

취반방법에 따른 조 첨가 밥의 이화학적 특성 및 항산화 효과

이경하¹ · 김현주¹ · 김미정¹ · 고지연² · 이석기¹ · 박혜영¹ · 심은영¹ · 조동화¹ · 오세관¹ · 우관식¹

¹농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부

²농촌진흥청 국립식량과학원 남부작물부

Physicochemical Characteristics and Antioxidant Effects of Cooked Rice-Added Foxtail Millet according to Cooking Method

Kyung Ha Lee¹, Hyun-Joo Kim¹, Mi-Jung Kim¹, Jee Yeon Ko², Seuk Ki Lee¹, Hye Young Park¹, Eun-Yeong Sim¹, Dong-Hwa Cho¹, Sea Kwan Oh¹, and Koan Sik Woo¹

¹Department of Central Area Crop Science and ²Department of Southern Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration

ABSTRACT This study was carried out to analyze the antioxidant components and activities of cooked mixed grain rice-added foxtail millet with different addition rates (5, 10, 15, and 20%) and cooking methods. The two foxtail millet varieties used in this study were non-waxy foxtail millet, 'Samdame', and waxy foxtail millet, 'Samdachal'. Cooked mixed grain rice-added foxtail millet was cooked by general and high pressure cooking methods with and without fermented alcohol. Except for breakdown viscosity, pasting characteristics of foxtail millet were reduced with increasing amounts of foxtail millet. Water-binding capacity and swelling power significantly decreased with increasing amounts of foxtail millet, whereas water solubility index significantly increased. Total polyphenol and flavonoid contents increased with increasing amounts of foxtail millet. DPPH and ABTS radical scavenging activities also increased with increasing amounts of foxtail millet. Moreover, foxtail millet cooked by general cooking method with fermented alcohol showed higher antioxidant effect compared to other cooking methods. In this study, antioxidant components and activities of cooked mixed grain rice-added foxtail millet with different addition rates and cooking methods can be used as basic data for manufacturing processed products.

Key words: foxtail millet, pasting characteristics, water binding capacity, polyphenol, radical scavenging activity

서 론

잡곡은 식량작물 중 백미와 찰쌀을 제외한 보리, 울무, 콩, 조, 기장, 수수, 옥수수 등을 말하며, 쌀과 비교하여 열등작물로 여겨져 왔으나 비타민, 무기질 및 식이섬유가 쌀의 2~3배 정도 많고 기타 다양한 생리활성 물질이 다량 함유되어 있어 건강을 유지하는 보조식품으로의 역할이 중요시되고 있다(1). 특히 조는 우리나라 및 일본에서 웰빙 로하스(LOHAS) 시대의 도래로 국민에게 건강식품으로 인식되어 그 수요와 이용성이 증가하고 있다고 하여 조를 취반하였을 때 국민 기호에 적합한 대량취반조건을 확립하는 것은 매우 중요하다(2).

조(Foxtail millet, *Setaria italica* Beauv.)는 1년생 초본으로 요수량이 적고 수분조절 기능이 높아서 한발에 매우

강할 뿐만 아니라 밀, 보리, 콩 등의 재배가 어려운 척박한 토양에서도 생육이 좋은 작물로 알려져 있다(3,4). 국내에서 생산되고 있는 조는 열매가 잘고 등글며 메조와 차조로 구별되는데, 메조는 아밀로스 함량이 25~28%, 차조는 아밀로스 함량이 8%로 알려져 있고 수분 및 섬유소 함량은 메조와 차조에서 유사하게 함유되어 있다. 현재 우리나라에서 이용되는 조의 대부분(99.8%)은 혼반용으로 쓰이고 있기 때문에 찰성이 높아 식감을 높일 수 있는 차조가 주종을 이루고 있다(5). 조는 입안에서의 촉감이나 맛이 우수한 편은 아니지만 배변을 쉽게 하여 변비를 예방하고 대장암을 예방하는 효과가 있다(6). 특히 주식으로 섭취되는 쌀보다 식이섬유 3~10배, 칼슘 3~5배, 철분 3배의 더 높은 영양학적 특징을 지니고 있다(7). 그 외에도 폴리페놀 및 피트산 등 항산화 물질이 많아 콜레스테롤 저하, 당뇨 예방 등 성인병과 불면증 예방에도 효과가 있음이 알려졌다(8-11). Choi 등(12)은 조의 단백질이 plasma adiponectin과 HDL 콜레스테롤을 현저히 증가시키고, 인슐린 저항성을 높여 2형 당뇨에 효과가 있다고 보고하였다.

이처럼 조는 혼반용으로 사용되고 있으나 원료 자체의 기

Received 23 January 2017; Accepted 23 March 2017

Corresponding author: Koan Sik Woo, Department of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon, Gyeonggi 16429, Korea
E-mail: wooks@korea.kr, Phone: +82-31-695-0616

능성에 대한 연구는 이루어지고 있는 반면에 조를 첨가한 밥의 향산화 기능 등의 생리활성 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 조를 첨가한 밥의 식미와 기능성을 높이고자 하여 배유특성이 다른 차조와 메조를 비율별로 첨가하고 취반 방법을 달리하여 밥을 제조한 후 그 취반특성과 향산화 활성을 분석하였다. 또한, Lee 등(13)의 연구에 따르면 곡류 가열처리 시 알코올의 첨가는 bound-form의 성분의 분리를 용이하게 해주어 기능성이 향상된다고 보고하였으며, 이를 기초로 조 첨가 잡곡밥의 기능성 증진을 위해 발효주정을 첨가하여 그 효과를 확인하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에 사용된 재료는 농촌진흥청 국립식량과학원에 2015년에 재배한 삼광(*Oryza sativa* cv. Samkwang), 삼다매(*Setaria italica* Beauv. cv. Samdamae) 및 삼다찰(cv. Samdachal)을 이용하였다. 백미는 제현기(Model SY88-TH, Ssangyong Ltd., Incheon, Korea) 및 정미기(MC-90A, Satake, Hiroshima, Japan)를 이용하여 시험재료를 제조하였다. 조는 실험용 제현기(SY88-TH, Ssang Yong Machine Ind., Incheon, Korea)로 겉껍질을 제거하여 시료로 사용하였다. 시료는 4°C 냉장고에 저장하면서 사용하였고, 원료성분 분석을 위해 Vibrating sample mill(CMT Co., Ltd., Tokyo, Japan)로 분쇄하여 사용하였다.

원료의 일반성분 및 무기성분 분석

원료의 수분 함량은 상압건조방법으로 105°C에서 건조하여 정량하였고, 조희분은 600°C에서 직접회화법으로 회화 후 측정하였다. 조단백질은 semimicro-Kjeldahl법으로 자동 단백질 분석기(Kjeltec 2400 AUT, Foss Tecator, Mulgrave, Australia)로 분석하였으며, 조지방은 Soxhlet 추출기(Soxtec System HT 1043 extraction unit, Foss Tecator)를 사용하여 diethyl ether로 추출하여 정량하였다. 탄수화물은 시료 100 g에 수분, 조지방, 조단백질, 조희분 값을 감하여 산출하였다. 무기성분은 Woo 등(14)의 방법에 따라 시료를 600°C에서 회화하여 0.5 N 질산으로 녹이고 GF/C 여과지로 여과한 다음 정용하여 ICP(Inductively Coupled Plasma, Optima-3300DV, Perkin-Elmer, Norwalk, CT, USA)로 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 나트륨 함량을 분석하였다.

원료 및 첨가비율별 호화특성 분석

원료의 호화특성은 Kim 등(15)의 방법을 토대로 신속점도측정계(Rapid Visco Analyzer, Model RVA-3D, Newport Scientific, Warriewood, Australia)를 이용하여 측정하였다. 즉 시료를 60 mesh 이상으로 분쇄한 후 3 g을 칭량하여 알루미늄 캔 용기에 투입하고 25 mL의 증류수에 분산

시켜 50°C에서 1분간 유지시킨 다음 50°C에서 95°C까지 3.48분 동안 상승시키고 95°C에서 2.05분간 유지시켰다. 그 후 다시 3.48분 동안에 50°C로 냉각시키면서 점도특성을 조사하였다. 총 실험 시간은 약 13분이며 실험 후 초기 호화 온도(pasting temperature), 최고점도(peak viscosity), 최저점도(trough viscosity), 최종점도(final viscosity), 강하점도(breakdown) 및 치반점도(setback)를 측정하여 특성을 비교하였다.

원료 및 첨가비율별 수분결합력, 용해도 및 팽윤력 분석

비율별 혼합시료의 수분결합력은 분쇄 시료 1 g을 증류수 40 mL와 혼합하여 1시간 교반하고 10분 동안 3,000 rpm으로 원심분리(CR22GIII, Hitachi, Tokyo, Japan) 하여 상등액을 제거한 다음 침전된 가루의 무게를 측정하여 침전된 시료의 무게에서 처음 시료의 무게(A, g)를 빼고 처음 시료 무게에 대한 백분율로 계산하였다. 용해도와 팽윤력은 분쇄 시료 1 g을 30 mL의 증류수에 분산시켜 90±1°C의 항온수조에 30분간 가열하고 3,000 rpm으로 20분간 원심분리 한 후 상등액은 105°C에서 12시간 건조시켜 무게를 측정(B, g)하고 침전물은 그대로 무게(C, g)를 측정하였다.

용해도(solubility, %)=

$$\frac{\text{상등액을 건조한 고형물의 무게(B)} \times 100}{\text{처음 시료 무게(A)}}$$

팽윤력(swelling power, %)=

$$\frac{\text{원심분리 후 무게(C)} \times 100}{\text{처음 시료 무게(A)} \times (100 - \text{용해도})}$$

조 첨가비율별 취반 식미특성 검정

조 첨가비율별 밥의 식미를 분석하기 위하여 밥을 제조한 후 취반식미계(Cooked rice taste analyzer, SATA1B, Satake, Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다. 즉 시료 10 g을 미반용 접시에 넣은 후 랩으로 표면을 덮고 3초 동안 일정한 압력을 가한 다음 2분 동안 실내에 방치한 후, 측정하기 직전에 일정한 힘으로 1초 동안 압력을 가한 다음 랩을 제거하고 3회 반복하여 외관(appearance), 경도(hardness), 점착성(stickiness), 밸런스(balance), 식미치(palatability)를 측정하였다.

취반방법

조 첨가비율별 밥의 제조는 백미 100, 95, 90, 85 및 80 g에 조를 각각 0, 5, 10, 15 및 20 g씩 첨가하여 밥을 제조하였다. 쌀을 3회 수세한 다음 상온(25°C)에서 30분간 물에 침지한 후 건져서 체에 밭쳐 물기를 제거하여 이용하였으며, 가수량은 수세 전 시료 무게 기준으로 1.2배, 즉 120 mL를 첨가하여 취반하였다. 또한, 곡류에 알코올을 첨가하여 열처리하는 경우 기능성이 증진되는 연구(13)를 기초로 조 첨가 잡곡밥의 기능성 증진을 위해 발효주정 첨가 효과를 확인하고자 하였다. 발효주정을 첨가하여 취반할 경우는 예비 실험

을 통하여 적정 첨가비율을 설정하였으며, 물 100 mL와 발효주정 20 mL를 넣어 취반하였다. 취반기구는 현미취반 겸용 전기보온밥솥(CR-0671V, Cuckoo, Seoul, Korea)과 전기압력밥솥(EHS035FW, Cuckoo)을 사용하였고, 전기보온밥솥과 전기압력밥솥은 자동 소화된 후 15분간 뜸을 들이고 취반에 사용하였다.

조 첨가비율별 취반 밥 추출물 제조 및 항산화 성분 함량 분석

시료의 페놀성분 및 라디칼 소거 활성을 분석하기 위해 취반한 시료 전체를 80% 에탄올을 넣고 균질화시킨 후, 상온에서 24시간 동안 진탕추출(WiseCube WIS-RL010, Daihan Scientific Co., Ltd., Seoul, Korea) 한 다음 No. 2 여과지(Advantec, Toyo Roshi Kaisha, Ltd., Tokyo, Japan)로 여과하여 -20°C 냉동고에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다. 추출물에 대한 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 Lee 등(16)의 방법으로 분석하였다. 총 폴리페놀 함량은 추출물 50 µL에 2% Na₂CO₃ 용액 1 mL를 가한 후 3분간 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 50 µL를 가하였다. 30분 후 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였고 표준물질인 gallic acid(Sigma-Aldrich Co.)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(16). 표준물질인 (+)-catechin(Sigma-Aldrich Co.)을 사용하여 검량선을 작성하였으며, 시료 g 중의 µg catechin equivalents(CE, dry basis)로 나타내었다.

조 첨가비율별 추출물의 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성 측정

추출물에 대한 항산화 활성은 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH; Sigma-Aldrich Co.) 및 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS; Sigma-Aldrich) 라디칼 소거 활성을 측정하였다(16). DPPH 라디칼 소거 활성은 0.2 mM DPPH 용액(99.9% 에탄올에 용해) 0.8 mL에 시료 0.2 mL를 첨가한 후 520 nm에서 정확히 30분

후에 흡광도 감소치를 측정하였다. ABTS 라디칼 소거 활성은 ABTS 7.4 mM과 potassium persulphate 2.6 mM을 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이 용액을 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 라디칼 소거 활성은 시료 100 g당 mg TE(Trolox equivalent antioxidant capacity)로 표현하였다.

통계분석

각 항목의 측정값은 SPSS 통계 프로그램(Statistical Package Social Science, Version 18.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하였으며 Student's *t*-test 및 분산분석(ANOVA)과 다중범위검정(Duncan's multiple range test)으로 시료 간의 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

원료의 일반성분 및 무기성분 함량 분석

시료로 사용한 삼광 백미와 삼다메, 삼다찰의 수분, 회분, 조단백, 조지방 그리고 탄수화물 등의 일반성분을 분석한 결과 백미와 삼다메, 삼다찰 각각 수분 함량은 11.30±0.09, 10.25±0.06 및 10.16±0.08 g/100 g, 조단백은 6.15±0.04, 9.20±0.01 및 9.11±0.11 g/100 g, 조지방은 1.20±0.05, 3.70±0.06 및 4.23±0.01 g/100 g, 탄수화물은 80.64±0.14, 75.61±0.12 및 74.90±0.22 g/100 g으로 나타났다(Table 1). 백미보다 삼다메와 삼다찰의 수분 함량과 탄수화물은 낮은 함량을 나타내었으며, 조단백과 조지방 함량은 높은 함량을 나타내었다. 이처럼 결과는 Jung 등(17)의 삼다메, 삼다찰의 수분, 회분, 조단백, 조지방, 탄수화물 함량 분석 결과와 매우 유사한 것으로 나타났다. 무기성분 중 칼륨, 칼슘, 마그네슘 함량은 백미보다 삼다메에서 낮은 함량을, 삼다찰에서 높은 함량을 나타내었고 나트륨 함량은 백미에서 가장 높은 함량을 나타내었다(Table 2). 시료별 미량 성분은 칼륨 > 마그네슘 > 나트륨 > 칼슘 순으로 나타났다. 모든 항목에서 백미와 삼다메 그리고 백미와 삼다찰의 유의적인 차이는 나타나지 않았으나 삼다메와 삼다찰의 무기물 함량은 차이를 보였다. 이처럼 삼다메와 삼다찰의 일반성분 함량

Table 1. Proximate compositions of white rice and foxtail millet (*Setaria italica* Beauv. cv. Samdamae and cv. Samdachal) (unit: g/100 g)

Variety	Moisture	Ash	Crude protein	Crude fat	Carbohydrate
White rice	11.30±0.09 ¹⁾	0.71±0.02	6.15±0.04	1.20±0.05	80.64±0.14
Samdame	10.25±0.06 ^{***}	1.24±0.16*	9.20±0.01 ^{***}	3.70±0.06 ^{***}	75.61±0.12 ^{***}
Samdachal	10.16±0.08 ^{***}	1.59±0.04 ^{***}	9.11±0.11 ^{***}	4.23±0.01 ^{***}	74.90±0.22 ^{***}

¹⁾Each value is mean±SD (n=3).

P*<0.05, **P*<0.001; Significantly different by Student's *t*-test between white rice and foxtail millet (Samdame or Samdachal).

Table 2. Mineral contents of white rice and foxtail millet (*Setaria italica* Beauv. cv. Samdamae and cv. Samdachal)

Variety	(unit: mg/100 g)			
	K	Ca	Mg	Na
White rice	123.38±36.38 ¹⁾	9.59±2.13	63.43±17.44	16.35±5.50
Samdame	73.27±22.65 ^{NS}	5.36±1.16	53.29±14.12	8.26±2.56
Samdachal	130.60±6.94 ^{NS}	10.26±0.91	83.09±5.63	11.91±3.09

¹⁾Each value is mean±SD (n=3).

NS: not significance between white rice and foxtail millet (Samdame or Samdachal) by Student's *t*-test.

과 무기성분 함량이 차이를 나타내는 것은 시료 품종의 차이와 재배시기, 재배방법, 토양 등의 재배환경 차이에서 기인한 것으로 생각된다(18).

원료 및 첨가비율별 호화특성

삼다메와 삼다찰의 비율에 따른 호화특성을 분석하여 나타내었다(Table 3). 조의 비율이 0, 5, 10, 15 및 20%로 증가함에 따라 삼다메와 삼다찰의 최고점도는 각각 195.00~65.53 및 195.00~66.61 RVU, 최저점도는 각각 127.89~57.69 및 127.89~63.92 RVU로 나타났다. 강하점도는 각각 75.08~7.83 및 73.39~2.69 RVU, 최종점도는 각각 251.97~136.25 및 251.97~79.56 RVU로 나타났으며, 치반점도는 각각 70.72~49.42 및 57.97~12.95 RVU로 나타났다. Kwon 등(19)과 Ha 등(20)에 의하면 식미가 양호한 품종들은 최고점도와 최종점도가 높고 이들 모두 아밀로오스와 부의 상관관계를 보이며, 아밀로오스 함량이 낮은 그룹에서 식미가 더 높을 것이라고 하였다. 본 연구 결과에서도 상대적으로 아밀로오스 함량이 높은 삼다메에서 최고점도가 낮은 경향을 나타내었으나 삼다메와 삼다찰의 값은 유사하였다. 치반점도는 최종점도와 최저점도 간의 차이로 전분분자의 재배열에 의한 전분의 노화현상에 의해 나타나며, 낮을수록 노화 지연을 의미한다(21). 따라서 본 연구 결과 삼다메 및 삼다찰의 혼합비율이 증가할수록 노화가 지연되고, 또한 동일 혼합비율에서는 삼다찰이 삼다메에 비해 노화

진행 속도가 지연될 것으로 생각된다.

원료 및 첨가비율별 수분결합력, 팽윤력 및 용해도

수분결합력은 전분입자의 표면에 흡착되거나 내부로 침투되는 물의 양을 측정하는 것으로 전분 함량뿐만 아니라 비전분 다당류 등 여러 성분에 의하여 결정된다(22). 또한, 전분입자 내의 결합력이 팽윤 양상에 영향을 주어 결합 정도가 강한 전분은 팽윤이 억제되며 팽윤력은 전분의 용해도, 투명도 및 점도와 밀접한 관계를 가진다(23). 조 첨가 비율별 수분결합력은 조 첨가비율이 0, 5, 10, 15 및 20%로 증가할수록 삼다메와 삼다찰에서 각각 187.31~96.01 및 187.31~106.47%로 유의적으로 감소하였다(Table 4). 팽윤력은 조 첨가비율이 0, 5, 10, 15 및 20%로 증가할수록 삼다메와 삼다찰에서 각각 162.37~97.57 및 162.37~36.68%로 유의적으로 감소하였다. 반면, 용해도는 조 첨가비율이 0, 5, 10, 15 및 20%로 증가할수록 삼다메와 삼다찰에서 각각 5.35~6.47 및 5.35~11.70%로 유의적으로 증가하였다. 이처럼 조의 함량이 증가할수록 수분결합력과 팽윤력이 낮은 이유는 백미보다 상대적으로 지질 함량이 높고, 당질 함량이 낮은 성분 조성의 차이에 의한 것이다(17). 그러나 열을 가하면서 조가 가열에 의해 팽윤 호화되어 조 껍질에 있는 지질, 섬유질이 붕괴하면서 일부 아밀로오스나 용해성 탄수화물을 용출하여 용해도가 증가한 것으로 생각된다(24).

Table 3. Pasting characteristics of with mixing ratio of foxtail millet (*Setaria italica* Beauv. cv. Samdamae and cv. Samdachal)

Variety	Mixing ratio of foxtail millet (%)	Peak viscosity (RVU ¹⁾)	Trough viscosity (RVU)	Breakdown ²⁾ (RVU)	Final viscosity (RVU)	Setback ³⁾ (RVU)
Samdame	0	195.00±1.38 ^{a4)5)}	127.89±2.49 ^a	67.11±3.88 ^b	251.97±2.30 ^a	56.97±3.64 ^b
	5	186.78±2.77 ^b	111.69±1.13 ^b	75.08±1.95 ^a	236.19±3.73 ^b	49.42±4.63 ^c
	10	175.00±1.75 ^c	105.25±1.16 ^c	69.75±2.23 ^b	228.05±2.36 ^c	53.05±1.28 ^{bc}
	15	164.22±1.39 ^d	101.64±0.70 ^d	62.58±1.21 ^c	219.22±2.14 ^d	55.00±0.82 ^b
	20	155.14±1.00 ^e	96.42±1.43 ^e	58.72±0.43 ^d	210.92±0.50 ^e	55.78±0.84 ^b
	100	65.53±1.14 ^f	57.69±0.34 ^f	7.83±0.82 ^c	136.25±1.38 ^f	70.72±0.38 ^a
Samdachal	0	195.00±1.38 ^a	127.89±2.49 ^a	67.11±3.88 ^c	251.97±2.30 ^a	57.97±3.64 ^a
	5	183.92±1.97 ^b	113.33±0.96 ^b	70.58±1.88 ^{ab}	229.14±2.90 ^b	45.22±3.35 ^b
	10	176.50±0.95 ^c	103.11±0.48 ^c	73.39±0.88 ^a	209.55±0.96 ^c	33.06±0.39 ^c
	15	170.80±2.80 ^d	99.72±2.64 ^d	71.08±1.04 ^{ab}	199.14±2.99 ^d	28.33±1.25 ^d
	20	164.56±0.75 ^e	95.47±0.61 ^e	69.08±0.14 ^{bc}	188.83±1.51 ^e	24.28±0.78 ^e
	100	66.61±0.27 ^f	63.92±0.22 ^f	2.69±0.24 ^d	79.56±0.43 ^f	12.95±0.41 ^f

¹⁾Rapid visco units. ²⁾Peak viscosity minus trough viscosity.

³⁾Final viscosity minus peak viscosity. ⁴⁾Each value is mean±SD (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.

Table 4. Water binding capacity, swelling power, and solubility of with mixing ratio of foxtail millet (*Setaria italica* Beauv. cv. Samdamae and cv. Samdachal)

Variety	Mixing ratio of foxtail millet (%)	Water binding capacity (%)	Swelling power (%)	Water solubility index (%)
Samdamae	0	187.31±2.46 ^{a1)2)}	162.37±4.03 ^a	5.35±0.16 ^c
	5	163.35±4.39 ^b	159.49±6.01 ^a	5.58±0.16 ^c
	10	164.07±5.84 ^b	158.37±6.02 ^a	5.48±0.10 ^c
	15	157.41±4.51 ^b	145.02±1.39 ^b	5.99±0.06 ^b
	20	146.18±3.07 ^c	134.92±5.26 ^c	6.33±0.33 ^a
	100	96.01±0.88 ^d	97.57±7.60 ^d	6.47±0.11 ^a
Samdachal	0	187.31±2.46 ^a	162.37±4.04 ^a	5.35±0.16 ^b
	5	120.25±2.25 ^b	151.89±4.18 ^b	5.87±0.12 ^b
	10	120.39±1.79 ^b	143.77±5.26 ^c	6.00±0.20 ^b
	15	118.38±1.76 ^{bc}	139.04±5.34 ^{cd}	5.99±0.29 ^b
	20	115.12±0.85 ^c	135.33±2.44 ^d	5.99±0.19 ^b
	100	106.47±3.95 ^d	36.68±3.90 ^e	11.70±0.95 ^a

¹⁾Each value is mean±SD (n=3).

²⁾Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ($P<0.05$) different by Duncan's multiple range test.

Table 5. Palatability characteristics with mixing ratio of foxtail millet (*Setaria italica* Beauv. cv. Samdamae and cv. Samdachal) using a rice taste analyzer

Variety	Mixing ratio of foxtail millet (%)	Appearance	Hardness	Stickiness	Balance	Palatability
Samdamae	0	4.75±0.07 ^{a1)2)}	7.18±0.05 ^c	4.36±0.07 ^a	4.59±0.08 ^a	45.39±0.94 ^a
	5	4.52±0.26 ^a	7.09±0.15 ^c	3.91±0.30 ^b	4.45±0.31 ^a	39.88±2.70 ^b
	10	3.43±0.07 ^b	7.79±0.06 ^b	2.90±0.14 ^c	3.23±0.14 ^b	30.00±0.00 ^c
	15	2.90±0.34 ^c	8.22±0.29 ^a	2.75±0.18 ^c	2.80±0.36 ^c	30.00±0.00 ^c
	20	2.77±0.05 ^c	8.29±0.03 ^a	2.56±0.15 ^c	2.62±0.07 ^c	30.00±0.00 ^c
Samdachal	0	4.75±0.07 ^a	7.18±0.05 ^b	4.36±0.07 ^a	4.59±0.08 ^a	45.39±0.94 ^a
	5	4.67±0.21 ^a	6.85±0.15 ^c	3.89±0.24 ^b	4.71±0.28 ^a	39.16±2.21 ^b
	10	3.09±0.35 ^c	7.51±0.21 ^a	1.88±0.38 ^{cd}	3.03±0.41 ^c	30.00±0.00 ^c
	15	3.46±0.03 ^b	7.17±0.06 ^b	2.18±0.10 ^c	3.56±0.02 ^b	30.00±0.00 ^c
	20	3.12±0.09 ^{bc}	7.25±0.07 ^b	1.75±0.06 ^d	3.30±0.09 ^{bc}	30.00±0.00 ^c

¹⁾Each value is mean±SD (n=3).

²⁾Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ($P<0.05$) different by Duncan's multiple range test.

조 첨가비율별 식미특성

시험재료의 취반미에 대한 식감 분석 결과는 Table 5에 나타내었다. 취반미에서 조의 첨가비율이 높아질수록 외관이 저하되는 것을 볼 수 있었으나 백미 100%와 조 첨가 5% 사이에는 유의적인 차이를 관찰할 수 없었다. 이와 같은 경향은 밸런스에서도 유사한 경향을 보였으며, 점착성과 식미치는 조 5% 첨가구에서 무첨가와 유의적으로 감소하였다. 반면 조의 첨가비율이 증가할수록 취반미의 경도는 증가하였다. 따라서 취반미의 식미 결과 백미 100%와 조 첨가 5%에서 외관, 경도, 질감에서 가장 높은 점수를 얻어 밥맛과 품질이 우수한 것으로 평가되었다.

본 연구 결과 외관과 점도가 높고 경도가 낮을수록 취반미의 식미가 높게 평가됨을 알 수 있었다. 이와 같은 결과는 조는 식감과 음의 상관관계를 가지고 있는 단백질 함량이 상대적으로 높아 취반 후 밥이 더욱 딱딱하게 느껴지고 탄력성과 점성이 떨어져 식감에 좋지 않은 영향을 미친 것으로

생각된다(25). Kim과 Lee(1)의 보고에 따르면 잡곡밥을 이용하는 데 있어서 식감이 부드러워 못하고, 맛, 색, 조직감과 같은 관능적 측면에서 만족도가 떨어지는 경향이 있으므로 도정율이 높은 혼합잡곡에 대한 선호도가 더 높다고 하였다. 따라서 조와 같은 잡곡의 식감과 기호성을 향상시키기 위해서는 취반특성 및 관능적 품질 등에 관한 다양한 연구가 필요할 것이다.

조 첨가비율별 취반방법에 따른 항산화 성분 함량

조를 첨가한 밥의 총 폴리페놀 함량은 삼다메와 삼다찰 모두 조의 비율이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였다 (Fig. 1). 삼다메는 첨가 비율이 10% 이하인 경우는 물론 첨가하여 일반밥술으로 취반하였을 경우 177.50~180.83 µg GAE/g으로 가장 높았고, 15% 이상인 경우는 발효주정을 첨가하여 일반밥술으로 취반하였을 경우 211.75~222.30 µg GAE/g으로 높은 함량을 나타내었다. 삼다찰은 첨가비율

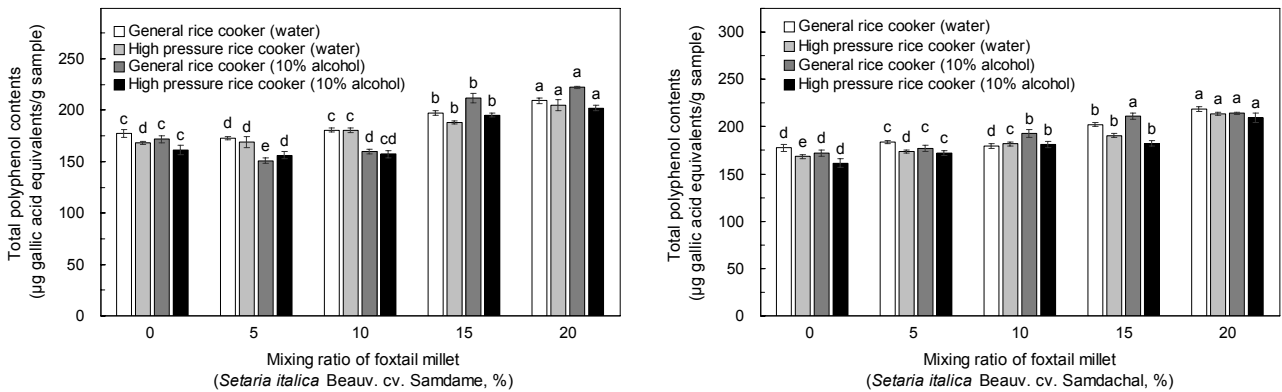


Fig. 1. Total polyphenol contents of the ethanolic extracts with mixing ratio of foxtail millet (*Setaria italica* Beauv. cv. Samdamae and cv. Samdachal). Any means in the same bar followed by the same letter are not significantly ($P < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

이 5% 이하인 경우는 물만 첨가하여 일반밥술로 취반하였을 경우 177.50~183.54 µg GAE/g으로 높았고, 10 및 15%인 경우에는 발효주정을 첨가하여 일반밥술로 취반하였을 경우 211.18~214.05 µg GAE/g으로 높은 함량을 나타내었다. 그러나 20%의 경우는 처리구 간에 유의적인 차이가 없었다.

플라보노이드 함량은 삼다메와 삼다찰 모두 전반적으로 물 첨가와 일반밥술로 취반하였을 때 가장 높은 함량을 나타내었다(Fig. 2). 삼다메의 경우 물만 첨가하여 일반밥술로 취반 시 0, 5, 10, 15 및 20%로 첨가비율이 높아질수록 총 플라보노이드 함량이 11.99±0.19, 22.33±1.38, 27.97±1.79, 32.85±0.94 및 58.45±1.23 µg CE/g으로 다른 취반 방법보다 높은 함량을 나타내었으며, 삼다찰은 각각 11.99±0.19, 22.88±1.22, 27.63±0.40, 28.90±0.89 및 56.44±1.20 µg CE/g으로 다른 취반 방법에 비해 비교적 높은 함량을 나타내었다. 곡류에 함유되어 있는 polyphenolic 화합물들은 free radical을 안정화시킬 수 있는 phenolic ring의 존재 때문에 우수한 항산화력을 가지는 것으로 알려져 있으며(26), 페놀성 화합물의 phenolic hydroxyl기

가 단백질과 같은 거대분자와의 결합을 통해 항산화, 항암 및 항균 등의 생리기능을 가지는 것으로 알려져 있다(27). 특히 곡류의 플라보노이드는 주로 anthocyanidins, flavonols, flavones, catechins 및 flavanone 등으로 구성되어 있으며 그 구조에 따라 특정 플라보노이드는 항산화 및 항균성 등 다양한 생리활성을 갖고 있는 것으로 보고되고 있다. 본 연구 결과 조의 비율이 높아지면서 뚜렷하게 항산화 성분이 증가하였으며, 페놀 화합물의 함량은 조 비율에 따라 취반방법에 따른 차이를 나타내었고 플라보노이드 함량은 같은 조 비율이라도 물 첨가와 일반밥술로 취반 시 높은 함량을 확인할 수 있었다.

조 첨가비율별 취반방법에 따른 라디칼 소거 활성

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(28). DPPH 라디칼 소거 활성은 ascorbic acid, tocopherol, polyhydroxy

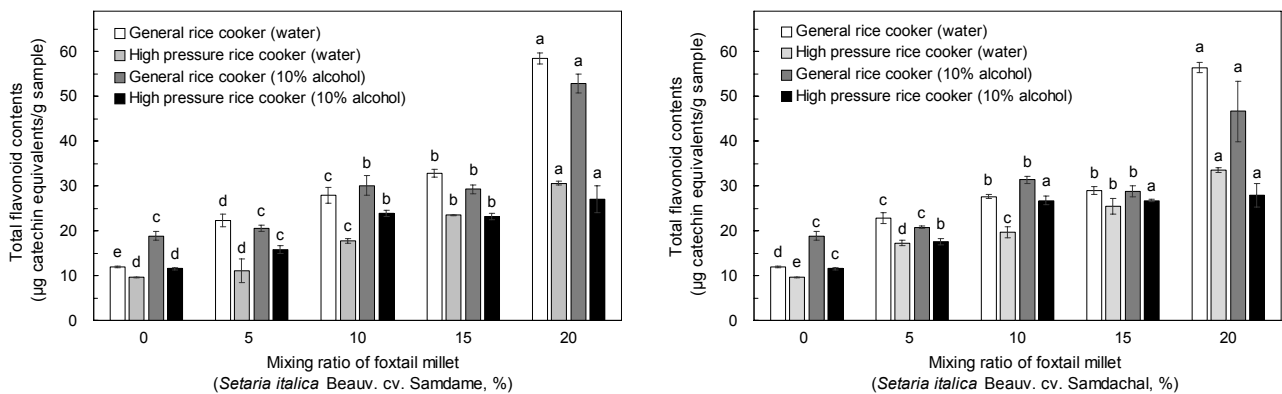


Fig. 2. Total flavonoid contents of the ethanolic extracts with mixing ratio of foxtail millet (*Setaria italica* Beauv. cv. Samdamae and cv. Samdachal). Any means in the same bar followed by the same letter are not significantly ($P < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

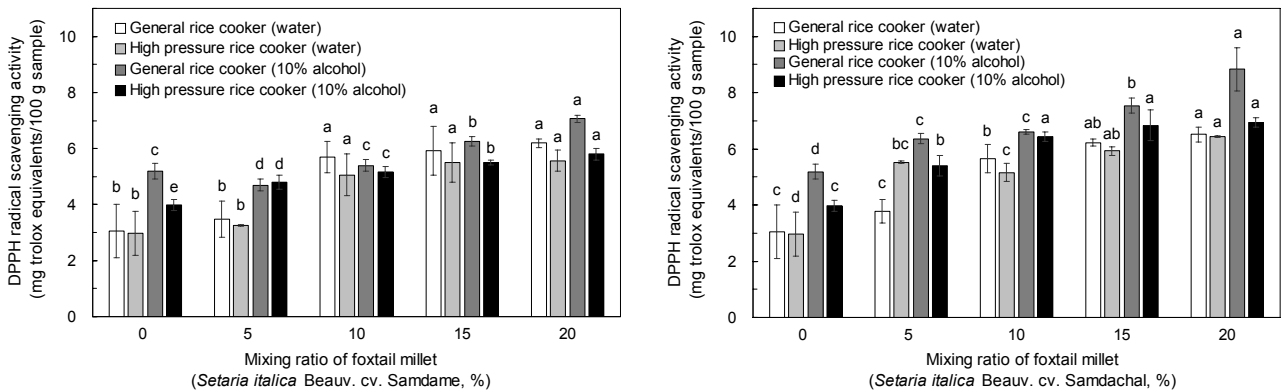


Fig. 3. DPPH radical scavenging activities of the ethanolic extracts with mixing ratio of foxtail millet (*Setaria italica* Beauv. cv. Samdamae and cv. Samdachal). Any means in the same bar followed by the same letter are not significantly ($P < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

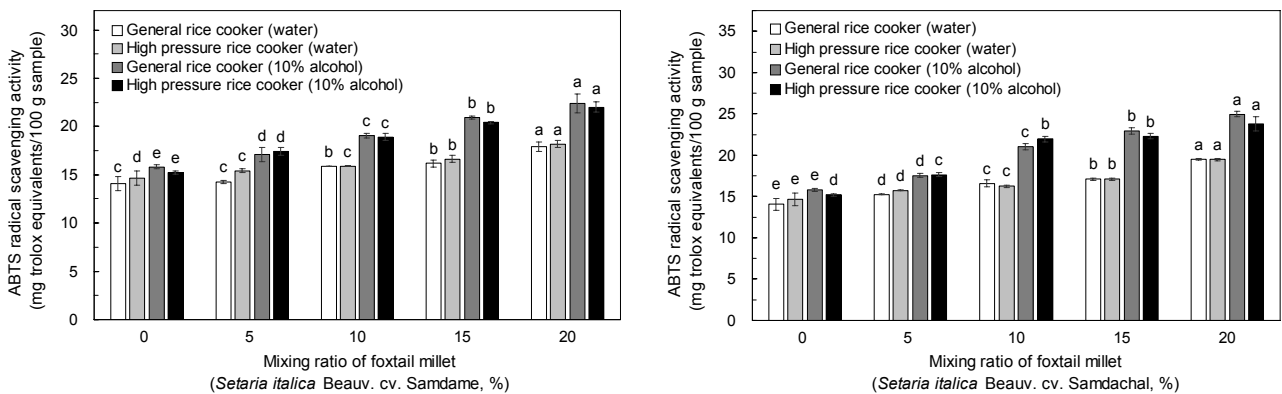


Fig. 4. ABTS radical scavenging activities of the ethanolic extracts with mixing ratio of foxtail millet (*Setaria italica* Beauv. cv. Samdamae and cv. Samdachal). Any means in the same bar followed by the same letter are not significantly ($P < 0.05$) different by Duncan's multiple range test.

방향족화합물, 방향족 아민 등에 의해서 환원되어 짙은 자색이 탈색됨으로써 항산화 물질의 전자공여능을 측정할 때 사용된다. 삼다메와 삼다찰 모두 DPPH 라디칼 소거 활성은 발효주정 첨가와 일반밥술으로 취반하였을 때 높은 활성을 나타내었는데, 조의 비율이 0, 5, 10, 15 및 20%로 비율이 높아질수록 그 활성이 증가하였다(Fig. 3). 발효주정을 첨가하여 일반밥술으로 취반한 경우 DPPH 라디칼 소거 활성은 삼다메에서 5.19 ± 0.27 , 4.70 ± 0.22 , 5.40 ± 0.22 , 6.27 ± 0.17 및 7.07 ± 0.12 mg TE/100 g, 삼다찰은 5.19 ± 0.27 , 6.37 ± 0.17 , 6.60 ± 0.08 , 7.53 ± 0.26 및 8.83 ± 0.76 mg TE/100 g으로 다른 취반 방법보다 높은 활성을 나타내었다.

혈장에서 ABTS 라디칼의 흡광도가 항산화제에 의해 억제되는 것에 기초하여 개발된 ABTS 라디칼 소거 활성(16)도 발효주정 첨가하여 일반밥술으로 취반하였을 때 높은 활성을 나타내었다. 조의 비율이 0, 5, 10, 15 및 20%로 비율이 높아질수록 발효주정을 첨가하여 일반밥술으로 취반한 경우 삼다메에서는 15.83 ± 0.20 , 17.10 ± 0.76 , 19.03 ± 0.25 , 20.93 ± 0.19 및 22.38 ± 0.97 mg TE/100 g, 삼다찰은 15.83 ± 0.20 , 17.55 ± 0.26 , 21.03 ± 0.39 , 22.93 ± 0.38 및 24.98

± 0.33 mg TE/100 g으로 다른 취반 방법보다 높은 활성을 나타내었다(Fig. 4). 따라서 조의 비율이 높아질수록 라디칼 소거 활성이 증가함을 확인할 수 있었으며 발효주정을 첨가하여 일반밥술으로 취반하였을 때 높은 라디칼 소거 활성을 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

요 약

본 연구에서는 취반 방법이 조(삼다메, 삼다찰)를 첨가하여 취반한 밥의 항산화 활성에 미치는 영향을 살펴보기 위해 조 첨가비율별(0, 5, 10, 15, 20%)로 제조한 밥의 기능성분 및 라디칼 소거 활성을 살펴보았다. 백미와 조의 일반성분 분석 결과 수분 함량과 탄수화물은 백미에서, 조단백, 조지방 및 조회분 함량은 조에서 더 높은 함량을 나타내었다. 호화 특성은 조 첨가비율이 증가함에 따라 최고점도, 최저점도, 강하점도, 최종점도, 치반점도가 감소하였다. 취반방법에 따른 조 첨가 밥의 폴리페놀 함량은 일반밥술으로 취반하였을 때 높은 함량을 나타내었으며, 10% 이하에서는 물 첨가와 일반밥술으로 취반한 경우가 높았고 15 및 20%에서는 발효

주정을 첨가하여 일반밥술으로 취반한 경우가 높은 함량을 나타내었다. 반면, 총 플라보노이드 함량은 물 첨가와 일반 밥술로 취반한 경우가 높은 함량을 나타내었고, DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성은 발효주정 첨가와 일반밥술로 취반한 경우에 높은 활성을 나타내었다. 본 연구 결과 같은 비율로 삼다메와 삼다찰 취반 시 전반적으로 발효주정의 첨가와 일반밥술로 취반하였을 때 높은 페놀화합물 함량과 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성을 확인할 수 있었으며, 이는 취반방법에 따른 잡곡밥의 생리활성 연구에 기초자료가 될 것으로 생각된다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 AGENDA 연구사업(ATIS 과제번호: PJ01175403)의 지원에 의해 이루어진 것임.

REFERENCES

- 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 Cult* 21: 661-669.
- Lee JS, Ko JY, Song SB, Woo KS, Kim JI, Kim HY, Jung TW, Kwak DY, Oh IS, Kim KY. 2012. Milling condition and harvesting time for improving milling recovery of head foxtail millet grain. *Korean J Crop Sci* 57: 280-285.
- Cho NK, Song CK, Kim IS, Cho YI, Oh EK. 2001. Effect of number of plants per hill on the major characters, forage yield and chemical composition of Jeju Italian millet. *J Anim Sci Technol* 43: 967-972.
- Kim KJ, Kim KH. 1987. Study on the physico-chemical properties of rice grains harvested from different regions. *Korean J Crop Sci* 32: 234-242.
- Yoon ST. 2011. Review of coarse grain export by coarse grain project diagnosis. Research report of RDA. Rural Development Administration, Suwon, Korea. p 118.
- Ha YD, Lee SP. 2001. Characteristics of proteins in Italian millet, sorghum and common meillet. *Korean J Postharvest Sci Technol* 8: 187-192.
- FAO. 1995. Sorghum and millets in human nutrition (Food and Nutrition series NO 27). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. p 119.
- Amadou I, Gounga ME, Le GW. 2013. Millets: Nutritional composition, some health benefits and processing: A review. *Emir J Food Agric* 25: 501-508.
- Woo KS, Lee JS, Ko JY, Song SB, Seo HI, Seo MC, Oh BG, Kwak DY, Nam MH, Oh IS, Jeong HS. 2012. Antioxidant compounds and antioxidant activities of different varieties of foxtail millet and proso millet according to cultivation time. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 302-309.
- Ko JY, Song SB, Lee JS, Kang JR, Seo MC, Oh BG, Kwak DY, Nam MH, Jeong HS, Woo KS. 2011. Changes in chemical components of foxtail millet, proso millet, and sorghum with germination. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 1128-1135.
- Hyun YH. 2000. *Food material*. Hyungseul Publish, Seoul, Korea. p 47-56.
- Choi YY, Osada K, Ito Y, Nagasawa T, Choi MR, Nishizawa N. 2005. Effect of dietary protein of Korean foxtail millet on plasma adiponectin, HDL-cholesterol, and insulin levels in genetically type 2 diabetic mice. *Biosci Biotechnol Biochem* 69: 31-37.
- Lee KH, Ham H, Kim MJ, Ko JY, Kim HJ, Oh SK, Jeong HS, Woo KS. 2016. Effects of heating condition and cultivar on phenolic compounds and their radical scavenging activity on sorghum. *Acad J Biotechnol* 4: 347-352.
- Woo KS, Ko JY, Song SB, Lee JS, Kang JR, Oh BG, Nam MH, Jeong JH, Jeong HS, Seo MC. 2010. Physicochemical characteristics of vinegars fermented from cereal crops with *Incalgyun*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1171-1178.
- 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.
- Lee KH, Ham H, Kim HJ, Park HY, Sim EY, Oh SG, Kim WH, Jeong HS, Woo KS. 2016. Functional components and radical scavenging activity of germinated brown rice according to variety. *Korean J Food Nutr* 29: 145-152.
- Jung KY, Ko JY, Lee JS, Jeong MS, Oh IS, Woo KS. 2014. Effects of the drainage methods on phenolic compounds and radical scavenging activity of foxtail millet and proso millet. *Korean J Crop Sci* 59: 282-292.
- Lee HK, Hwang IG, Kim HY, Woo KS, Lee SH, Woo SH, Lee J, Jeong HS. 2010. Physicochemical characteristic and antioxidant activities of cereals and legumes in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1399-1404.
- Kwon YW, Lee EW, Lee BW. 1990. Climate, soil and cultural technology of the areas producing high quality rice in Korea with emphasis on the difference between Incheon and other regions. *RDA J Crop Sci* 33: 291-303.
- 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(S): 21-24.
- Lee KH, Lee SK, Park HY, Sim EY, Woo KS, Oh SK, Lee B, Kim HJ. 2016. Quality characteristics of barley *Makeolli* prepared with different barley cultivars and milling recovery. *Korean J Food Preserv* 23: 530-537.
- Wi E, Park J, Shin M. 2013. Comparison of physicochemical properties and cooking quality of Korean organic rice varieties. *Korean J Food Cook Sci* 29: 785-794.
- Lee AR, Kim SK. 1992. Gelatinization and gelling properties of legume starches. *J Korean Soc Food Nutr* 21: 738-747.
- Yun HR. 2007. Properties of milled, brown and germinated brown rice flours preparation of poundcake using them. *MS Thesis*. Chonnam National University, Gwangju, Korea.
- Han G, Chung HJ, Lee Y, Yoon J. 2012. Quality characteristics of cooked rice with mixed cereals by blending ratio of the cereals frequently consumed in Korea. *Korean Soc Community Living Sci* 23: 537-552.
- Middleton E, Kandaswami C. 1994. Potential health-promoting properties of citrus flavonoids. *Food Technol* 48: 115-119.
- Rice-Evans C, Miller N, Paganga G. 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends Plant Sci* 2: 152-159.
- 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.