

발아 조와 기장 첨가 밥의 호화 및 항산화 특성

†우관식 · 김미정 · 고지연* · 심은영 · 김현주 · 이석기 · 박혜영 · 조동화 · 오세관 · 전용희 · 이춘기
농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부, *농촌진흥청 국립식량과학원 남부작물부

Pasting Properties and Antioxidant Characteristics of Germinated Foxtail Millet and Proso Millet with Added Cooked Rice

†Koan Sik Woo, Mi-Jung Kim, Jee Yeon Ko*, Eun-Yeong Sim, Hyun-Joo Kim, Seuk Ki Lee,
Hye Young Park, Dong-Hwa Cho, Sea Kwan Oh, Yong Hee Jeon and Choon Ki Lee

Dept. of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16429, Korea

*Dept. of Southern Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Miryang 50424, Korea

Abstract

This study was carried out to analyze the pasting and antioxidant characteristics of cooked mixed grains consisting of germinated millet and rice with varying addition rates and cooking methods. In this study, we chose two foxtail millets: glutinous ('Samdachal') and non-glutinous ('Samdame'), along with a glutinous proso millet ('Ibaekchal'). Cooked mixed grain rice-added germinated millet was cooked by general and high pressure cooking methods, with and without fermented alcohol. The peak and trough viscosity of germinated millet were decreased significantly with increasing amounts of germinated millet. The phenolic compounds and radical scavenging activity of cooked rice-added germinated millet increased significantly with the addition of germinated millet ($p < 0.05$). The total polyphenol contents of cooked rice-added germinated Samdachal, Samdame, and Ibaekchal were 127.74~194.11, 128.20~192.56, and 128.88~171.28 $\mu\text{g GAE/g}$, respectively. The total flavonoid contents were 13.79~30.23, 14.77~25.99, and 15.28~29.56 $\mu\text{g CE/g}$, respectively. DPPH and ABTS radical scavenging activities were 3.31~5.73 and 6.31~9.69 mg TE/100 g for cooked rice-added germinated Samdachal; 3.14~8.58 and 6.05~10.19 mg TE/100 g for Samdame; and 3.37~7.45 and 6.27~9.27 mg TE/100 g for Ibaekchal, respectively. In this study, phenolic compounds and radical scavenging activity of cooked mixed grain rice-added germinated millet with different addition rates and cooking methods can be used as basic data for manufacturing processed products.

Key words: foxtail millet, proso millet, germination, pasting characteristics, radical scavenging activity

서 론

식물 종자의 발아는 배아와 배젓의 DNA 유전정보가 활성화 되고, 각종 효소의 활성화 및 영양소가 증가하여 최대의 영양상태가 갖춘 단계를 의미한다(Bartnick & Szafranska 1987). 종자가 발아되면서 단백질과 아미노산, 지방산, 탄수화물, 비타민, 미네랄, 식이섬유 등의 영양성분이 변화하며, γ -oryzanol이나 arabinoxylane, GABA, vitamin E 등의 생리활

성 성분들도 증가하는 것으로 알려져 있다. 또한 발아 중에 효소가 활성화되어 영양성분의 체내 흡수가 용이하게 된다(Lee 등 2007). 지금까지 식물종자의 발아 중 일반성분의 함량 변화에 관한 많은 연구가 보고되었고(Lee 등 1994; Choi & Kim 1985; Colmenares de Ruiz & Bressani 1990; Kim 등 1985; Hsu 등 1980), 그 외 각종 효소나 효소 저해제의 하나인 트립신 저해제의 변화(Ikeda 등 1984)에 관한 연구들이 수행되어져 왔으며, 특히 발아현미의 항산화(Kang 등 2006), 항비

† Corresponding author: Koan Sik Woo, Dept. of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16429, Korea. Tel: +82-31-695-0616, Fax: +82-31-695-4085, E-mail: weeks@korea.kr

만(Choi 등 2006) 및 향암 활성(Kim 등 2010)에 대한 연구가 보고되었다.

잡곡은 넓은 의미에서 백미와 찰쌀을 제외한 보리, 콩, 팥, 옥수수, 조, 기장, 수수 등을 의미하며, 비타민, 무기질 및 식이섬유 등이 쌀에 비해 2~3배 정도 많이 함유하고 있고 다양한 생리활성물질을 함유하고 있어 건강을 유지에 중요한 역할을 하고 있다(Kim & Lee 2006).

조(foxtail millet, *Setaria italica* Beauv.)는 최근 식품의 기능이 칼로리 중심에서 기호성, 기능성, 생체조절 기능으로 확대되면서 새롭게 주목을 받고 있다(Amadou 등 2013; Ko 등 2011a). 조는 입안에서 감촉이나 맛이 우수하지는 않지만, 배변을 원활히 하여 변비를 예방하고, 대장암을 예방한다(Ha & Lee 2001). 특히 쌀에 비해 식이섬유는 3~10배, 칼슘은 3~5배, 철분은 3배 더 높아 영양학적으로 우수하다(FAO 1995). 또한 향산화 물질이 많이 함유하고 있어 콜레스테롤 저하, 당뇨 예방 등 성인병과 불면증 예방에도 효과가 있다고 알려져 있다(Amadou 등 2013; Ko 등 2011a; Woo 등 2012).

기장(proso millet, *Panicum miliaceum* L.)은 쌀에 비해 소화율은 떨어지나, 단백질, 지방질, 비타민 A 등이 풍부하고, 떡을 만들면 소화율이 향상된다(Ha & Lee 2001). 또한 기장은 다른 millet 종류에 비하여 단백질 및 무기성분 함량이 다소 높은 편이며(Park 등 1999), 조, 수수 등과 더불어 아프리카와 동남아시아에서 중요한 전통적 식량원이다(Choi 1992; Jong 등 1995).

조와 기장은 혼반용으로 사용되고 있으나 이용성 증진을 위한 연구는 많이 찾아볼 수 없다. 또한 기능성 증진을 위해 발아를 처리한 연구로는 발아시간에 따라 화학성분의 변화에 대한 연구(Ko 등 2011a), 발아온도에 따라 잡곡의 미네랄과 향산화 특성에 대한 연구(Ko 등 2011b) 등이 보고되었다. 따라서 본 연구에서는 발아시킨 조와 기장을 첨가한 밥의 식미와 기능성을 높이고자 하여 첨가비율과 취반방법을 달리 하여 밥을 제조하고, 호화특성과 향산화 특성을 분석하였다. 또한 Lee 등(2016b)의 연구에 따르면 곡류 가열처리 시 알코올의 첨가는 bound-form의 성분의 분리를 용이하게 해 주어 기능성이 향상된다고 보고하였으며, 이를 기초로 발아 조와 기장 첨가 잡곡밥의 기능성 증진을 위해 발효주정을 첨가하여 그 효과를 확인하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료 및 발아잡곡 제조

본 연구에 사용된 재료는 농촌진흥청 국립식량과학원에서 2016년에 재배한 품종을 이용하였으며, 백미는 삼광(*Oryza sativa* cv. Samkwang), 조는 삼다메(*Setaria italica* Beauv. cv.

Samdamae)와 삼다찰(cv. Samdachal), 기장은 이백찰(*Panicum miliaceum* L. cv. Ibaekchal)을 이용하였다. 백미는 제현기(Model SY88-TH, Ssangyong Ltd., Incheon, Korea) 및 정미기(MC-90A, Satake, Hiroshima, Japan)를 이용하여 시험재료를 제조하였다. 조와 기장은 실험용 제현기(SY88-TH, Ssang Yong Machine Ind., Incheon, Korea)로 겉껍질을 제거하여 발아용 시료로 사용하였다. 발아잡곡 제조는 전보(Ko 등 2011a)의 방법에 따라 콩나물재배기(SC-9000A, Shinchang INC, Busan, Korea)를 30℃로 설정된 배양기(DS-13MCL, Dasol Scientific Co., Ltd., Hwaseong, Korea)에 넣어 제조하였으며, 20분 간격으로 1분간 살수하도록 설정하였다. 분석용 시료로 제조한 발아잡곡은 85% 이상 발아되었을 때로 하였으며, 조는 16시간, 기장은 12시간 발아시켰다. 시료는 4℃ 냉장고에 저장하면서 사용하였고, 성분 분석을 위해 Vibrating sample mill(CMT Co., Ltd., Tokyo, Japan)로 분쇄하여 사용하였다.

2. 발아 조 및 기장 첨가비율별 호화특성 분석

발아 조 및 기장 첨가비율별(0, 5, 10, 15 및 20%) 호화특성은 Kim 등(2012)의 방법에 준하여 신속점도측정계(Rapid Visco Analyzer, Model RVA-3D, Newport Scientific, Warriewood, Australia)로 분석하였다. 시료를 60 mesh 이상으로 분쇄한 후, 3g을 칭량하여 알루미늄 캔 용기에 투입하고, 25 mL의 증류수에 분산시켜 50℃에서 1분간 유지시킨 후 50℃에서 95℃까지 3.48분 동안 상승시키고, 95℃에서 2.05분간 유지시켰다. 그 후, 다시 3.48분 동안에 50℃로 냉각시키면서 점도 특성을 조사하였다. 총 실험 시간은 약 13분이며, 실험 후 최고점도(peak viscosity), 최저점도(trough), 강하점도(break down), 최종점도(final viscosity) 및 치반점도(set back)를 측정하여 특성을 비교하였다.

3. 취반방법

발아잡곡 첨가비율별 밥의 제조는 백미 100, 95, 90, 85 및 80 g에 발아 조 및 기장을 각각 0, 5, 10, 15 및 20 g을 첨가하여 밥을 제조하였다. 쌀을 3회 수세한 다음 상온(25℃)에서 30분간 물에 침지한 후 건져서 체에 받쳐 물기를 제거하여 이용하였으며, 가수량은 수세 전 시료무게 기준으로 1.2배, 즉 120 mL를 첨가하여 취반하였다. 또한 곡류에 열처리시 알코올 첨가가 기능성이 향상되는 연구(Lee 등 2016b)를 기초로 발아잡곡 첨가 잡곡밥의 기능성 증진을 위해 발효주정 첨가효과를 확인하고자 하였다. 발효주정 첨가하여 취반할 경우는 예비 실험을 통하여 적정 첨가비율을 설정하였으며, 물 100 mL와 발효주정 20 mL를 넣어 취반하였다. 취반기구는 현미취반 겸용 전기보온밥솥(Cuckoo, CR-0671V, Seoul, Korea)과 전기압력밥솥(Cuckoo, EHS035FW)을 사용하였고, 전기보

온밥솥과 전기압력밥솥은 자동 소화된 후 15분간 뜸을 들이고 취반에 사용하였다.

4. 발아 조와 기장 첨가비율별 취반 밥 추출물 제조 및 항산화성분 함량 분석

발아 조와 기장 원료곡 및 발아 조 및 기장 첨가비율별 취반 밥의 페놀성분 및 라디칼 소거 활성을 분석하기 위해 취반한 시료 전체를 80% 에탄올을 넣고 homogenizer(HG-15A, Daihan Scientific Co., Ltd. Wonju, Korea)로 균질화시킨 후, 상온에서 24시간동안 진탕추출(WiseCube WIS-RL010, Daihan Scientific Co., Ltd.)한 다음, No. 2 여과지(Advantec, Toyo Roshi Kaisha, Ltd. Tokyo, Japan)로 여과하여 -20℃ 냉동고에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다. 추출물에 대한 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 Lee 등(2016a)의 방법으로 분석하였다. 총 폴리페놀 함량은 추출물 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 작성하였으며, 시료 g 중의 µg gallic acid equivalents(GAE, dry basis)로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 추출물 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 첨가하고, 11분 후 반응액의 흡광도 값을 510 nm에서 측정하였다(Lee 등 2016b). 표준물질인 (+)-catechin(Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였으며, 시료 g 중의 µg catechin equivalents(CE, dry basis)로 나타내었다.

5. 발아 조와 기장 첨가비율별 취반 밥 추출물의 DPPH 및 ABTS radical 소거활성 측정

발아 조와 기장 첨가비율별 취반 밥 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(Lee 등 2016b). DPPH radical 소거 활성은 0.2 mM DPPH 용액(99.9% ethanol에 용해) 0.8 mL에 시료 0.2 mL를 첨가한 후 520 nm에서 정확히 30분 후에 흡광도 감소치를 측정하였다. ABTS radical 소거 활성은 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 1 mL에 추출액 50 µL를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 30분 후에 측정하였다. DPPH 및 ABTS radical 소거활성은 시료 100 g당 mg TE(Trolox equivalent antioxidant capa-

city)로 표현하였다.

6. 통계분석

각 항목의 측정값은 SPSS통계 프로그램(Statistical Package Social Science, Version.12.0, IBM Corporation, USA)을 이용하여 각 측정 군의 평균과 표준편차를 산출하였으며, *t*-test 및 분산분석(ANOVA)과 다중범위검정(Duncan's multiple range test)으로 시료간의 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 발아 전후 조와 기장의 페놀 성분 함량 및 radical 소거활성

시료로 사용한 삼광 백미와 조(삼다찰, 삼다메), 기장(이백찰)의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량을 분석한 결과, Table 1과 같이 나타났다. 원료로 사용한 백미(삼광)의 총 폴리페놀 함량은 597.38 µg GAE/g이었으며, 삼다찰 발아 전후에 각각 1,274.29 및 1,107.14 µg GAE/g, 삼다메는 각각 1,217.14 및 865.71 µg GAE/g, 이백찰은 791.43 및 842.86 µg GAE/g의 함량을 나타내었다. 발아에 따라서 삼다찰과 삼다메의 경우, 발아 후 총 폴리페놀 함량이 유의적으로 감소하였고, 이백찰은 증가하는 경향을 보였다($p < 0.05$). 원료로 사용한 백미(삼광)의 총 플라보노이드 함량은 39.86 µg CE/g이었으며, 삼다찰 발아 전후에 각각 175.07 및 336.40 µg CE/g, 삼다메는 각각 111.07 및 63.07 µg CE/g, 이백찰은 339.07 및 323.07 µg CE/g의 함량을 나타내었다. 발아에 따라 삼다찰의 총 플라보노이드 함량은 유의적으로 증가하는 경향을 보였고, 삼다메는 유의적으로 감소하였으며($p < 0.05$), 이백찰은 약간 감소하였으나 유의적인 차이는 없었다. Ko 등(2011b)의 보고에 의하면 발아시키지 않은 황금조와 노란찰기장의 총 폴리페놀 함량은 각각 0.82 및 0.69 mg/g으로 보고하였으며, 25℃에서 발아시킨 시료는 각각 0.78 및 0.50 mg/g, 30℃에서 발아시킨 시료는 각각 0.78 및 0.44 mg/g으로 발아에 따라 유의적으로 약간 감소하는 것으로 보고하였다.

백미와 발아 전후의 조와 기장의 DPPH 및 ABTS radical 소거활성은 Table 1과 같이 백미는 각각 8.30 및 38.45 mg TE/100 g으로 나타났다. 삼다찰 발아 전후의 DPPH radical 소거활성은 각각 32.95 및 14.03 mg TE/100 g, 삼다메는 각각 34.28 및 11.87 mg TE/100 g, 이백찰은 11.37 및 17.15 mg TE/100 g의 활성을 나타내었다. 발아에 따라 삼다찰과 삼다메의 DPPH radical 소거활성은 유의적으로 감소하는 경향을 보였으며, 이백찰은 유의적으로 증가하는 경향을 보였다($p < 0.05$). 삼다찰 발아 전후의 ABTS radical 소거활성은 각각 48.90 및 39.36 mg TE/100 g, 삼다메는 각각 39.42 및 35.91 mg TE/100 g, 이백찰은 39.25 및 27.69 mg TE/100 g의 활성을 나타내었다.

Table 1. Phenolic compound contents and radical scavenging activity of the ethanolic extracts on ungerminated and germinated foxtail millet and proso millet

Variety	Treatment	Total polyphenol contents ¹⁾	Total flavonoid contents ²⁾	Radical scavenging activity ³⁾	
				DPPH radical	ABTS radical
Samdachal	Ungermination	1,274.29±30.89 ^{4)ab5)}	175.07±10.07 ^b	32.95±1.48 ^a	48.90±2.40 ^b
	Germination	1,107.14±32.18 ^c	336.40±34.64 ^a	14.03±3.11 ^c	39.36±1.49 ^b
Samdame	Ungermination	1,217.14±45.29 ^b	111.07±8.33 ^c	34.28±2.74 ^a	39.42±1.52 ^b
	Germination	865.71±17.93 ^d	63.07±2.31 ^d	11.87±2.35 ^c	35.91±3.09 ^b
Ibaekchal	Ungermination	791.43±12.78 ^c	339.07±32.08 ^a	11.37±1.27 ^c	39.25±2.51 ^b
	Germination	842.86±15.65 ^d	323.07±16.17 ^a	17.15±1.63 ^b	27.69±1.10 ^c
Samkwang	White rice	597.38±12.95 ^f	39.86±1.33 ^d	8.30±1.25 ^d	38.45±0.51 ^b

¹⁾ µg gallic acid equivalents (GAE)/g sample.

²⁾ µg catechin equivalents (CE)/g sample.

³⁾ mg trolox equivalents (TE)/100 g sample.

⁴⁾ Each value is mean±S.D. (n=3).

⁵⁾ Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ($p<0.05$) different by Duncan's multiple range test.

발아에 따라 삼다찰과 이백찰의 ABTS radical 소거활성은 유의적으로 감소하는 경향을 보였으며($p<0.05$), 삼다메는 약간 감소하였으나 유의적인 차이는 없었다. Ko 등(2011b)의 보고에 의하면 발아시키지 않은 황금조와 노란찰기장의 ABTS radical 소거활성이 각각 6.50 및 6.82 mg AEAC/g으로 보고하였으며, 25°C에서 발아시킨 시료는 각각 6.21 및 5.47 mg AEAC/g, 30°C에서 발아시킨 시료는 각각 5.92 및 4.94 mg AEAC/g으로 발아에 따라 유의적으로 약간 감소하는 것으로 보고하여 본 연구와 유사한 경향을 보였다.

2. 발아잡곡 첨가비율별 호화특성

조(삼다찰, 삼다메)와 기장(이백찰)의 첨가비율에 따른 호화특성을 분석한 결과, Table 2와 같이 나타났다. 발아 조와 기장의 첨가비율이 0, 5, 10, 15 및 20%로 증가함에 따라 삼다찰, 삼다메 및 이백찰의 최고점도(peak viscosity)는 각각 195.00~174.83, 195.00~142.00 및 195.00~164.25 RVU, 최저점도(trough viscosity)는 각각 127.89~101.58, 127.89~89.66 및 127.89~95.34 RVU로 발아잡곡 첨가비율이 증가할수록 유의적으로 감소하는 것으로 나타났다($p<0.05$). 강하점도(break down)는 각각 67.11~73.25, 67.11~52.33 및 67.11~68.92 RVU, 최종점도(final viscosity)는 각각 251.97~202.19, 251.97~196.86 및 251.97~202.30 RVU로 나타났으며, 치반점도는 각각 61.55~27.36, 61.50~54.86 및 59.69~38.06 RVU로 나타났다. Ha 등(2006)에 의하면 식미가 양호한 품종들은 최고점도와 최종점도가 높고, 이들 모두 아밀로오스와 부의 상관관계를 보이며, 아밀로오스 함량이 낮은 그룹에서 식미가 더 높을 것이라고 하였다. 본 연구결과, 상대적으로 아밀로오스 함량이

높은 삼다메에서 최고점도와 최종점도가 낮은 경향을 나타내어 삼다찰이나 이백찰이 식미가 더 높을 것으로 예상된다. 치반점도는 최종점도와 최저점도 간의 차이로 전분 분자의 재배열에 의한 전분의 노화현상에 의해 나타나며, 낮을수록 노화 지연을 의미한다(Lee 등 2016a). 따라서 본 연구결과, 발아잡곡 첨가비율이 감소하는 것으로 보아 노화 진행이 지연될 것으로 예상되며, 삼다메에 비해 삼다찰이나 이백찰을 첨가한 밥이 노화진행 속도가 지연될 것으로 생각된다.

3. 발아잡곡 첨가비율 및 취반방법에 따른 항산화성분 함량

발아잡곡을 첨가하여 제조한 밥의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 Fig. 1~3과 같이 첨가비율이 증가됨에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 보였다($p<0.05$). 백미에 물만 첨가하여 일반밥술으로 취반하였을 경우 총 폴리페놀 함량은 120.03 µg GAE/g이었고, 압력밥술은 118.95 µg GAE/g, 10% 발효주정을 첨가하였을 경우, 일반밥술과 압력밥술에서 각각 119.89 및 120.11 µg GAE/g으로 나타났다. 백미에 물만 첨가하여 일반밥술과 압력밥술에서 총 플라보노이드 함량은 각각 15.76 및 15.42 µg CE/g이었고, 10% 발효주정을 첨가하였을 경우는 각각 15.74 및 15.69 µg CE/g으로 나타났다. 발아삼다찰을 첨가한 밥의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 Fig. 1과 같이 각각 127.74~194.11 µg GAE/g 및 13.79~30.23 µg CE/g의 범위로 첨가비율이 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다($p<0.05$). 가장 높은 함량을 보인 처리는 총 폴리페놀 함량은 발아 삼다찰 20%에 10% 발효주정을 첨가하여 일반밥술으로 취반한 처리(194.11 µg GAE/g)이고, 총 플라보노이드 함량은 발아 삼다찰 20%에 물만 첨가하

Table 2. Pasting characteristics of cooked rice with mixing ratio of foxtail millet and proso millet

Variety	Mixing ratio of millet (%)	Peak viscosity (RVU ¹⁾)	Trough viscosity (RVU)	Break down ²⁾ (RVU)	Final viscosity (RVU)	Set back ³⁾ (RVU)
Samdachal	0	195.00±1.38 ^{4)a5)}	127.89±2.49 ^a	67.11±3.88 ^b	251.97±2.30 ^a	56.97±3.64 ^b
	5	186.05±2.18 ^b	125.78±2.29 ^a	60.28±0.13 ^c	247.61±2.31 ^b	61.55±0.89 ^a
	10	182.75±0.22 ^{bc}	115.31±0.75 ^b	67.44±0.71 ^b	231.50±1.81 ^c	48.75±1.59 ^c
	15	180.89±2.26 ^c	104.39±1.50 ^c	76.50±2.10 ^a	213.92±2.21 ^d	33.03±2.38 ^d
	20	174.83±2.69 ^d	101.58±2.45 ^c	73.25±1.52 ^a	202.19±1.27 ^e	27.36±1.47 ^c
Samdame	0	195.00±1.38 ^a	127.89±2.49 ^a	67.11±3.88 ^a	251.97±2.30 ^a	56.97±3.64 ^b
	5	177.56±2.48 ^b	115.08±3.22 ^b	62.47±3.00 ^b	239.06±3.56 ^b	61.50±2.41 ^a
	10	164.80±0.46 ^c	103.08±2.43 ^c	61.72±1.99 ^b	221.78±2.77 ^c	56.97±2.33 ^b
	15	153.03±1.79 ^d	95.86±3.08 ^d	57.17±1.32 ^c	210.47±2.71 ^d	57.44±0.93 ^{ab}
	20	142.00±2.07 ^e	89.66±1.66 ^e	52.33±0.65 ^d	196.86±2.00 ^e	54.86±0.75 ^b
Ibaekchal	0	195.00±1.38 ^a	127.89±2.49 ^a	67.11±3.88 ^{ab}	251.97±2.30 ^a	56.97±3.64 ^{ab}
	5	183.44±1.61 ^b	120.92±5.65 ^b	62.53±4.14 ^b	243.14±6.35 ^b	59.69±4.76 ^a
	10	178.11±1.92 ^c	109.20±3.24 ^c	68.92±2.92 ^{ab}	229.78±3.24 ^c	51.67±2.51 ^b
	15	173.64±1.51 ^d	101.58±2.32 ^d	72.05±3.70 ^a	216.31±2.48 ^d	42.67±3.68 ^c
	20	164.25±1.73 ^e	95.34±1.28 ^e	68.92±2.99 ^{ab}	202.30±0.29 ^e	38.06±2.01 ^c

- 1) Rapid visco units.
- 2) Peak viscosity minus trough viscosity.
- 3) Final viscosity minus peak viscosity.
- 4) Each value is mean±S.D. (n=3).
- 5) Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

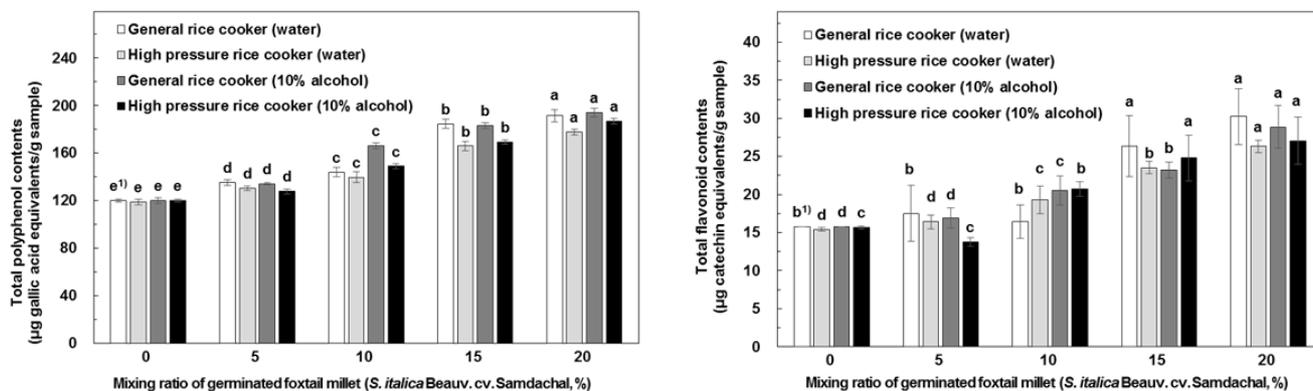


Fig. 1. Total polyphenol and flavonoid contents of the ethanolic extracts of cooked rice with mixing ratio of germinated foxtail millet (*Setaria italica* Beauv. cv. Samdachal). ¹⁾ Any means in the same bar followed by the same letter are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

여 일반밥술으로 취반한 처리(30.23 µg CE/g)로 나타났다. 발아 삼다미를 첨가한 밥의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 Fig. 2와 같이 각각 128.20~192.56 µg GAE/g 및 14.77~25.99 µg CE/g의 범위로 첨가비율이 증가함에 따라 유의적

로 증가하는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 가장 높은 함량을 보인 처리는 총 폴리페놀 함량은 발아 삼다미 20%에 10% 발효주정을 첨가하여 일반밥술으로 취반한 처리(192.56 µg GAE/g)이고, 총 플라보노이드 함량은 발아 삼다찰 20%에 물만 첨가

하여 일반밥솥으로 취반한 처리(25.99 µg CE/g)로 나타났다. 발아 이백찰을 첨가한 밥의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 Fig. 3과 같이 각각 128.88~171.28 µg GAE/g 및 15.28~29.56 µg CE/g의 범위로 첨가비율이 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 가장 높은 함량을 보인 처리는 총 폴리페놀 함량은 발아 이백찰 20%에 10% 발효주정을 첨가하여 압력밥솥으로 취반한 처리(171.28 µg GAE/g)이고, 총 플라보노이드 함량은 발아 이백찰 20%에 물만 첨가하여 일반밥솥으로 취반한 처리(29.56 µg CE/g)로 나타났다. 곡류의 페놀 화합물들은 free radical을 안정화시킬 수 있는 phenolic ring이 있어 높은 항산화활성을 가지며(Middleton & Kandaswami 1994), 페놀 화합물의 phenolic hydroxyl기가 거대 분자와 결합하여 다양한 항산화, 항암 및 항균 등의 생리기능을 가지는 것으로 알려져 있다(Rice-Evans 등 1997). 또한 곡류의 플라보노이드는 주로 안토시아닌, 플라보놀, 플라본, 카테킨 및 플라바논 등으로 구성되어 있으며, 그 구조에 따라

다양한 생리활성을 갖는다(Ham 등 2015). 본 연구결과, 발아 된 조와 기장의 첨가비율이 증가함에 따라 뚜렷하게 페놀 화합물의 함량이 증가하였으며, 취반방법에 따른 차이를 나타 내어 취반 물 첨가와 밥솥에 따라 함량이 달라지는 것을 확인 할 수 있었다.

4. 발아잡곡 첨가비율 및 취반방법에 따른 radical 소거활성

전자공여능을 측정할 때 사용하는 DPPH radical 소거활성 방법은 ascorbic acid, tocopherol, polyhydroxy 방향족화합물, 방향족 아민 등에 의해 환원되어 짙은 자색에 탈색됨으로써 항산화활성을 측정하는 방법이다(Nieva 등 2000). 전자공여능은 지질과산화의 연쇄반응에 관여하는 산화성 활성 free radical에 전자를 공여하여 산화를 억제시키는 척도가 되며, free radical은 인체 내에서 각종 질병과 세포의 노화를 일으키므로 기능성 추출물 등에서 항산화제로 작용할 수 있는 물질을 확인할 필요성이 있다(Kim 등 2009). 또한 ABTS radical 소거

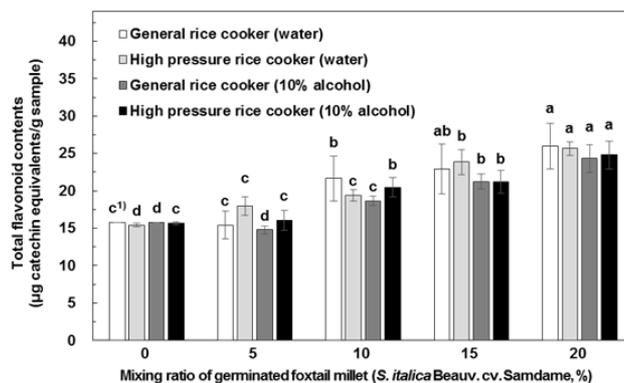
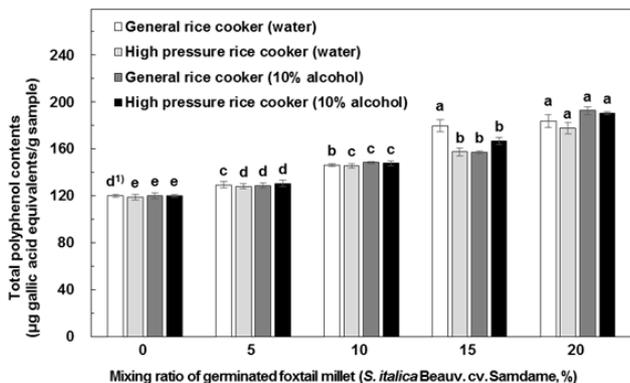


Fig. 2. Total polyphenol and flavonoid contents of the ethanolic extracts of cooked rice with mixing ratio of germinated foxtail millet (*Setaria italica* Beauv. cv. Samdame). ¹⁾ Any means in the same bar followed by the same letter are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

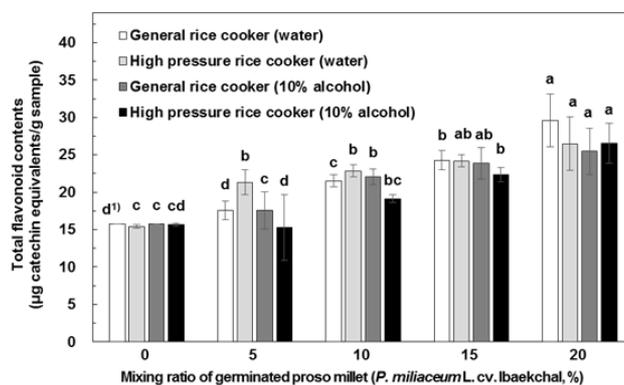
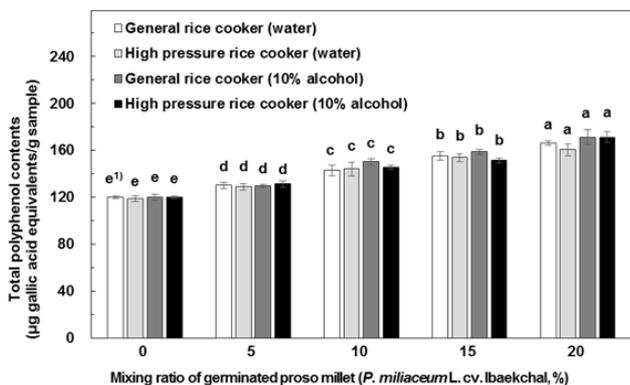


Fig. 3. Total polyphenol and flavonoid contents of the ethanolic extracts of cooked rice with mixing ratio of germinated proso millet (*Panicum miliaceum* L. cv. Ibaekchal). ¹⁾ Any means in the same bar followed by the same letter are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

활성법은 혈장에서 ABTS radical의 흡광도가 항산화물질에 의해 억제되는 것에 기초하여 개발되었다(Lee 등 2016b). 발아잡곡을 첨가하여 제조한 밥의 DPPH 및 ABTS radical 소거활성은 Fig. 4-6과 같이 첨가비율이 증가됨에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 보였다($p < 0.05$). 백미에 물만 첨가하여 일반밥술과 압력밥술에서 DPPH radical 소거활성은 각각 3.14 및 3.70 mg TE/100 g이었고, 10% 발효주정을 첨가하였을 경우는 각각 3.69 및 3.20 mg TE/100 g으로 나타났다. 백미에 물만 첨가하여 일반밥술과 압력밥술에서 ABTS radical 소거활성은 각각 6.44 및 5.03 mg TE/100 g이었고, 10% 발효주정을 첨가하였을 경우는 각각 5.72 및 6.17 mg TE/100 g으로 나타났다. 발아 삼다찰을 첨가한 밥의 DPPH 및 ABTS radical 소거활성은 Fig. 4와 같이 각각 3.31~5.73 및 6.31~9.69 mg TE/100 g의 범위로 첨가비율이 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 가장 높은 함량을 보인 처리는 DPPH radical 소거활성은 발아 삼다찰 20%에 10% 발효

주정을 첨가하여 일반밥술으로 취반한 처리(5.73 mg TE/100 g)이고, ABTS radical 소거활성은 발아 삼다찰 20%에 물만 첨가하여 압력밥술으로 취반한 처리(9.69 mg TE/100 g)로 나타났다. 발아 삼다미를 첨가한 밥의 FDPPH 및 ABTS radical 소거활성은 Fig. 5와 같이 각각 3.14~8.58 및 6.05~10.19 mg TE/100 g의 범위로 첨가비율이 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 가장 높은 함량을 보인 처리는 DPPH radical 소거활성은 발아 삼다미 20%에 물을 첨가하여 일반밥술으로 취반한 처리(8.58 mg TE/100 g)이고, ABTS radical 소거활성은 발아 삼다미 20%에 물만 첨가하여 압력밥술으로 취반한 처리(10.19 mg TE/100 g)로 나타났다. 발아 이백찰을 첨가한 밥의 DPPH 및 ABTS radical 소거활성은 Fig. 6과 같이 각각 3.37~7.45 및 6.27~9.27 mg TE/100 g의 범위로 첨가비율이 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 가장 높은 함량을 보인 처리는 DPPH radical 소거활성은 발아 이백찰 20%에 10% 발효주정을 첨가

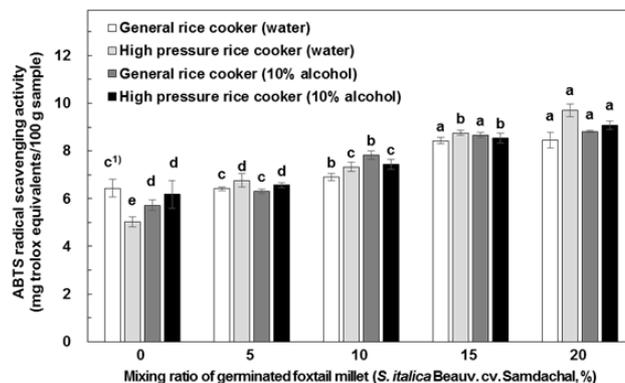
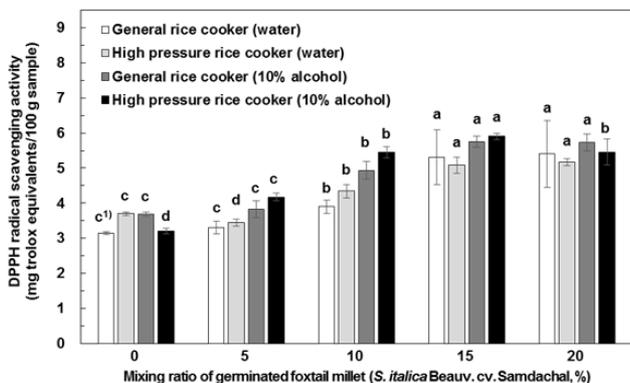


Fig. 4. DPPH and ABTS radical scavenging activities of the ethanolic extracts of cooked rice with mixing ratio of germinated foxtail millet (*Setaria italica* Beauv. cv. Samdachal). ¹⁾ Any means in the same bar followed by the same letter are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

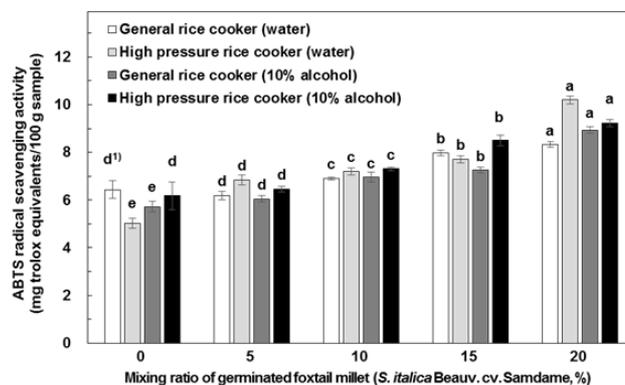
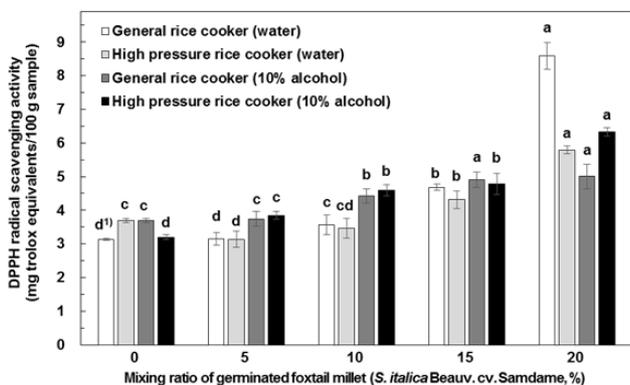


Fig. 5. DPPH and ABTS radical scavenging activities of the ethanolic extracts of cooked rice with mixing ratio of germinated foxtail millet (*Setaria italica* Beauv. cv. Samdamae). ¹⁾ Any means in the same bar followed by the same letter are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

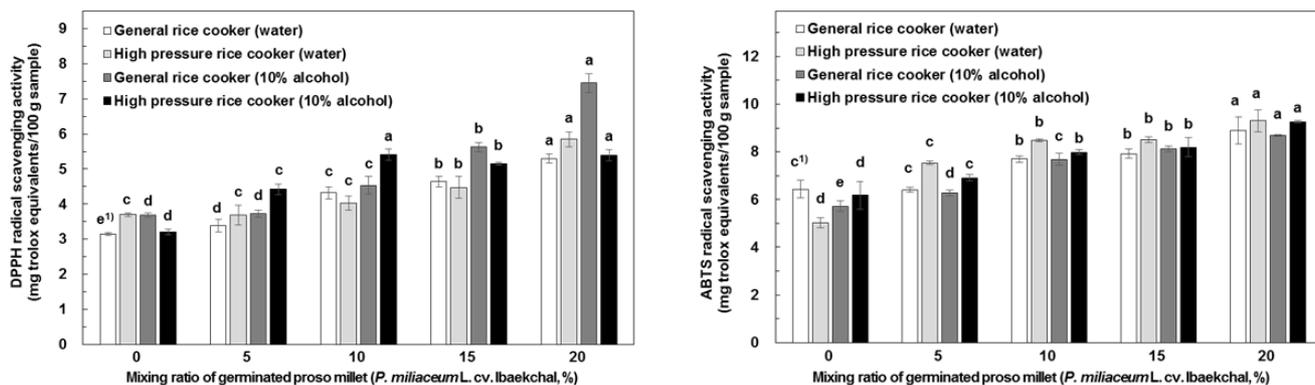


Fig. 6. DPPH and ABTS radical scavenging activities of the ethanolic extracts of cooked rice with mixing ratio of germinated proso millet (*Panicum miliaceum* L. cv. Ibaekchal). ¹⁾ Any means in the same bar followed by the same letter are not significantly ($p < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

하여 일반밥술으로 취반한 처리(7.45 mg TE/100 g)이고, ABTS radical 소거활성은 발아 삼다찰 20%에 10% 발효주정을 첨가하여 압력밥술으로 취반한 처리(9.27 mg TE/100 g)로 나타났다.

이상의 결과, 발아된 조와 기장의 첨가비율이 증가함에 따라 페놀 성분의 함량과 radical 소거활성 증가를 확인할 수 있었으며, 대체로 차조(삼다찰)와 찰기장(이백찰)은 10% 발효주정을 첨가한 경우가 높은 활성을 보였고 메조(삼다메)는 물만으로 취반한 경우 높은 활성을 보이는 것으로 나타났다. 또한 발아된 조와 기장의 첨가로 밥의 노화를 지연시킬 수 있을 것으로 생각되며, 잡곡 산업의 활성화를 위해 새로운 가공기술의 개발과 밥맛, 식감, 향 등 소비자의 기호에 적합한 적정 혼합비율에 대한 연구가 추후 필요할 것으로 생각된다.

요 약

본 연구에서는 발아시킨 조와 기장을 첨가한 밥의 식미와 기능성을 높이고자 하여 첨가비율과 취반방법을 달리하여 밥을 제조하고, 소화특성과 항산화 특성을 분석하였다. 발아 조와 기장의 첨가비율이 증가함에 따라 최고점도(peak viscosity), 최저점도(trough viscosity)는 유의적으로 감소하는 것으로 나타났다. 발아 삼다찰 첨가 밥의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 각각 127.74~194.11 $\mu\text{g GAE/g}$ 및 13.79~3 0.23 $\mu\text{g CE/g}$ 의 범위로 첨가비율이 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다. 발아 삼다메 첨가 밥은 각각 128.20~192.56 $\mu\text{g GAE/g}$ 및 14.77~25.99 $\mu\text{g CE/g}$ 의 범위로 첨가비율이 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다. 발아 이백찰 첨가 밥은 각각 128.88~171.28 $\mu\text{g GAE/g}$ 및 15.28~29.56 $\mu\text{g CE/g}$ 의 범위로 첨가비율이 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다. 발아 삼다찰 첨가 밥의 DPPH 및 ABTS radical 소거활성은 각각 3.31~5.73 및 6.31~9.69 mg

TE/100 g의 범위로 첨가비율이 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다. 발아 삼다메 첨가 밥은 각각 3.14~8.58 및 6.05~10.19 mg TE/100 g의 범위로 첨가비율이 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다. 발아 이백찰 첨가 밥은 각각 3.37~7.45 및 6.27~9.27 mg TE/100 g의 범위로 첨가비율이 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다. 발아된 조와 기장의 첨가비율이 증가함에 따라 DPPH 및 ABTS radical 소거활성 증가를 확인하였다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 AGENDA 연구사업(ATIS 과제번호: PJ01167602)의 지원에 의해 이루어진 것입니다.

References

- Amadou I, Mahamadou EG, Guo Wei L. 2013. Millets: Nutritional composition, some health benefits and processing - A review. *Emir J Food Agr* 25:501-508
- Bartnick M, Szafranska J. 1987. Changes in phytate content and phytase activity during the germination of some cereals. *J Cereal Sci* 5:23-28
- Choi BH. 1992. Traditional pearl millet foods in Africa and Asia. *Korean J Breed* 24:376-385
- FAO. 1995. Sorghum and millets in human nutrition. FAO Food and Nutrition series 27. pp.119 Rome, Italy
- Ha KY, Choi YH, Choung JI, Noh GI, Ko JK, Ree JK, Kim CK. 2006. Effect of appearance, viscosity and texture characteristics on rice palatability in some rice varieties. *Korean J Crop Sci* 51:21-24

- Ha YD, Lee SP. 2001. Characteristics of proteins in Italian millet, sorghum and common millet. *Korean J Postharvest Sci Technol* 8:187-192
- Ham H, Choi ID, Park HY, Yoon SD, Oh SG, Kim WH, Woo KS. 2015. Phenolic compounds and radical scavenging activity of the Korean wheat (*Triticum aestivum* L.) according to germination times. *Korean J Food Nutr* 28:737-744
- Jong KS, Cho DS. 1995. Possible utilization of *Panicum dichotomiflorum* Michx. as a forage crop. *Korean J Crop Sci* 40:351-358
- Kim DJ, Oh SK, Lee JH, Yoon MR, Choi IS, Lee DH, Kim YG. 2012. Changes in quality properties of brown rice after germination. *Korean J Food Sci Technol* 44:300-305
- Kim JE, Joo SI, Seo JH, Lee SP. 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 YS, Lee GC. 2006. A survey on the consumption and satisfaction degree of the cooked rice mixed with multi-grain in Seoul. Kyeonggi and Kangwon area. *Korean J Food Culture* 21:661-669
- Ko JY, Song SB, Lee JS, Kang JR, Seo MC, Oh BG, Kwak DY, Nam MH, Jeong HS, Woo KS. 2011a. Changes in chemical components of foxtail millet, proso millet, and sorghum with germination. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:1128-1135
- Ko JY, Song SB, Lee JS, Kang JR, Seo MC, Oh BG, Kwak DY, Nam MH, Jeong HS, Woo KS. 2011b. Minerals, total polyphenolic contents and antioxidant activity of foxtail millet, proso millet, and sorghum with germination temperature. *J Agr Sci Chungbuk Nat'l Univ* 27:165-172
- Lee KH, Ham H, Kim HJ, Park HY, Sim EY, Oh SG, Kim WH, Jeong HS, Woo KS. 2016a. Functional components and radical scavenging activity of germinated brown rice according to variety. *Korean J Food Nutr* 19:145-152
- Lee KH, Ham H, Kim MJ, Ko J, Kim HJ, Oh SK, Jeong HS, Woo KS. 2016b. Effects of heating condition and cultivar on phenolic compounds and their radical scavenging activity on sorghum. *Academia J Biotech* 4:347-352
- Lee YR, Kim JY, Woo KS, Hwang IG, Kim KH, Kim KJ, Kim JH, Jeong HS. 2007. Changes in the chemical and functional components of Korean rough rice before and after germination. *Food Sci Biotechnol* 16:1006-1010
- Middleton E, Kandaswami C. 1994. Potential health-promoting properties of citrus flavonoids. *Food Technol* 48:115-119
- Nieva MM, Sampietro AR, Vattuone MA. 2000. Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. *J Ethnopharmacol* 71:109-114
- Park HS, Ko MS, Kim JT, Oh KW, Pae SB. 1999. Agronomic characteristics of common millet (*Panicum miliaceum* L.) varieties. *Korean J Breed* 31:428-433
- Rice-Evans CA, Miller NJ, Paganga G. 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Sci* 2:152-159
- Woo KS, Lee JS, Ko JY, Song SB, Seo HY, Seo MC, Oh BG, Kwak DY, Nam MH, Oh IS, Jeong HS. 2012. Antioxidant activities of different varieties of foxtail millet and proso millet according to cultivation time. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41:302-309

Received 04 April, 2017
 Revised 17 May, 2017
 Accepted 19 May, 2017