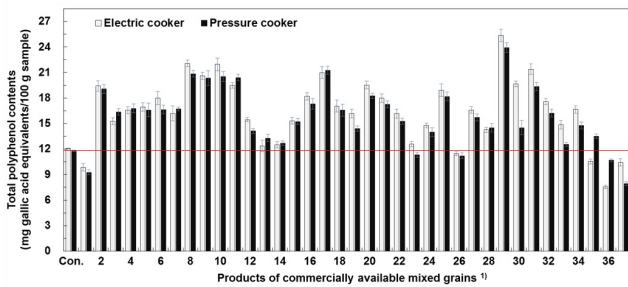


Fig. 3. Total polyphenol and flavonoid contents of ethanolic extracts from the cooked-rice added to commercially available mixed grains. Red line is the control value.

¹⁾Sample number used in the cooked rice with various mixed grains.

Table 3. Total polyphenol and flavonoid contents of ethanolic extracts from the cooked-rice added to commercially available mixed grains.

Factor	Total polyphenol contents ¹⁾		Total flavonoid contents ²⁾	
	Electric cooker	Pressure cooker	Electric cooker	Pressure cooker
Mean±SD	16.50±3.86 ³⁾	15.88±3.52	6.61±2.16	6.54±1.85
Max	25.38	23.94	11.54	10.36
Min	7.56	7.93	2.31	3.24
White rice	12.06±0.05	11.78±0.10 ^{**}	1.58±0.00	1.55±0.02 [*]

¹⁾mg gallic acid equivalents/100 g sample. ²⁾mg catechin equivalents/100 g sample. ³⁾Each value is mean ± SD (n = 37 products × 3). * $p < 0.05$, and ** $p < 0.01$; a paired *t*-test comparison of different cooking methods (electric and pressure cooker) for the cooked-rice added to commercially available mixed grains.

으로 약간 높게 나타났다($p < 0.05$). 취반 후 DPPH radical 소거활성이 높은 제품은 일반밥술의 경우 25번(16.38±1.29 mg TE/100 g) 및 17번(14.40±1.24 mg TE/100 g) 제품이었으며, 압력밥술의 경우는 17번(13.88±1.64 mg TE/100 g), 8번(13.69±1.46 mg TE/100 g) 및 29번(13.45±1.48 mg TE/100 g) 제품으로 나타났다. 25번 제품의 혼합비율은 찰쌀(8.33%), 현미(50.25%), 유색미(15.90%), 보리(19.72%), 조(1.41%), 콩(1.13%), 팥(1.28%), 수수(1.97%) 등이 함유되어 있었고, 8번 제품의 혼합비율은 찰쌀(15.23%), 현미(28.59%), 유색미(16.34%), 보리(14.15%), 콩(9.68%), 팥(3.38%), 조(1.62%), 기장(4.26%), 수수(3.11%), 울무(0.66%), 녹두(2.98%) 등이 함유되어 있었다(Kim *et al.*, 2017b).

ABTS radical 소거활성은 ABTS와 potassium persulfate를 암소에 방지하여 $ABTS^{\cdot+}$ 이 생성되면 항산화성분에 의해 $ABTS^{\cdot+}$ 이 소거되어 radical 특유의 색인 청록색이 탈색되는 원리로 측정할 수 있다(Kim *et al.*, 2009). 일반밥술과 압력밥술로 취반한 백미 추출물의 ABTS radical 소거활성은 각각 6.62±0.31 및 5.14±0.10 mg TE/100 g으로 일반밥술로 취반한 경우 유의적으로 높게 나타났다($p < 0.001$). 시중유통 혼합잡곡 첨가 취반 밥 에탄올 추출물은 각각 22.89±

4.60 및 23.07±4.49 mg TE/100 g으로 압력밥술로 취반한 경우가 약간 높았으나 유의적인 차이는 없었다. 취반 후 ABTS radical 소거활성이 높은 제품은 29번 제품으로 일반밥술과 압력밥술에서 각각 33.68±0.93 및 33.49±1.34 mg TE/100 g으로 나타났다.

이상의 결과에서 취반 후 radical 소거활성이 높은 제품들은 폐놀 성분 함량과 마찬가지로 현미, 유색미, 보리, 콩, 수수 등의 작목이 높은 제품이 높은 활성을 보이는 것으로 조사되었다. 식량작물 등에 함유된 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). 따라서 기능성이 높은 작목의 조합의 통하여 소비자의 수요와 용도에 맞는 혼합잡곡 레시피 개발이 필요할 것으로 생각된다.

혼합잡곡 첨가 취반 밥의 색도, 조직감, 항산화성분 및 활성 간의 상관관계

시중 유통 혼합잡곡 첨가 취반 밥의 색도, 조직감, 항산화

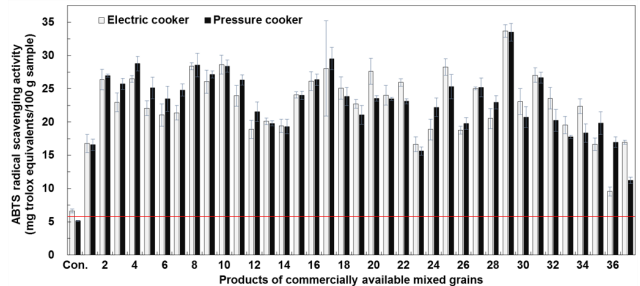
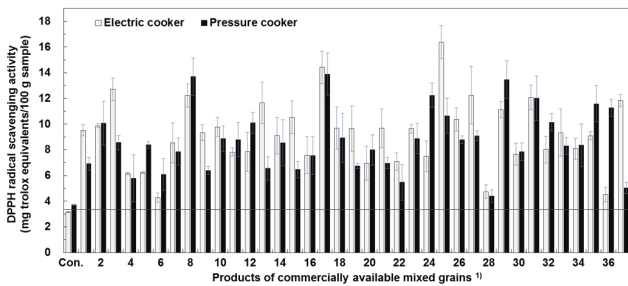


Fig. 4. DPPH and ABTS radical scavenging activities of ethanolic extracts from the cooked-rice added to commercially available mixed grains. Red line is the control value.

¹⁾Sample number used in the cooked rice with various mixed grains.

Table 4. DPPH and ABTS radical scavenging activities of ethanolic extracts from the cooked-rice added to commercially available mixed grains.

Factor	DPPH radical scavenging activity ¹⁾		ABTS radical scavenging activity ¹⁾	
	Electric cooker	Pressure cooker	Electric cooker	Pressure cooker
Mean±SD	9.27±2.62 ²⁾	8.72±2.41*	22.89±4.60	23.07±4.49
Max	16.38	13.88	33.68	33.49
Min	4.29	4.40	9.57	11.23
White rice	3.15±0.04	3.71±0.07***	6.62±0.31	5.14±0.10***

¹⁾mg trolox equivalents/100 g sample. ²⁾Each value is mean ± SD (n = 37 products × 3). * $p < 0.05$, and *** $p < 0.001$; a paired *t*-test comparison of different cooking methods (electric and pressure cooker) for the cooked-rice added to commercially available mixed grains.

Table 5. Correlation coefficients among chromaticity, palatability characteristics, total polyphenol, flavonoid contents, and radical scavenging activity of the cooked-rice added to commercially available mixed grains.

Factor	a-value	b-value	Hardness	Elasticity	Adhesiveness	Stickiness	Polyphenol	Flavonoid	DPPH	ABTS
L-value	-0.679***	0.269*	0.095	0.107	0.004	-0.147	-0.533***	-0.547***	-0.344**	-0.536***
a-value	1.000	-0.492***	0.158	0.180	0.043	-0.100	0.584***	0.534***	0.368***	0.512***
b-value		1.000	-0.143	-0.168	-0.079	-0.062	0.000	-0.034	-0.375***	0.117
Hardness			1.000	0.928***	0.251*	-0.210*	0.269*	0.147	0.134	0.133
Elasticity				1.000	0.353**	-0.196	0.264*	0.136	0.120	0.135
Adhesiveness					1.000	0.527***	-0.032	0.027	-0.095	-0.075
Stickiness						1.000	-0.265*	-0.109	-0.018	-0.218*
Polyphenol							1.000	0.841***	0.314**	0.915***
Flavonoid								1.000	0.323**	0.741***
DPPH									1.000	0.355**

^{NS}Not significant. Significant at * $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$.

성분 및 활성 간의 상관관계를 분석한 결과 Table 5와 같이 나타났다. 시중 유통 혼합잡곡 첨가 밥의 명도(L-value)는 적색도(-0.679, $p<0.001$), 총 폴리페놀 함량(-0.533, $p<0.001$), 플라보노이드 함량(-0.547, $p<0.001$), DPPH (-0.344, $p<0.01$) 및 ABTS radical 소거활성(-0.536, $p<0.001$)과 부의 상관관계를 나타내어 항산화성이 높은 유색 잡곡에 기인한 것으로 생각된다. 적색도(a-value)는 총 폴리페놀 함량(0.584, $p<0.001$), 플라보노이드 함량(0.534, $p<0.001$), DPPH (0.368, $p<0.001$) 및 ABTS radical 소거활성(0.512, $p<0.001$)과 정의 상관관계를 나타내었는데 이는 명도와 마찬가지로 유색미, 검정콩, 수수 등 유색 잡곡이 원인인 것으로 생각된다. 경도(hardness)는 탄력(0.928, $p<0.001$), 부착성(0.251, $p<0.05$), 총 폴리페놀 함량(0.269, $p<0.05$)과 정의 상관, 찰기(-0.210, $p<0.05$)와 부의 상관을 보였다. 탄력(Elasticity)은 부착성(0.353, $p<0.01$)과 총 폴리페놀 함량(0.264, $p<0.05$)과 정의 상관을 보였고 부착성(adhesiveness)은 찰기(0.527, $p<0.001$)와 정의 상관을 보였으며, 찰기(stickiness)는 총 폴리페놀 함량(-0.265, $p<0.05$) 및 ABTS radical 소거활성(-0.218, $p<0.05$)과 부의 상관을 나타내었다. 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 ABTS radical 소거활성과 각각 $r=0.915$ ($p<0.001$) 및 $r=0.741$ ($p<0.001$)로 나타나 높은 정의 상관관계를 나타내어 radical 소거활성은 천연물에 포함되어 있는 페놀성분에 기인하여 radical 소거활성을 나타내는 것으로 볼 때(Choi *et al.*, 2007), 혼합잡곡 첨가 취반 밥의 항산화성이 많이 기여하는 것으로 생각된다.

적 요

본 연구에서는 국내 시중에서 유통되는 있는 혼합잡곡 제품을 첨가하여 취반 후 품질특성과 페놀성분 함량, radical 소거활성을 검정하여 추후 소비자의 수요와 용도별 잡곡 혼합비를 설정을 위한 기초자료로 활용하고자 하였다. 시중 유통 혼합잡곡 제품 첨가 취반 밥의 명도는 백미에 비해 감소하였으며, 적색도와 황색도는 증가하는 경향을 보였다. 경도와 탄력은 압력밥솥에서 유의적으로 낮았으며, 부착성과 찰기는 일반밥솥과 압력밥솥에서 유의적인 차이가 없었다. 혼합잡곡 첨가에 따라 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 유의적으로 증가하였으며, 시중유통 혼합잡곡 첨가 취반 밥에 탄을 추출물의 총 폴리페놀 함량은 일반밥솥과 압력밥솥에서 각각 16.50 ± 3.86 및 15.88 ± 3.52 mg GAE/100 g이었고 총 플라보노이드 함량은 각각 1.58 ± 0.00 및 1.55 ± 0.02 mg CE/100 g이었다. 일반밥솥과 압력밥솥으로 취반한 혼합잡곡 첨가 취반 밥 에탄올 추출물의 DPPH radical 소거활성은 각각 9.27 ± 2.62 및 8.72 ± 2.41 mg TE/100 g으로 일반밥솥으로 취반한 경우가 유의적으로 약간 높았다. ABTS radical 소거활성은 각각 22.89 ± 4.60 및 23.07 ± 4.49 mg TE/100 g으로 압력밥솥으로 취반한 경우가 약간 높았으나 유의적인 차이는 없었다. 현미, 유색미, 보리, 콩, 수수 등의 잡곡 함유율이 높을수록 제품의 페놀 성분 함량과 radical 소거활성이 높게 나타났다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 AGENDA 연구사업(ATIS 과제번호: PJ01175402)의 지원에 의해 이루어진 것임.

인용문헌(REFERENCES)

- Awika, J. M., L. W. Rooney, and R. D. Waniska. 2004. Anthocyanins from black sorghum and their antioxidant properties. *Food Chem.* 90 : 293-301.
- Choi, Y., H. S. Jeong, and J. Lee. 2007. Antioxidant activity of methanolic extracts from some grains consumed in Korea. *Food Chem.* 103 : 130-138.
- Dykes, L. and L. W. Rooney. 2006. Sorghum and millet phenols and antioxidants. *J. Cereal Sci.* 44 : 236-251.
- Grimmer, H. R., V. Parbhoo, and R. M. McGrath. 1992. Antimutagenicity of polyphenol-rich fraction from *Sorghum bicolor* grain. *J. Sci. Food Agric.* 59 : 251-256.
- Ha, Y. D. and S. P. Lee. 2001. Characteristics of proteins in Italian millet, sorghum and common millet. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* 8 : 187-192.
- Hawrylewicz, E. J., J. J. Zapata, and W. H. Blair. 1995. Soy and experimental cancer: Animal studies. *J. Nutr.* 125 : 698-708.
- Jang, H. L., H. J. Im, Y. Lee, K. W. Kim, and K. Y. Yoon. 2012. A survey on the preferences and recognition of multigrain rice by adding grains and legumes. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 41 : 853-860.
- Jeong, H. S., S. Y. Lee, N. K. Park, H. S. Hur, and Y. K. Min. 1998. Isolation and concentration technique of β -glucan for development of functional foods. *RDA J. Agric. Sci.* 40 : 81-87.
- Jeong, K. H., J. H. Seo, and Y. J. Jeong. 2005. Characteristics of soybean hydrolysates prepared with various protease. *Korean J. Food Preserv.* 12 : 460-464.
- Jung, Y. J., Y. J. Cho, K. W. Kim, and K. Y. Yoon. 2013. Current status and development plan of domestic cereal industry. *Food Preserv. Processing Indust.* 12 : 31-39.
- Kil, H. Y., E. S. Seong, B. K. Ghimire, I. M. Chung, S. S. Kwon, E. J. Goh, K. Heo, M. J. Kim, J. D. Lim, D. Lee, and C. Y. Yu. 2009. Antioxidant and antimicrobial activities of crude sorghum extract. *Food Chem.* 115 : 1234-1239.
- Kim, J. E., S. I. Joo, J. H. Seo, and S. P. Lee. 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. J., K. H. Lee, J. Y. Ko, H. J. Kim, S. K. Lee, H. Y. Park, E. Y. Sim, D. H. Cho, S. K. Oh, and K. S. Woo. 2017a. Effect of cooking methods on cooked and antioxidant characteristics of cooked mixed grain rice with added proso millet. *Korean J. Food Nutr.* 30 : 218-225.
- Kim, M. J., J. Y. Ko, K. H. Lee, H. J. Kim, S. K. Lee, H. Y. Park, E. Y. Sim, S. K. Oh, and K. S. Woo. 2017b. Quality and antioxidant characteristics of commercially available mixed grains in Korea. *Korean J. Food Nutr.* 30 : 31-40.
- Kim, S. M., Y. S. Cho, and S. K. Sung. 2001. The antioxidant ability and nitrite scavenging ability of plant extracts. *Korean J. Food Sci. Technol.* 33 : 626-632.
- Kim, Y. H. 2003. Biological activities of soyasaponins and their genetic and environmental variations in soybean. *Korean J. Crop Sci.* 48 : 49-57.
- Kim, Y. S. and G. C. Lee. 2006. A survey on the consumption and satisfaction degree of the cooked rice mixed with multi-grain in Seoul, Gyeonggi and Kangwon area. *Korean J. Food Cult.* 21 : 661-669.
- Ko, J. Y., S. B. Song, M. E. Choe, K. S. Woo, J. M. Choi, D. Y. Kwak, K. Y. Kim, T. W. Jung, J. C. Ko, and I. S. Oh. 2016. Quality characteristics and antioxidant activities of powdery instant porridge by characteristics of endosperm of foxtail millet. *Korean J. Food Nutr.* 29 : 465-473.
- Lee, H. J., Y. A. Kim, and H. S. Lee. 2006. Annual changes in the estimated dietary fiber intake of Korean during 1991-2001. *Korean J. Nutr.* 39 : 549-559.
- Middleton, E. and C. Kandaswami. 1994. Potential health-promoting properties of citrus flavonoids. *Food Technol.* 48 : 115-119.
- Naito, S. and T. Ogawa. 1998. Tensipersser precision in measuring cooked rice adhesiveness. *J. Texture Stud.* 29 : 325-335.
- Nieva, M. M., A. R. Sampietro, and M. A. Vattuone. 2000. Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. *J. Ethnopharmacol.* 71 : 109-114.
- Quershi, A., W. C. Burger, N. Prentice, H. R. Bird, and M. L. Sunde. 1980. Regulation of lipid metabolism in chicken liver by dietary cereals. *J. Nutr.* 110 : 388-393.
- Rice-Evans, C. A., N. J. Miller, and G. Paganga. 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Sci.* 2 : 152-159.
- Ryu, S. H. and G. S. Moon. 2003. Antioxidative and antiaging effects of dietary yellow and black soybean in rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32 : 591-597.
- Song, S. B., J. Y. Ko, J. I. Kim, J. S. Lee, T. W. Jung, K. Y. Kim, D. Y. Kwak, I. S. Oh, and K. S. Woo. 2013. Changes in physicochemical characteristics and antioxidant activity of adzuki bean and adzuki bean tea depending on the variety and roasting time. *Korean J. Food Sci. Technol.* 45 : 317-324.
- Takahashi, M., C. Konno, and H. Hikino. 1986. Isolation and hypoglycemic activity of coixans A, B and C, glycans of *Coix lachryma-jobi* var. ma-yuen seeds. *Planta Med.* 52 : 64-65.
- Takahashi, S., M. Kuno, K. Nishizawa, and K. Kainuma. 2000. New method for evaluation the texture and sensory attributes of cooked rice. *J. Appl. Glycosci.* 47 : 343-353.
- Tanimura, A. 1961. Studies on the anti-tumor components in the seeds of *Coix lachryma-jobi* L. var. ma-yuen (Roman.) Stapf. II. The structure of coixenolide. *Chem. Phar. Bull.* 9 : 45-53.

- Tsuda, T., K. Shiga, K. Ohshima, S. Kawakishi, and T. Osawa. 1996. Inhibition of lipid peroxidation and the active oxygen radical scavenging effect of anthocyanin pigments isolated from *Phaseolus vulgaris* L. *Biochem. Pharmacol.* 52 : 1033-1039.
- Woo, K. S., J. Y. Ko, and H. S. Jeong. 2014. Effect of milling time on antioxidant compounds and activities of methanol extracts of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. *Food Sci. Biotechnol.* 23 : 1741-1746.
- Woo, K. S., M. C. Seo, J. R. Kang, J. Y. Ko, S. B. Song, J. S. Lee, B. G. Oh, G. D. Park, Y. H. Lee, M. H. Nam, and H. S. Jeong. 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.
- Woo, K. S., S. B. Song, J. Y. Ko, J. S. Lee, T. W. Jung, and H. S. Jeong. 2015. Changes in antioxidant contents and activities of adzuki beans according to germination time. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 44 : 687-694.