

첨가비율 및 취반기구별 현미밥의 기능성분 및 라디칼 소거 활성

이경하 · 김현주 · 이석기 · 박혜영 · 심은영 · 조동화 · 오세관 · 이정희 · 안역근 · 우관식

농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부

Functional Components and Radical Scavenging Activity of Brown Rice according to Addition Rate and Cooker

Kyung Ha Lee, Hyun-Joo Kim, Seuk Ki Lee, Hye Young Park, Eun-Yeong Sim, Dong-Hwa Cho, Sea Kwan Oh, Jeong Heui Lee, Eok Keun Ahn, and Koan Sik Woo

Department of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration

ABSTRACT This study was carried out to compare the antioxidant components and antioxidant activity of brown rice according to addition rate (0, 10, 20, 30, 50, and 100%) and cooker. Brown rice was cooked using general and high pressure cookers with and without fermented alcohol. Pasting characteristics with addition rate of brown rice decreased with increasing amounts of brown rice. Total polyphenol and flavonoid contents increased with increasing amounts of brown rice. DPPH and ABTS radical scavenging activities increased with increasing amounts of brown rice. Moreover, brown rice cooked by the general cooking method with fermented alcohol showed higher antioxidant effects compared to other cooking methods. In this study, antioxidant components and antioxidant activity of cooking brown rice with addition rate and cooking method can be used as basic data on processed manufactured products.

Key words: brown rice, water binding capacity, polyphenol, radical scavenging activity

서 론

우리가 주식으로 이용하는 쌀에는 전분을 제외한 성분들이 쌀의 호분층(외피 부분)과 배아에 분포되어 있는데, 특히 도정하지 않은 현미에는 항산화력을 나타내는 α -tocopherol, α -tocotrienol, γ -tocopherol, γ -aminobutyric acid (GABA), arabinoxylan, ferulic acid 및 vitamin B1, vitamin E 등과 같은 항당뇨, 항고혈압, 면역기능 증진 등의 생리기능성 물질들이 기타 곡물보다 상대적으로 많이 함유되어 있다(1-3). 그뿐만 아니라 식물성 섬유질을 비롯한 각종 효소, 비타민, 미네랄 등의 영양소가 다량 함유되어 있다. 그러나 현미가 가지고 있는 뛰어난 효능에도 불구하고, 현미는 단단한 껍질과 피틴산 등으로 인하여 식감이 거칠고 소화가 잘되지 않는 단점을 가지고 있어, 이러한 현미의 식미 향상 및 질감의 개선을 위한 노력이 계속되고 있다(4).

Lee 등(5)은 우리나라 쌀 품종 및 국민기호에 적합한 대량취반 조건을 확립하는 것은 매우 중요하며 쌀의 식미는 쌀의 성분조성과 쌀의 가공특성이며, 특히 밥의 조직감에

가장 큰 영향을 끼치는 요소는 침지 조건, 가수량 등의 취반 방법이라고 하였다. Kim과 Kim(6)은 가수량을 달리하여 전기술과 압력술로 지은 밥으로 관능검사를 실시한 결과 압력술로 지은 밥의 호화도와 선호도의 높음을 보고하였으며, Chang과 Hwang(7)은 취반기구를 달리하여 지은 밥의 외모나 텍스처 특성치에서 유의적인 차이를 보였고 특히 견고성이 텍스처 특성치와 관련성이 높았다고 하였다. 또한, Park(8)은 쌀밥의 맛, 조직감, 색깔, 향기, 전체적 기호 등의 관능적 특성을 향상시키기 위해 매실을 알코올과 물로 추출하여 첨가한 후 취반하였는데, 알코올 추출물을 넣어 취반한 밥의 관능적 특성이 더 우수하다고 하였다.

이처럼 현미의 항산화 성분에 대한 연구와 현미의 식감을 개선하기 위한 취반방법에 대한 여러 가지 연구가 이루어져 왔으나 취반방법에 따른 현미의 항산화 기능 등의 생리활성 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 밥의 식미와 기능성 함량을 높이고자 하여 다양한 종류의 기능성 물질을 함유한 현미를 비율별로 첨가하고 취반방법을 달리하여 현미밥을 제조하고 그 취반특성과 항산화 활성을 분석하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에 사용된 재료는 농촌진흥청 국립식량과학원에

Received 16 December 2016; Accepted 10 February 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

서 육성된 고품질 품종의 삼광(*Oryza sativa* cv. Samkwang)이며 2015년도에 수확하였다. 현미는 제현기(Model SY88-TH, Ssangyong Ltd., Incheon, Korea)를 이용하여 왕겨를 분리한 현미를 시험재료로 사용하였다. 백미는 시험용 정미기(SY2001-NSART100, Ssangyong Ltd.)를 이용하여 현미의 과피층(waxy layer)을 선택적으로 제거(10%)하여 실험에 사용하였다.

원료의 일반성분 및 무기성분 분석

원료의 수분 함량은 상압건조방법으로 105°C에서 건조하여 정량하였고, 조회분은 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, 조회분 값을 감하여 산출하였다. 무기성분은 Woo 등(9)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, 나트륨을 분석하였다.

원료의 아밀로그래프 특성 분석

원료의 아밀로그래프 특성은 Kim 등(10)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 분산시켜 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 점도 특성을 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.

원료의 수분결합력, 용해도 및 팽윤력 분석

비율별 혼합시료의 수분결합력은 분쇄 시료 1 g을 증류수 40 mL에 혼합하여 1시간 교반하고 10분 동안 3,000 rpm으로 원심분리 하여 상등액을 제거한 다음 침전된 가루의 무게를 측정하여 침전된 시료의 무게(g)에서 처음 시료 분말의 무게(g)를 빼고 처음 시료 분말 무게(g)에 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°C에

서 12시간 건조시켜 무게를 측정하고 침전물은 그대로 무게를 측정하였다.

$$\text{용해도(solubility, \%)} = \frac{\text{상등액을 건조한 고형물의 무게(g)}}{\text{처음 시료 무게(g)}} \times 100$$

$$\text{팽윤력(swelling power, \%)} = \frac{\text{원심분리 후 무게(g)}}{\text{처음 시료 무게(g)} \times 100 - \text{용해도}} \times 100$$

현미 비율별 취반 식미특성 검정

현미 첨가비율별 식미특성은 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), 점도(viscosity), 밸런스(balance), 식미치(palatability)를 측정하였다.

취반기구 및 현미밥의 조직감 측정

현미밥의 제조는 쌀 100 g을 기준으로 백미에 현미의 비율을 0, 10, 20, 30, 50 및 100%로 첨가하여 제조하였다. 쌀을 3회 수세한 후 상온(25°C)에서 30분간 물에 침지한 다음 건져서 체에 밭쳐 물기를 제거하여 이용하였으며, 가수량은 수세 전 시료 무게 기준으로 1.2배, 즉 120 mL를 첨가하여 취반하였다. 또한, 발효주정을 첨가하여 취반할 경우 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.

취반이 완료된 시료의 조직감은 Texture analyzer(Zwick Roell, Ulm, Germany)를 이용하여 측정하였다. 쌀밥의 조직감 측정조건은 two-cycle compression을 실시하였으며, pre-test speed 2 mm/s, post-test speed 2 mm/s, strain 40%, probe diameter 4 mm의 조건으로 경도(hardness), 탄성(springiness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness), 응집성(cohesiveness)을 측정하였다.

현미밥 추출물 제조 및 항산화 성분 함량 분석

시료의 페놀성분 및 라디칼 소거 활성을 분석하기 위해 취반한 시료 일정량을 취하여 80% 에탄올을 넣고 homogenizer(HG-15A, Daihan Scientific Co., Wonju, Korea)로 균질화시킨 후, 상온에서 24시간 동안 진탕추출(Wise-Cube WIS-RL010, Daihan Scientific Co.)한 다음 여과하여 -20°C 냉동고에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다. 추출물에 대한 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량은 Lee 등(11)의 방법으로 분석하였다. 즉 총 폴리페놀 함량은 추출

물 50 μL 에 2% Na_2CO_3 용액 1 mL를 가한 후 3분간 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 50 μL 를 가하였다. 30분 후 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였고, 표준물질인 gallic acid(Sigma-Aldrich Co.)를 사용하여 검량선을 작성하였다. 총 플라보노이드 함량은 추출물 250 μL 에 증류수 1 mL와 5% NaNO_2 75 μL 를 가한 다음, 5분 후 10% $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 150 μL 를 가하여 6분 방치하고 1 N NaOH 500 μL 를 첨가하여 11분 후 반응액의 흡광도 값을 510 nm에서 측정하였다(12). 표준물질인 (+)-catechin(Sigma-Aldrich Co.)을 사용하여 검량선을 작성하였다.

현미밥 추출물의 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성 측정

추출물에 대한 항산화 활성은 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, Sigma-Aldrich Co.) 및 ABTS(2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid, Sigma-Aldrich Co.) 라디칼 소거 활성을 측정하였다(11). 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 persulfate 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 μL 를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 30분 후에 측정하였다. DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성은 시료 100 g당 mg TE(Trolox equivalent)로 표현하였다.

통계분석

각 항목의 측정값은 SPSS 통계 package program(Statistical Package Social Science, version 18.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 각 측정 군의 평균과 표준편차를 산출하였으며, t-test 및 분산분석(ANOVA)과

다중범위검정(Duncan's multiple range test)으로 시료 간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

원료의 일반성분 및 무기성분 함량 분석

시료로 사용한 삼광 백미와 현미의 수분, 조단백, 조지방, 조회분 그리고 탄수화물 등의 일반성분을 분석한 결과 백미와 현미의 수분 함량은 각각 7.61 ± 0.02 및 $11.30 \pm 0.10\%$, 조회분은 1.20 ± 0.03 및 $1.61 \pm 0.01\%$, 조단백은 5.65 ± 0.02 및 $6.15 \pm 0.02\%$, 조지방은 1.20 ± 0.03 및 $2.12 \pm 0.07\%$, 탄수화물은 84.33 ± 0.05 및 $78.82 \pm 0.18\%$ 로 나타났다(Table 1). 수분 함량과 조단백, 조회분, 조단백, 조지방 함량은 현미에서 높은 함량을 나타냈으며, 탄수화물 함량은 백미에서 더 높은 함량을 나타내었다. 이러한 결과는 Kim 등(3)의 도정도에 따른 원료곡의 일반성분 변화와 같은 경향을 보였다. Park 등(13)은 이는 도정에 따라 외피와 호분층이 제거되면서 여기에 포함된 단백질, 지방 등이 함께 제거되고 상대적으로 내부 전분층의 비율이 높아지면서 도정률에 따라 유의적 차이를 나타낸다고 하였다. 단백질은 물과 열에너지의 확산을 방해하므로 쌀의 수분 흡수 및 전분입자의 호화 팽창에 영향을 미쳐 밥맛을 결정하는 데 중요한 역할을 한다. 일반적으로 단백질 함량은 현미의 내부보다는 외부층(호분층)에 많이 분포하며 도정을 하면 약 1%가량 감소하게 되는데, 백미의 단백질 함량은 7% 미만일 때 밥맛이 좋으며 이 함량이 높은 경우 취반 시 밥이 굳어지거나 탄력과 점성이 감소하여 식미를 저하시키는 것으로 알려져 있다(14).

칼륨, 칼슘, 마그네슘, 나트륨 등의 무기성분 함량은 Table 2와 같이 칼륨과 마그네슘이 현미에서 더 높은 함량을 나타내었고, 칼슘과 나트륨은 백미에서 더 높은 함량을 나타내었다. 시료별 무기성분 함량은 칼륨 > 마그네슘 > 나트륨 > 칼슘 순으로 나타났다. 이와 같은 결과는 Lee 등(15)의 연구 결과와 유사한 결과를 나타냈으며, Kim 등(16)의 보고

Table 1. Proximate compositions of white rice and brown rice (%)

	Moisture	Ash	Crude protein	Crude fat	Carbohydrate
White rice	$7.61 \pm 0.02^{1)}$	1.20 ± 0.03	5.65 ± 0.02	1.20 ± 0.03	84.33 ± 0.05
Brown rice	11.30 ± 0.10	1.61 ± 0.01	6.15 ± 0.02	2.12 ± 0.07	78.82 ± 0.18
t-value	37.94***	14.02***	17.44***	12.51***	29.91***

¹⁾Each value is mean \pm SD (n=3).

*** $P < 0.001$; Significantly different by Student's t-test between white rice and brown rice.

Table 2. Mineral contents of white rice and brown rice (mg/100 g)

	K	Ca	Mg	Na
White rice	$123.38 \pm 14.94^{1)}$	9.59 ± 1.22	63.43 ± 9.32	16.35 ± 1.51
Brown rice	178.34 ± 5.06	7.04 ± 0.17	83.10 ± 4.67	9.49 ± 0.28
t-value	-3.32*	2.14	-1.66	4.46*

¹⁾Each value is mean \pm SD (n=3).

* $P < 0.05$; Significantly different by Student's t-test between white rice and brown rice.

에 따르면 쌀의 무기질 함량은 대체로 인 > 칼륨 > 마그네슘 > 나트륨 > 아연 > 철 > 구리의 순으로 나타나며, 무기성분 함량 순서는 쌀의 품종 간의 차이와 같은 품종이라도 재배지역 등에 따라 차이가 생기는 것이라고 하였다.

현미 첨가비율별 호화특성

현미의 비율에 따른 호화특성을 분석하여 나타내었다 (Table 3). 현미 첨가비율이 0, 10, 20, 30, 50 및 100%로 증가함에 따라 최고점도는 195.00±1.38~147.00±0.79 RVU, 최저점도는 127.89±2.49~94.39±0.94 RVU, 강하점도는 67.11±3.88~52.61±1.36 RVU, 최종점도는 251.97±2.30~172.50±0.80 RVU, 치반점도는 56.97±3.64~25.50±1.16 RVU로 감소하였다. 최종점도는 가열이 중지되고 냉각하는 단계에서 일어나는 과정으로 아밀로스와 같은 전분 분자들이 재결합하여 점도가 증가하는 단계로서 (10) 현미의 비율이 높아질수록 낮아지는 결과를 나타내었다. 치반점도는 최종점도와 최고점도의 차이를 나타내는 것으로서 전분의 노화와 관련이 있으며 값이 높을수록 노화 진행 속도가 빠르다는 것을 나타낸다(17). 따라서 본 연구 결과 현미 비율이 높아질수록 치반점도가 낮은 결과를 나타냈으며, 이는 현미 비율이 높아질수록 밥의 노화 진행속도가 지연될 것으로 생각된다.

현미 첨가비율별 수분결합력, 팽윤력 및 용해도

현미 첨가비율별 수분결합력은 현미 첨가비율이 0, 10, 20, 30, 50 및 100%로 증가할수록 각각 187.31±2.46, 175.68±1.35, 173.40±1.49, 174.50±2.75, 170.45±7.57

및 165.83±1.98%로 유의적으로 감소하였다(Table 4). 물이 결합하는 정도를 나타내는 수분결합력은 물이 전분입자의 무정형 부분에 침투되거나 입자표면에 흡착하는 것을 말한다. 수분결합력은 전분 함량뿐만 아니라 비 전분 다당류 등 여러 성분에 의하며 세포벽에 의한 팽윤 억제 현상에도 영향을 준다(18). 또한, Choi 등(19)은 전분의 손상도가 클수록 물 결합능력이 높아진다고 하였다. 팽윤력은 현미 첨가비율(0, 10, 20, 30, 50 및 100%)이 증가할수록 각각 162.37±4.04, 156.26±2.42, 154.78±4.07, 148.74±3.18, 137.01±1.92 및 106.12±2.55%로 유의적으로 감소하였다. Leach 등(20)은 전분입자 내의 결합력이 팽윤 양상에 영향을 주어 결합 정도가 강한 전분은 팽윤이 억제되므로 팽윤력의 증가는 전분입자의 결정성이 낮기 때문이라고 보고하였다. 그러나 본 연구에서 현미 쌀가루의 수분결합력과 팽윤력이 낮은 이유는 백미보다 상대적으로 지질 함량이 높고, 당질 함량이 낮은 성분 조성의 차이에 의한 것으로 생각된다(21). 현미 첨가비율별 용해도는 0, 10, 20, 30, 50 및 100%로 증가할수록 5.35±0.16, 5.27±0.09, 5.53±0.08, 5.98±0.07, 6.44±0.10 및 8.24±0.25%로 유의적으로 증가하였다. 이는 현미 쌀가루가 가열 때문에 팽윤 호화되어 현미 파괴에 있는 지질, 섬유질들이 붕괴하면서 일부 아밀로스나 용해성 탄수화물을 용출하기 때문으로 생각된다(22).

현미 비율별 식미특성

현미 첨가비율별 취반미에 대한 식미특성을 분석한 결과 Table 5와 같이 백미 100%와 현미 10%에서 외관, 찰기, 질감, 전체적 기호도에서 전반적으로 가장 높은 결과를 보임

Table 3. Pasting characteristics of brown rice with different ratio

Mixing ratio of brown rice (%)	Peak viscosity (RVU ¹⁾)	Trough viscosity (RVU)	Break down ²⁾ (RVU)	Final viscosity (RVU)	Set back ³⁾ (RVU)
0	195.00±1.38 ^{a4)5)}	127.89±2.49 ^a	67.11±3.88 ^a	251.97±2.30 ^a	56.97±3.64 ^a
10	188.25±1.07 ^b	123.20±1.35 ^b	65.06±0.68 ^{ab}	242.25±1.15 ^b	54.00±0.44 ^{ab}
20	181.81±0.99 ^c	119.69±0.17 ^c	62.11±1.04 ^b	234.72±0.57 ^c	52.92±1.42 ^b
30	176.78±0.33 ^d	113.05±1.12 ^d	63.72±1.45 ^{ab}	223.44±0.88 ^d	46.67±1.12 ^c
50	167.25±0.72 ^e	108.75±0.92 ^e	58.50±1.10 ^c	210.03±0.54 ^e	42.78±0.29 ^d
100	147.00±0.79 ^f	94.39±0.94 ^f	52.61±1.36 ^d	172.50±0.80 ^f	25.50±1.16 ^e

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 brown rice with different ratio

Mixing ratio of brown rice (%)	Water binding capacity (%)	Swelling power (%)	Water solubility index (%)
0	187.31±2.46 ^{a1)2)}	162.37±4.04 ^a	5.35±0.16 ^d
10	175.68±1.35 ^b	156.26±2.42 ^a	5.27±0.09 ^d
20	173.40±1.49 ^b	154.78±4.07 ^a	5.53±0.08 ^d
30	174.50±2.75 ^b	148.74±3.18 ^b	5.98±0.07 ^c
50	170.45±7.57 ^{bc}	137.01±1.92 ^c	6.44±0.10 ^b
100	165.83±1.98 ^c	106.12±2.55 ^d	8.24±0.25 ^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 of rice using a rice taste analyzer

Mixing ratio of brown rice (%)	Appearance	Hardness	Stickiness	Balance	Palatability
0	4.75±0.07 ^{a1)2)}	7.18±0.05 ^{bc}	4.36±0.07 ^b	4.59±0.08 ^{bc}	45.39±0.94 ^a
10	4.80±0.33 ^a	6.95±0.29 ^{cd}	4.31±0.20 ^b	4.82±0.38 ^b	41.83±3.22 ^b
20	4.21±0.16 ^b	7.30±0.13 ^b	3.71±0.15 ^d	4.15±0.21 ^d	35.72±1.17 ^c
30	4.32±0.10 ^b	7.29±0.05 ^b	3.96±0.18 ^c	4.32±0.16 ^{cd}	36.07±0.86 ^c
50	4.93±0.09 ^a	6.78±0.05 ^d	4.71±0.12 ^a	5.30±0.12 ^a	36.04±0.71 ^c
100	3.84±0.06 ^c	7.70±0.08 ^a	4.25±0.03 ^b	4.24±0.05 ^{cd}	30.00±0.00 ^d

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.

으로써 밥맛과 품질이 우수한 것으로 평가되었다. 특히 외관, 찰기, 질감, 전체적 기호도에서 현미 10% 첨가구가 4.80±0.33, 4.31±0.20, 4.82±0.38 및 41.83±3.22로 백미 100% 처리구(4.75±0.07, 4.36±0.07, 4.59±0.08 및 45.39±0.94)와 비슷한 경향을 나타내었다. 본 연구 결과 외관과 질감이 높을수록 취반미 식미가 높게 평가됨을 알 수 있었으며, 이는 Okabe(23)의 연구에서 밥알의 점성/경도 비율과 식미와는 밀접한 관계가 있다고 보고하여 본 연구의 내용과 비슷한 경향을 보여주었다. 현미의 딱딱한 식감으로 인해 현미 100%로 취반하였을 때 외관과 기호도의 점수가 낮고 경도 값이 증가하였으나, 50% 현미까지는 현미 비율의 증가에 따라서 외관, 경도, 찰기, 질감에서 뚜렷한 경향을 나타내지 않았다. 그 외에 다른 요인들이 식미와 관련이 있을 것으로 생각되므로 더 많은 연구가 진행되어야 할 것으로 보인다.

취반방법별 백미와 현미밥의 물성 변화

현미밥의 경도를 개선하기 위해서 압력밥솥과 일반밥솥을 사용하고 발효주정을 첨가하여 취반한 후 현미와 백미의 물성을 측정하였다(Table 6). 경도, 검성, 씹힘성은 취반 조건에 따라 유의적인 차이를 나타냈다. 특히 경도는 현미의 경우 일반밥솥으로 취반했을 때 28.46±0.94~27.92±0.97로 나타났으며, 압력밥솥으로 취반 시에는 9.72±0.33~8.95±0.25로 나타나 유의적으로 감소하였다. 백미의 경우 일반밥솥으로 취반했을 때 2.27±0.06~2.03±0.05로 나타

났으며, 압력밥솥으로 취반 시에는 1.95±0.05~1.84±0.06으로 나타났다. 검성과 씹힘성도 경도와 마찬가지로 현미 일반밥솥에서 높은 경향을 보였고 압력밥솥에서 낮은 값을 보였다. 탄성, 응집성은 취반조건에 따라 유의적인 차이를 보였으나 큰 차이를 보이지 않았다. 또한, 모든 항목에서 전반적으로 발효주정을 넣어 취반한 밥이 유의적으로 더 낮은 경향을 나타냈다. Park과 Woo(24)는 현미가 외피의 구조적 특성 때문에 압력밥솥의 사용이 더 좋다고 하였고 침지시간은 기계적 특성인 견고성에 가장 큰 영향을 미친다고 하였으며, Park 등(25)은 압력 조건이 경도, 검성, 씹힘성을 낮추준다고 하였다. 이는 본 연구 결과와 유사한 결과를 나타내었다. 따라서 딱딱한 식감을 개선하기 위해서는 발효주정 첨가와 압력밥솥의 사용이 유리할 것으로 생각된다.

현미 첨가비율 및 취반방법에 따른 항산화 성분 함량

취반방법에 따른 현미밥의 페놀 화합물 함량은 현미의 비율이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였으며, 발효주정 첨가와 일반밥솥으로 취반하였을 때 가장 높은 함량을 나타내었다(Fig. 1). 현미의 비율이 0, 10, 20, 30, 50 및 100%로 비율이 높아질수록 발효주정 첨가, 일반밥솥으로 취반한 경우 각각 168.52±7.16, 206.04±3.20, 234.06±5.48, 266.90±9.52, 345.19±4.00 및 603.45±43.74 µg gallic acid equivalents(GAE)/g sample로 증가하였다. 플라보노이드 함량은 전반적으로 50%까지는 발효주정을 첨가하여 일반밥솥으로 취반하였을 때 가장 높은 함량을 나타내었으며,

Table 6. Texture analysis of cooked white rice and brown rice

		Hardness	Springiness	Gumminess	Chewiness	Cohesiveness
White Rice	Electric cooker (water)	2.27±0.06 ^a	0.78±0.00 ^a	0.84±0.02 ^a	0.66±0.02 ^a	0.37±0.01 ^a
	Electric cooker (alcohol)	2.03±0.05 ^b	0.73±0.01 ^b	0.68±0.02 ^b	0.50±0.02 ^b	0.34±0.01 ^b
	Pressure cooker (water)	1.95±0.05 ^{bc}	0.78±0.01 ^a	0.67±0.02 ^b	0.52±0.02 ^b	0.34±0.01 ^b
	Pressure cooker (alcohol)	1.84±0.06 ^c	0.72±0.01 ^b	0.55±0.02 ^c	0.40±0.02 ^c	0.30±0.01 ^c
Brown Rice	Electric cooker (water)	28.46±0.94 ^a	0.72±0.01 ^b	3.90±0.59 ^b	2.82±0.42 ^b	0.31±0.01 ^b
	Electric cooker (alcohol)	27.92±0.97 ^a	0.69±0.02 ^c	6.03±0.37 ^a	4.26±0.33 ^a	0.22±0.01 ^c
	Pressure cooker (water)	9.72±0.33 ^b	0.79±0.01 ^a	3.40±0.13 ^b	2.69±0.11 ^b	0.35±0.01 ^a
	Pressure cooker (alcohol)	8.95±0.25 ^b	0.81±0.01 ^a	3.18±0.09 ^b	2.56±0.08 ^b	0.36±0.01 ^a

¹⁾Each value is mean±SD (n=30).

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.

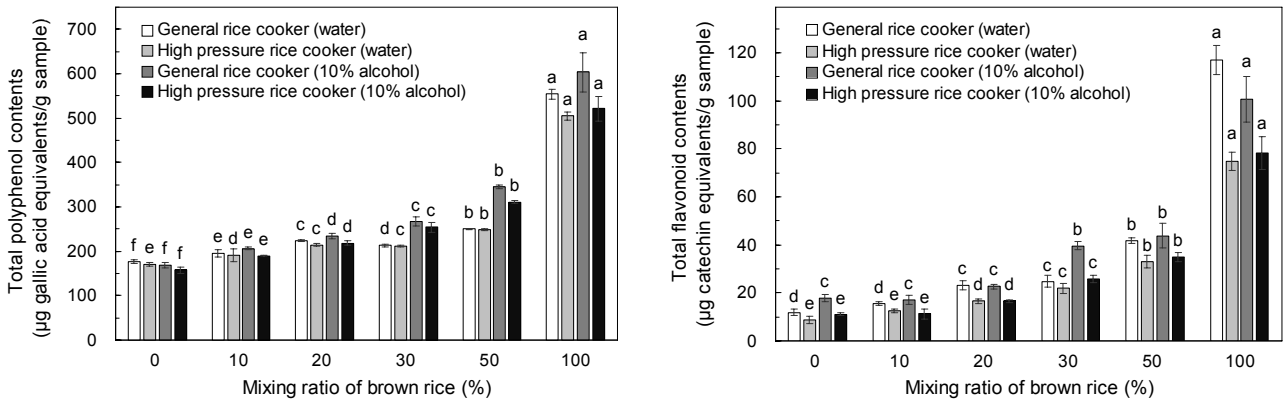


Fig. 1. Total polyphenol and flavonoid contents of the ethanolic extracts with mixing ratio of brown rice. Each value is mean±SD. Any means above the bars followed by the same letter are not significantly ($P<0.05$) different by Duncan's multiple range test.

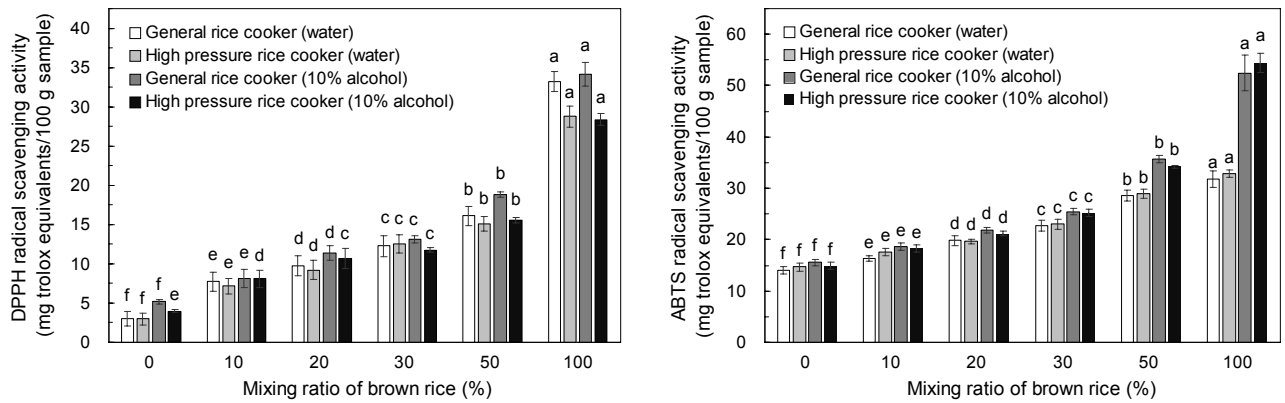


Fig. 2. DPPH and ABTS radical scavenging activities of the ethanolic extracts with mixing ratio of brown rice. Each value is mean±SD. Any means above the bars followed by the same letter are not significantly ($P<0.05$) different by Duncan's multiple range test.

100%에서는 물 첨가와 일반밥술에서 더 높은 함량을 나타냈다. 발효주정을 첨가하여 일반밥술으로 취반 시 현미의 비율이 0, 10, 20, 30 및 50%로 비율이 높아질수록 총 플라보노이드 함량은 각각 17.98 ± 1.55 , 17.10 ± 2.04 , 22.65 ± 0.02 , 39.66 ± 1.73 및 43.81 ± 5.10 µg catechin equivalents(CE)/g sample로 다른 취반방법보다 높은 함량을 나타내었다. 그러나 현미 100%인 경우 물만 넣고 일반밥술에서 취반했을 시 그 함량이 116.93 ± 6.20 µg CE/g sample로 발효주정을 첨가하여 압력밥술으로 취반한 함량이 100.77 ± 9.49 µg CE/g sample인 것보다 더 높게 나타났다. 페놀성 화합물은 식물계에 널리 분포되어 있는 물질로 다양한 구조와 분자량을 가지며, 페놀성 화합물의 phenolic hydroxyl기가 단백질과 같은 거대분자와의 결합을 통해 항산화, 항암 및 항균 등의 생리기능을 가지는 것으로 알려져 있으며(26), 곡류에 함유되어 있는 polyphenolic 화합물들은 우수한 항산화력을 가지는 것으로 알려져 있다(27). 본 연구 결과 현미의 비율이 높아지면서 뚜렷하게 항산화 성분이 증가함을 확인할 수 있었으며, 같은 현미 비율이라도 취반방법에 따라 달라지고, 특히 발효주정 첨가와 일반밥술으로 취반 시 높은

폴리페놀 및 플라보노이드 함량을 확인할 수 있었다. 따라서 식감을 고려하여 취반방법을 선택해야 할 것으로 생각된다.

현미 첨가비율 및 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 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량과 같이 발효주정을 첨가하여 일반밥술으로 취반하였을 때 높은 활성을 나타내었고 현미 첨가비율이 증가할수록 활성이 증가하였다(Fig. 2). 발효주정을 첨가하여 일반밥술으로 취반한 경우 DPPH 라디칼 소거 활성은 현미 첨가비율이 0, 10, 20, 30, 50 및 100%에서 각각 5.19 ± 0.27 , 8.13 ± 1.18 , 11.41 ± 0.95 , 13.14 ± 0.50 , 18.82 ± 0.34 및 34.19 ± 1.51 mg TE/100 g sample로 다른 취반방법보다 높은 활성을 나타내었다. ABTS 라디칼 소거 활성은 전체적으로 발효주정을 첨가하여 취반하였을 때 높은 활성을 나타내었으며,

일반밥술을 이용하고 현미 첨가비율이 0, 10, 20, 30, 50 및 100% 처리에서 각각 15.60 ± 0.59 , 18.64 ± 0.78 , 21.86 ± 0.51 , 25.47 ± 0.59 , 35.64 ± 0.72 및 52.46 ± 3.41 mg TE/100 g sample의 활성을 나타내었다. 가장 높은 ABTS 라디칼 소거 활성을 보인 처리는 100% 현미를 발효주정을 첨가하여 압력밥술으로 취반한 처리구가 54.38 ± 1.87 mg TE/100 g sample로 나타났다. 항산화 활성은 활성 라디칼에 전자를 공여하고 식품 중의 지방질 산화를 억제하는 특성이 있으며, 인체 내에서는 활성 라디칼에 의한 노화를 억제시키는 역할을 하고 있는데, 라디칼 소거작용은 인체의 질병과 노화를 방지하는 데 대단히 중요한 역할을 한다(29). 따라서 현미의 비율이 높아지고 발효주정을 첨가하여 일반밥술으로 취반하였을 때 높은 라디칼 소거능이 있을 것으로 생각되며 노화를 억제시킬 수 있을 것으로 생각된다.

요 약

취반방법이 현미밥의 항산화 활성에 미치는 영향을 살펴보기 위해 현미 첨가비율별(0, 10, 20, 30, 50 및 100%)로 첨가했을 때 취반방법별로 제조한 현미밥의 기능성분 및 라디칼 소거 활성을 살펴보았다. 호화특성은 현미 첨가비율이 증가함에 따라 최고점도, 최저점도, 강하점도, 최종점도, 치반점도가 감소하였다. 경도, 검성, 씹힘성은 현미 첨가비율 및 취반방법에 따라 유의적인 차이를 나타냈다. 경도는 일반밥술으로 취반했을 때 $28.46 \pm 0.94 \sim 27.92 \pm 0.97$ 로 나타났으며, 압력밥술에서는 $9.72 \pm 0.33 \sim 8.95 \pm 0.25$ 로 나타나 유의적으로 감소하였다. 총 폴리페놀 함량은 발효주정을 첨가하여 일반밥술으로 취반했을 때 높은 함량을 나타내었는데, 현미 첨가비율이 0, 10, 20, 30, 50 및 100%에서 각각 168.52 ± 7.16 , 206.04 ± 3.20 , 234.06 ± 5.48 , 266.90 ± 9.52 , 345.19 ± 4.00 및 603.45 ± 43.74 $\mu\text{g GAE/g sample}$ 로 증가하였다. 이와 같은 결과는 총 플라보노이드 함량과 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성에서도 같은 경향을 나타내었다. 따라서 취반 시 발효주정을 첨가하여 일반밥술으로 취반하였을 때 항산화 성분 함량이 증가하고 라디칼 소거 활성이 증가하는 것을 확인할 수 있었으며, 이는 취반방법에 따른 현미밥의 생리활성 연구에 기초자료가 될 것으로 생각된다.

감사의 글

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

REFERENCES

- Krishna AGG, Khatoon S, Shiela PM, Sarmandal CV, Indira TN, Mishra A. 2001. Effect of refining of crude rice bran oil on the retention of oryzanol in the refined oil. *J Am Oil Chem Soc* 78: 127-131.
- Moon GS, Kim MJ, Jin MH, Kim SY, Park SY, Ryu BM. 2010. Physicochemical and sensory properties of rice stored in an unused tunnel. *Korean J Food Cook Sci* 26: 220-228.
- Kim SR, Ahn JY, Lee HY, Ha TY. 2004. Various properties and phenolic acid contents of rices and rice brans with different milling fractions. *Korean J Food Sci Technol* 36: 930-936.
- Kim JM, Yu M, Shin M. 2012. Effect of mixing ratio of white and germinated brown rice on the physicochemical properties of extruded rice flours. *Korean J Food Cook Sci* 28: 813-820.
- Lee EY, Jung JH, Shin HH, Lee SH, Pyun YR. 2000. Studies on optimum cooking conditions for commercial continuous rice cooker. *Korean J Food Sci Technol* 32: 90-96.
- Kim HY, Kim KO. 1986. Sensory characteristics of rice cooked with pressure cookers and electric cookers. *Korean J Food Sci Technol* 18: 319-324.
- Chang IY, Hwang IK. 1988. A study of physico-chemical analysis and sensory evaluation for cooked rices made by several cooking methods (II): Especially for warm and cool cooked rices. *Korean J Soc Food Sci* 4: 51-56.
- Park YS. 1998. Effect of *Prunus mume* extract on the sensory quality and shelf life of cooked rice. *Korean J Soc Food Sci* 14: 503-508.
- 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 SK, Kim WH, Jeong HS, Woo KS. 2016. Functional components and radical scavenging activity of germinated brown rice according to variety. *Korean J Food Nutr* 19: 145-152.
- Dewanto V, WU X, Liu RH. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50: 4959-4964.
- Park HY, Choi I, Oh SK, Woo KS, Yoon SD, Kim HJ, Sim EY, Jeong ST. 2015. Effects of different cultivars and milling degrees on quality characteristics of barley *Makgeolli*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44: 1839-1846.
- Choi HC, Hong HC, Nahm BH. 1997. Physicochemical and structural characteristics of grain associated with palatability in *japonica* rice. *Korean J Breed* 29: 15-27.
- Lee MK, Park JS, Na HS. 2010. Physicochemical properties of *Olbyossal* (parboiled rice). *Korean J Food Preserv* 17: 208-213.
- Kim SK, Kim IW, Han YI, Park HH, Lee KH, Kim ES, Cho MH. 1984. Calorie, mineral content and amino acid composition of Korean rice. *J Korean Soc Food Nutr* 13: 378-376.
- Lee KH, Lee SK, Park HY, Sim EY, Woo KS, Oh SK, Lee B, Kim HJ. 2016. Quality characteristics of barley *Makgeolli* 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.
- Choi CR, Kim JO, Lee SK, Shin MS. 2001. Properties of fraction from waxy rice flour classified with particle size. *Food Sci Biotechnol* 10: 54-58.
- Leach HW, McCowen LD, Schoch TJ. 1959. Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility patterns of

- various starches. *Cereal Chem* 36: 534-544.
21. Jung HN, Choi OJ. 2014. The physicochemical characteristics of rice flour with different milling degree of rice cultivar "Deuraechan". *Korean J Food Cook Sci* 30: 139-145.
 22. Yun HR. 2007. Properties of milled, brown and germinated brown rice flours and preparation of poundcake using them. *MS Thesis*. Chonnam National University, Jeonnam, Korea.
 23. Okabe M. 1979. Texture measurement of cooked rice and its relationship to the eating quality. *J Texture Stud* 10: 131-152.
 24. Park HW, Woo KJ. 1991. The hydration properties and the cooking qualities of various brown rices. *Korean J Soc Food Sci* 7: 25-40.
 25. Park JW, Chae S, Yoon S. 2009. The effects of steeping and cooking pressure on qualities of cooked brown rice. *Korean J Food Cult* 24: 69-76.
 26. Rice-Evans C, Miller N, Paganga G. 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends Plant Sci* 2: 152-159.
 27. Middleton E, Kandaswami C. 1994. Potential health-promoting properties of citrus flavonoids. *Food Technol* 48: 115-119.
 28. 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.
 29. Kim SM, Cho YS, Sung SK. 2001. The antioxidant ability and nitrite scavenging ability of plant extracts. *Korean J Food Sci Technol* 33: 626-632.