

## 발아현미 첨가 밥의 취반 및 산화방지 특성에 미치는 취반방법의 영향

이경하 · 김현주 · 이석기 · 박혜영 · 심은영 · 조동화 · 오세관 · 이정희 · 안억근 · 우관식\*  
농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부

### Effect of cooking methods on cooking and antioxidant characteristics of rice supplemented with different amounts of germinated brown rice

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** In this study, the phenolic content and antioxidant activity of rice cooked using different methods with different amounts of germinated brown rice (10, 20, 30, and 50%) were compared. Germinated brown rice was cooked using general and high-pressure cooking methods with and without fermented alcohol. Pasting characteristics decreased, and total polyphenol and flavonoid contents, and DPPH and ABTS radical scavenging activities increased with increasing amounts of germinated brown rice. Moreover, germinated brown rice cooked by general cooking method with fermented alcohol showed higher antioxidant activity than that showed by rice cooked by other cooking methods. The results obtained in this study are expected to serve as basic data for manufacturing of processed products.

**Keywords:** germinated brown rice, water-binding capacity, polyphenol, radical scavenging activity

## 서 론

현미는 배(embryo), 배젖(endosperm) 및 쌀겨층(과피(pericarp), 종피(testa), 호분층(aleurone layer))으로 이루어진 벼열매로서 벼의 겉껍질인 왕겨층만 한 번 벗겨낸 쌀로서 백미에 비하여 영양분의 손실이 적으며 지방, 단백질, 비타민, 식이섬유 및 각종 무기질 등이 풍부하여 영양성과 기능성이 뛰어나다(1). 뿐만 아니라 산화방지력을 나타내는  $\alpha$ -tocopherol,  $\alpha$ -tocotrienol,  $\gamma$ -tocopherol,  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA), arabinoxylane, ferulic acid 및 vitamin B1, E 등과 같은 항당뇨, 항고혈압, 면역기능 증진 등의 생리기능성 물질들이 백미, 보리 및 밀 등의 기타곡물에 비하여 상대적으로 많이 함유되어 있다(2-4). 그러나 현미의 외피는 단단해서 수분흡수율이 낮아 호화가 잘되지 않고 피트산이 존재하여 소화 흡수성이 떨어진다고(5). 또한 조리 후에도 남아있는 거친 식감 때문에 부드러운 음식에 길들여진 현대인에게는 식미를 감소시키는 단점을 가지고 있다(6). 이러한 현미의 문제점을 개선하여 풍부한 영양소를 고루 섭취하고 간편한 취사와 부드러운 텍스처로 식미 기호를 높인 발아현미가 등장하였다(7).

발아현미란 현미가공의 한 방안으로서 왕겨를 벗겨낸 현미에 적절한 수분, 온도, 산소를 공급해 1-5 mm 정도 짙은 것을

말하며 발아현미에는 비타민, 아미노산, 효소 등 인체에 유용한 성분이 발아되지 않은 현미보다 많다(8). 발아현미는 발아와 함께 수분흡수와 당질, 단백질 등의 가수분해효소의 작용에 의해 내부조직이 형성해진다. 또한 짙어 생선된 부위를 통한 수분흡수가 용이하므로 수침시간이 크게 단축되어 취반성이 개선되어 종래의 현미 이용에 있어서의 결점이 개선된 특징을 가짐과 동시에 현미보다 높은 식품기능이 기대된다(9). 현미의 발아과정은 현미의 소화를 방해하는 피트산(phytic acid)을 인과 이노시톨로 바꾸어 소화가 잘 되게 할 뿐 아니라(10), 다양한 종류의 가수분해 효소를 활성화시켜 영양성분의 체내 흡수를 도와주고, 식이섬유,  $\gamma$ -amino butyric acid (GABA),  $\gamma$ -oryzanol 및 파이토스테롤 등 미량 기능성 성분의 함량도 증가시키는 것으로 알려져 있다(11).

발아현미에 관한 연구로는 발아조건에 대한 연구, 발아현미의 품질특성 및 이화학적 특성연구, 기능성 성분인 GABA에 대한 연구, 발아 전후에서의 산화방지 및 항암활성 연구, 가공 원료로서의 발아현미의 이용에 관한 연구 등이 있으며(12), 유색미를 포함한 발아 전후 현미에서의 기능성물질 함량의 변화를 보고한 연구 등이 있다(13). 이처럼 가공원료로서의 발아현미 자체의 품질특성과 산화방지 활성의 특성에 대한 연구는 이루어져 왔으나 취반 방법에 따른 현미의 산화방지 기능 등의 생리활성 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 밥의 식미와 기능성 함량을 높이고자 하여 다양한 종류의 기능성 물질을 함유한 발아현미 첨가비율별로 취반방법을 달리하여 현미밥을 제조하고 그 취반특성과 산화방지성을 분석하였다. 또한 Lee 등(14)의 연구에 따르면 곡류 가열처리 시 알코올의 첨가는 bound-form의 성분의 분리를 용이하게 해주어 기능성이 향상된다고 보고하였는데 발아현미밥의 기능성 증진을 위해 발효알코올을 첨가하여 그 효과를 확인하였다.

\*Corresponding author: Koan Sik Woo, Department of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon, Gyeonggi 16429, Korea  
Tel: +82-31-695-0616  
Fax: +82-31-695-4085  
E-mail: wooks@korea.kr  
Received January 23, 2017; revised March 16, 2017;  
accepted March 29, 2017

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 연구에 사용된 백미 및 발아현미는 삼광(*Oryza sativa* cv. Samkwang)이며, 경기 수원 소재의 국립식량과학원 중부 작물부 시험용 포장에서 2015년도에 재배 생산된 산물을 시험용 재료로 사용하였다. 벼는 제현기(Model SY88-TH, Ssangyong Ltd., Incheon, Korea)를 이용하여 왕겨를 분리한 현미를 시험재료로 사용하였다. 현미 중 일부는 발아현미 가공전문업체인 (주)미실란(Gokseong, Korea)에서 30°C, 24시간 동안 발아시킨 후 자체 개발한 특수 저온 건조방식의 건조과정을 거쳐 각 품종의 발아현미를 제조하였다. 시료는 분쇄기(Micro hammer-cutter mill, Type-3, MHK Trading Co., Bucheon, Korea)로 분쇄하여 60 mesh 체에 통과시키고 걸리는 것은 다시 분쇄하여 체에 완전히 통과시킨 후 시료로 사용하였다.

### 원료의 일반성분 및 무기성분 분석

원료의 수분함량은 적외선수분함량측정기(AND MX-50 moisture analyzer, Tokyo, Japan)로 측정하였으며, 조단백질은 semimicro-Kjeldahl법으로 자동 단백질 분석기(Kjeltec 2400 AUT, Foss Tecator, Mulgrave, Australia)로 분석하였으며, 조지방은 Soxhlet 추출기(Soxtec System HT 1043, Foss Tecator, Eden Prairie, MN, USA)를 사용하여 diethyl ether로 추출하여 정량하였다. 탄수화물은 시료 100 g에 수분, 조지방, 조단백질, 조회분 값을 감하여 산출하였다. 시료의 무기성분 함량은 600°C에서 회화하여 0.5 N 질산으로 녹이고 GF/C여과지로 여과한 다음 정용하여 ICP(Inductively Coupled Plasma, Optima-3300DV, Perkin-Elmer, Norwalk, CT, USA)로 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 나트륨을 분석하였다(15).

### 원료의 호화특성 분석

원료의 호화특성은 Kim 등(16)의 방법을 토대로 신속점성측정기(Rapid Visco Analyzer, Model RVA-3D, Newport Scientific, Warriewood, Australia)를 이용하여 측정하였다. 즉, 분쇄한 시료를 3 g을 칭량하여 알루미늄 캔 용기에 투입하고 25 mL의 증류수에 분산시켜 50°C에서 1분간 유지시킨 후 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(break down) 및 치반점도(setback)를 측정하여 특성을 비교하였다.

### 원료의 수분결합력, 용해도 및 팽윤력 분석

원료의 혼합비율별(0, 10, 20, 30, 50 및 100%) 혼합시료의 수분결합력은 분쇄 시료 1 g을 증류수 40 mL을 혼합하여 1시간 교반하고 10분 동안 3,000 rpm으로 원심분리하여 상층액을 제거한 다음 침전된 가루의 무게를 측정하여 침전된 시료의 무게(g)에서 처음 시료분말의 무게(g)를 빼고 처음 시료분말 무게(g)에 대한 백분율로 계산하였다.

$$\text{수분결합력(Water binding capacity, \%)} = \frac{\text{침전된 시료의 무게(g)} - \text{처음 시료의 무게(g)}}{\text{처음 시료의 무게(g)}} \times 100$$

용해도와 팽윤력은 분쇄 시료 1 g을 30 mL의 증류수에 분산시켜 90±1°C의 항온수조에 30분간 가열하고 3,000 rpm으로 20분간

원심분리한 후 상층액은 105°C에서 12시간 건조시켜 무게를 측정하고 침전물은 그대로 무게를 측정하였다.

$$\text{용해도(Solubility, \%)} = \frac{\text{상층액을 건조한 고형물의 무게(g)}}{\text{처음 시료의 무게(g)}} \times 100$$

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

### 발아현미비율별 취반 식미특성 검정

발아현미 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 후 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.

### 발아현미밥의 취반방법

발아현미밥은 쌀 100 g을 기준으로 백미에 발아현미의 비율을 0, 10, 20, 30, 50 및 100%로 첨가하여 제조하였다. 쌀을 3회 세한 다음 물에 침지한(25°C, 30분) 후, 체에 받쳐 물기를 제거하였으며, 가수량은 물 120 mL을 첨가하여 취반하였다. 또한 곡류에 열처리시 알코올 첨가가 기능성이 향상되는 연구(14)를 기초로 발아현미 첨가 밥의 기능성 증진을 위해 발효알코올 첨가효과를 확인하고자 하였다. 발효알코올 첨가하여 취반 할 경우는 예비 실험을 통하여 발효취와 식감 등의 관능적 특성을 감안하여 적정 첨가비율을 설정하였으며, 물 100 mL과 발효알코올 20 mL을 넣어 취반하였다. 취반기구는 현미취반 겸용 전기보온밥솥(CR-0671V, Cuckoo, Seoul, Korea)과 전기압력밥솥(EHS035FW, Cuckoo)를 사용하였고, 전기보온밥솥과 전기압력밥솥은 자동 소화된 후 15분간 뜸을 들이고 취반에 사용하였다. 이렇게 취반된 밥은 시료의 텍스처 측정과 페놀성분 함량 분석, DPPH 및 ABTS radical 소거활성에 사용되었다.

### 발아현미밥의 텍스처 측정

발아현미밥과 백미밥의 텍스처의 차이를 분석하기 위해 텍스처 분석기(Texture analyzer, testXpert II, Zwick Roell, Ulm, Germany)를 이용하여 측정하였다. 텍스처 측정은 100% 백미와 발아현미밥을 각각 물과 발효알코올으로 취반하여 밀폐된 용기에 넣어 수분이 날아가지 않도록 하였으며, 형태가 완전한 밥알을 하나씩 취하여 측정하였다. 텍스처 측정조건은 two-cycle compression를 실시하였으며, pre-test speed 2 mm/sec, post-test speed 2 mm/sec, strain 40%, probe diameter 4 mm의 조건으로 경도(hardness), 탄성(springness), 겹성(gumminess), 씹힘성(chewiness), 응집성(cohesiveness)을 측정하였다.

### 발아현미밥 추출물 제조 및 페놀성분 함량 분석

시료의 페놀성분 및 라디칼 소거 활성을 분석하기 위해 취반한 시료를 80% 에탄올을 넣고 homogenizer로 균질화 시킨 후, 상온에서 24시간 동안 진탕추출(WiseCube WIS-RL010, Daihan Scientific Co. Ltd., Seoul, Korea)한 다음 여과하여 -20°C 냉동고에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다. 추출물에 대한 총 폴리페놀 함량과 총 플라보노이드 함량은 Lee 등(17)의 방법에 따라 폴린-시오칼도 시약(Folin-Ciocalteu reagent)이 시료의 폴리페놀 성 물질에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을

원리로 분석하였다. 즉, 폴리페놀 함량은 추출물 50 µL에 2% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 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 갈산(gallic acid, Sigma-Aldrich)을 사용하여 보정선을 작성하였으며, 시료 g 중의 µg gallic acid equivalents (GAE, dry basis)로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 추출물 250 µL에 증류수 1 mL와 5% NaNO<sub>2</sub> 75 µL를 가한 다음, 5분 후 10% AlCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O 150 µL를 가하여 6분 방치하고 1 N NaOH 500 µL를 첨가하고, 11분 후 반응액의 흡광도 값을 510 nm에서 측정하였다(18). 표준물질인 (+)-catechin (Sigma-Aldrich)를 사용하여 보정선을 작성하였으며, 시료 g 중의 µg 카테킨당량(catechin equivalents, CE, dry basis)으로 나타내었다.

**발아현미밥 추출물의 DPPH 및 ABTS radical 소거활성 측정**

추출물에 대한 산화방지 활성은 DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, Sigma-Aldrich) 및 ABTS (2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid, Sigma-Aldrich) 라디칼(radical) 소거활성을 측정하였다(14). DPPH radical 소거활성은 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 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 물 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 capacity)로 표현하였다.

**통계분석**

각 항목의 측정값은 SPSS 통계 package program (Statistical Package Social Science, Version 18.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 각 측정 군의 평균과 표준편차를 산출하였으며 t-test 및 분산분석(ANOVA)과 다중범위검정(Duncan's multiple range test)으로 시료간의 유의성을 검정하였다.

**결과 및 고찰**

**원료의 일반성분 및 무기성분 함량**

시료로 사용한 삼광 백미와 현미의 수분, 조단백, 조지방, 조회분 그리고 탄수화물 등의 일반성분을 분석한 결과 Table 1과 같이 백미와 현미의 수분함량은 각각 7.61±0.02 및 9.17±0.08%이었으며, 조단백은 5.65±0.02 및 6.40±0.04%, 조지방은 1.20±0.03 및 2.06±0.04%, 탄수화물은 84.33±0.05 및 81.12±0.10%으로 나타났다. 수분함량과 조단백, 조지방, 조회분 함량은 현미에서 높은 함량을 나타냈으며, 탄수화물 함량은 백미에서 더 높은 함량을 나타내었다. Park 등(19)은 이는 도정에 따라 외피와 호분층이 제거되면서 여기에 포함되어 있는 단백질, 지방 등이 함께 제거되고 상대적으로 내부 녹말층의 비율이 높아지면서 도정률에 따라 유의적 차이를 나타낸다고 하였다. 따라서 현미상태를 발아하여 제조한 발아현미 시료의 조단백, 조지방의 함량은 유의적으로 백미보다 높았으며, 상대적으로 탄수화물 함량은 줄어드는 것으로 생각된다. 이러한 결과는 Kim 등(20)과 Moon 등(21)의 품종별 현미 발아 전후의 생리활성물질 변화와 같은 경향을 보였다. 또한 Oh 등(22)은 발아현미의 싹 길에 따른 조단백 함량을 측정된 결과 1-3 mm까지 싹을 틔운 경우 증가하는 것으로 나타났으며, 5 mm로 발아했을 시에는 감소되는 것으로 나타났다고 하였다. 따라서 같은 시료라도 발아조건에 따라서 그 함량이 달라질 수 있을 것으로 생각된다.

칼륨, 칼슘, 마그네슘, 나트륨 등의 무기성분 함량은 Table 2와 같이 백미에서 더 높은 함량을 나타내었으나 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 시료별 미량 성분은 칼륨>마그네슘>나트륨>칼슘 순으로 나타났다. Lee 등(23)은 쌀의 무기질 함량은 대체로 인>칼륨>마그네슘>나트륨>아연>철>구리의 순으로 나타났다고 하여 본 연구결과와 같은 경향을 보였다. 또한 Kim 등(20)의 연구결과에 따르면 발아현미보다 현미에서 총 무기성분 함량이 약간 높았다고 하였는데 이는 현미가 발아하면서 무기성분의 손실이 있기 때문으로 생각된다.

**발아현미 첨가비율별 호화특성**

발아현미의 첨가비율에 따른 호화특성을 분석한 결과 Table 3과 같이 발아현미 첨가비율이 증가함에 따라 모든 항목에서 유

**Table 1. Changes in the proximate compositions (unit: %) of white rice and germinated brown rice**

	Moisture	Ash	Crude protein	Crude fat	Carbohydrate
White rice	7.61±0.02 <sup>1)</sup>	1.20±0.03	5.65±0.02	1.20±0.03	84.33±0.05
Germinated Brown rice	9.17±0.08	1.25±0.01	6.40±0.04	2.06±0.04	81.12±0.10
t-value	-18.44***	-1.61	-18.36***	-19.23***	29.69***

<sup>1)</sup>Each value is mean±SD (n=3).

<sup>2)</sup>\*\*\*p<0.001; Significantly different by Student's t-test between white rice and brown rice.

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

	K	Ca	Mg	Na
White rice	123.38±14.94 <sup>1)</sup>	9.59±1.22	63.43±9.32	16.35±1.51
Germinated Brown rice	102.38±0.40	8.64±0.78	53.71±2.61	13.57±1.54
t-value	1.41	0.66	1.01	1.29

<sup>1)</sup>Each value is mean±SD (n=3).

**Table 3. Pasting characteristics of germinated brown rice with different ratio (unit: RVU)**

Mixing ratio of brown rice (%)	Peak viscosity (RVU <sup>1)</sup> )	Trough viscosity (RVU)	Break down <sup>2)</sup> (RVU)	Final viscosity (RVU)	Set back <sup>3)</sup> (RVU)
0	195.00±1.38 <sup>4)a5)</sup>	127.89±2.49 <sup>a</sup>	67.11±3.88 <sup>a</sup>	251.97±2.30 <sup>a</sup>	56.97±3.64 <sup>a</sup>
10	168.56±0.77 <sup>b</sup>	106.81±1.41 <sup>b</sup>	61.75±2.17 <sup>bc</sup>	219.22±1.47 <sup>b</sup>	50.97±2.24 <sup>b</sup>
20	144.30±1.25 <sup>c</sup>	82.20±0.87 <sup>c</sup>	62.11±0.46 <sup>b</sup>	181.28±1.41 <sup>c</sup>	36.97±0.43 <sup>c</sup>
30	124.14±0.41 <sup>d</sup>	65.72±1.22 <sup>d</sup>	58.42±1.20 <sup>c</sup>	147.97±1.54 <sup>d</sup>	23.83±1.56 <sup>d</sup>
50	86.78±0.35 <sup>e</sup>	37.17±0.47 <sup>e</sup>	49.61±0.27 <sup>d</sup>	93.70±0.50 <sup>e</sup>	6.92±0.38 <sup>e</sup>
100	30.64±0.26 <sup>f</sup>	8.70±0.63 <sup>f</sup>	21.95±0.75 <sup>e</sup>	28.61±0.86 <sup>f</sup>	-2.03±0.89 <sup>f</sup>

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

의적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 최고점도와 최저점도의 차이를 나타내며 호화 중 녹말의 열과 전단(shear)에 대한 저항성 및 아밀로스 함량과 부의 상관관계를 갖고면서 취반가공의 안정도를 나타내는 강하점도(break down)는 67.11±3.88-21.9±0.75 RVU로 유의적으로 감소되었다. 최종점도(final viscosity)는 가열이 증진되고 cooling하는 단계에서 일어나는 과정으로서 아밀로스와 같은 녹말입자들이 다시 재결합하여 점도가 증가하는 단계로서 발아현미의 비율이 증가될수록 최종점도는 252.97±2.30-28.61±0.86 RVU로 감소되었다. Oh 등(22)은 현미를 발아시켜 발아전과 후의 쌀 길이에 따른 현미의 호화특성을 살펴보았는데 현미에 비해 발아현미의 점도가 급격히 낮아지는 경향을 보였으며, RVA 값이 급격하게 낮아지는 원인은 현미가 발아되는 과정에서 녹말의 구조적 변화가 나타나 호화되기 쉬운 구조를 갖게 되는 것이라고 하였다. 또한 치반점도는 최종점도에서 최고점도를 뺀 값으로서 이는 녹말의 노화와 관련이 있으며 값이 높을수록 노화진행 속도가 빠르고 값이 낮을수록 노화가 지연되고 밥맛을 오래 유지시켜주는 성질의 것으로 알려지고 있다. 본 연구 결과 현미 비율이 높아질수록 치반점도가 낮은 결과를 나타냈으며, 이는 현미비율이 높아질수록 밥의 노화진행속도가 지연될 것으로 생각된다.

#### 발아현미 첨가비율별 수분결합력, 팽윤력 및 용해도

발아현미 첨가비율별 수분결합력은 발아현미 첨가비율(0, 10, 20, 30, 50 및 100%)이 증가할수록 각각 158.08±0.89, 152.18±1.50, 151.03±1.19, 151.29±1.49, 145.43±3.87 및 134.17±0.27%로 감소하는 경향을 보였다(Table 4). 수분결합력은 시료와 수분의 친화성을 나타내는 것으로 그 크기는 녹말입자내의 비결정형 부분이 많을수록 높아지며 녹말의 swelling index와 관계가 있는 것으로 알려져 있다(24). 즉, 쌀가루에 물이 결합하는 정도를 나타내는 수분결합력은 물이 녹말입자의 무정형부분에 침투되거나 입자표면에 흡착하는 것을 말한다(25). 팽윤력은 0, 10, 20, 30, 50 및 100%로 발아현미 첨가비율이 증가할수록 각각 162.37±4.04, 163.24±2.17, 141.66±3.57, 140.38±5.52, 96.63±3.80 및 78.93±4.90%로 유의적으로 감소되었다. 반면 용해도는 각각 6.24±0.16, 5.70±0.11, 6.48±0.31, 6.44±0.20, 8.32±0.58 및 9.46±0.50%로 발아현미 첨가비율이 증가할수록 유의적으로 증가되었다. 팽윤력과 용해도는 녹말 입자의 결정형 영역과 녹말 사슬의 무정형 간의 상호작용의 크기를 평가하는 지표로 아밀로스-지방질 복합체와 아밀로스와 아밀로펙틴의 특성에 의한 영향을 받는 것이다(5). 따라서 팽윤력이 감소하는 것은 발아현미가 백미에 비해 상대적으로

**Table 4. Water binding capacity, swelling power and solubility of germinated brown rice with different ratio**

Mixing ratio of brown rice (%)	Water binding capacity (%)	Swelling power (%)	Water solubility index (%)
0	158.08±0.89 <sup>1)a2)</sup>	162.37±4.04 <sup>a</sup>	6.24±0.16 <sup>cd</sup>
10	152.18±1.50 <sup>b</sup>	163.24±2.17 <sup>a</sup>	5.70±0.11 <sup>d</sup>
20	151.03±1.19 <sup>bc</sup>	141.66±3.57 <sup>b</sup>	6.48±0.31 <sup>c</sup>
30	151.29±1.49 <sup>bc</sup>	140.38±5.52 <sup>b</sup>	6.44±0.20 <sup>c</sup>
50	145.43±3.87 <sup>c</sup>	96.63±3.80 <sup>c</sup>	8.32±0.58 <sup>b</sup>
100	134.17±0.27 <sup>d</sup>	78.93±4.90 <sup>d</sup>	9.46±0.50 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Each value is mean±SD (n=3).<sup>2)</sup>Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ( $p<0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

로 지질함량이 높고, 당질 함량이 낮은 성분 조성의 차이에 의한 것으로 생각된다(26). 반면 용해도의 증가는 발아현미 쌀가루가 가열에 의해 팽윤 호화되어 현미 과피에 있는 지질, 섬유질 등이 붕괴되면서 일부 아밀로스나 용해성 탄수화물을 용출하기 때문으로 생각된다(27).

#### 현미비율별 식미특성

시험재료의 취반미에 대한 식미특성은 Table 5에서 보는 바와 같이 백미 100%에서 외관, 찰기, 질감, 전체적 기호도에서 전반적으로 가장 높은 결과를 보임으로써 밥맛과 품질이 우수한 것으로 평가되었다. 외관, 경도, 찰기, 질감 및 전체적 기호도에서 발아현미 10% 첨가구에서 각각 4.55±0.25, 7.19±0.16, 4.11±0.29, 4.47±0.31 및 40.62±2.16로 백미 100% 처리구가 각각 4.75±0.07, 7.18±0.05, 4.36±0.07, 4.59±0.08 및 45.39±3.22로 비슷한 경향을 나타내었다. 그러나 발아현미의 비율이 20% 이상일 때 비율이 증가할수록 외관, 찰기, 질감, 기호도 점수가 낮고 경도 값이 증가하였다. Lee 등(28)의 보고에 따르면 발아현미는 아밀로펙틴의 단쇄 비율이 증가되어 식감측정결과 경도와 탄력성이 감소되고 찰기와 부착성이 증가된다고 하였으나, 본 실험결과 백미를 기준으로 발아현미비율이 증가함에 따라 식미가 좋지 못한 경향을 보이는 것으로 나타났다. 따라서 식미를 증가시킬 수 있는 다양한 취반조건 확립이 필요할 것으로 생각된다.

#### 취반방법별 백미와 발아현미밥의 물성 변화

취반방법별 발아현미밥의 물성 변화를 측정된 결과 경도(hardness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness)은 처리구 및 취반

**Table 5. Palatability characteristics of germinated brown rice using a rice taste analyzer**

Mixing ratio of brown rice (%)	Appearance	Hardness	Stickiness	Balance	Palatability
0	4.75±0.07 <sup>1)a2)</sup>	7.18±0.05 <sup>d</sup>	4.36±0.07 <sup>a</sup>	4.59±0.08 <sup>a</sup>	45.39±0.94 <sup>a</sup>
10	4.55±0.25 <sup>ab</sup>	7.19±0.16 <sup>d</sup>	4.11±0.29 <sup>ab</sup>	4.47±0.31 <sup>a</sup>	40.62±2.16 <sup>b</sup>
20	4.28±0.13 <sup>b</sup>	7.29±0.09 <sup>d</sup>	3.97±0.21 <sup>b</sup>	4.34±0.17 <sup>a</sup>	34.47±1.30 <sup>c</sup>
30	3.67±0.11 <sup>c</sup>	7.75±0.09 <sup>e</sup>	3.51±0.07 <sup>c</sup>	3.66±0.11 <sup>b</sup>	30.00±0.00 <sup>d</sup>
50	3.51±0.17 <sup>c</sup>	7.96±0.15 <sup>b</sup>	3.82±0.16 <sup>bc</sup>	3.72±0.19 <sup>b</sup>	30.00±0.00 <sup>d</sup>
100	0.23±0.05 <sup>d</sup>	9.80±0.00 <sup>a</sup>	1.86±0.21 <sup>d</sup>	0.20±0.00 <sup>c</sup>	30.00±0.00 <sup>d</sup>

<sup>1)</sup>Each value is mean±SD (n=3).

<sup>2)</sup>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 6. Texture of cooked germinated brown rice determined by a texture analyzer**

		Hardness	Springiness	Gumminess	Chewiness	Cohesiveness
White rice	Electric cooker (water)	2.27±0.06 <sup>a</sup>	0.78±0.00 <sup>a</sup>	0.84±0.02 <sup>a</sup>	0.66±0.02 <sup>a</sup>	0.37±0.01 <sup>a</sup>
	Electric cooker (alcohol)	2.03±0.05 <sup>b</sup>	0.73±0.01 <sup>b</sup>	0.68±0.02 <sup>b</sup>	0.50±0.02 <sup>b</sup>	0.34±0.01 <sup>b</sup>
	Pressure cooker (water)	1.95±0.05 <sup>bc</sup>	0.78±0.01 <sup>a</sup>	0.67±0.02 <sup>b</sup>	0.52±0.02 <sup>b</sup>	0.34±0.01 <sup>b</sup>
	Pressure cooker (alcohol)	1.84±0.06 <sup>c</sup>	0.72±0.01 <sup>b</sup>	0.55±0.02 <sup>c</sup>	0.40±0.02 <sup>c</sup>	0.30±0.01 <sup>c</sup>
Germinated brown rice	Electric cooker (water)	20.54±0.79 <sup>a</sup>	0.58±0.02 <sup>c</sup>	2.79±0.17 <sup>a</sup>	1.64±0.12 <sup>b</sup>	0.14±0.01 <sup>c</sup>
	Electric cooker (alcohol)	20.03±0.77 <sup>a</sup>	0.70±0.03 <sup>b</sup>	2.58±0.19 <sup>a</sup>	1.78±0.14 <sup>b</sup>	0.13±0.01 <sup>c</sup>
	Pressure cooker (water)	9.76±0.26 <sup>b</sup>	0.77±0.01 <sup>a</sup>	2.85±0.17 <sup>a</sup>	2.21±0.17 <sup>a</sup>	0.29±0.01 <sup>a</sup>
	Pressure cooker (alcohol)	9.27±0.43 <sup>b</sup>	0.75±0.01 <sup>ab</sup>	2.41±0.15 <sup>a</sup>	1.82±0.13 <sup>ab</sup>	0.26±0.01 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Each value is mean±SD (n=30).

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

조건에 따라 유의적인 차이를 나타냈다(Table 6). 특히 경도는 발아현미의 경우 일반밥술로 취반했을 때 경도가 20.54±0.79-20.03±0.77로 나타났으며, 압력밥술로 취반 시에는 9.76±0.26-9.27±0.43으로 나타나 유의적으로 감소하였다. 백미의 경우 일반밥술로 취반했을 때 2.27±0.06-2.03±0.05로 나타났으며, 압력밥술로 취반 시에는 1.95±0.05-1.84±0.06으로 나타났다. 또한 모든 항목에서 전반적으로 발효알코올을 넣어 취반한 밥이 유의적으로 더 낮은 경향을 나타냈다. 백미의 경우 검성과 씹힘성, 응집성이 일반밥술일 때 가장 높은 함량을 나타내었으며 발효알코올을 첨가하여 압력밥술로 취반 했을 때 가장 낮은 함량을 나타내었다. 그러나 발아현미의 경우에는 검성은 유의적 차이가 나지 않았으며 씹힘성과 응집성은 압력밥술일 때 가장 높은 함량을 나타내었다. Han 등(29)은 취반 직후 쌀밥은 전기압력 밥술으로 취반했을 때 구수한 향 및 맛 등의 풍미가 강하고 경도, 부착성, 찰기 등의 텍스처가 강해지면서 종합적인 기호도가 높게 평가하였다고 하여 본 연구결과와 유사한 결과를 나타내었으며 이는 현미의 외피의 구조적 특성 때문인 것으로 생각된다(30). 따라서 딱딱한 식감을 개선하게 위해서는 발효알코올 첨가와 압력 밥술의 사용이 유리할 것으로 생각된다.

**발아현미의 비율별 취반방법에 따른 페놀성분 함량**

취반 방법에 따른 발아현미밥의 총 폴리페놀 함량은 발아현미의 비율이 증가됨에 따라 유의적으로 증가하였으며, 발효알코올을 첨가하여 일반밥술로 취반하였을 때 가장 높은 함량을 나타내었다(Fig. 1). 발아현미의 첨가비율이 증가할수록 증가하는 경향을 보였으며, 10% 발효알코올을 첨가하여 일반밥술로 취반한 경우 발아현미 0, 10, 20, 30, 50 및 100% 첨가구에서 각각 168.52±7.16, 199.35±2.53, 233.55±10.74, 262.63±13.67, 319.42±1.03 및 489.83±20.27 µg GAE/g sample로 나타났다. 10% 발효알코올

첨가와 일반밥술로 취반하였을 때 총 폴리페놀 함량은 발아현미 첨가비율이 10, 20, 30, 50 및 100%로 증가할수록 백미를 기준으로 1.18, 1.39, 1.56, 1.90 및 2.91배 증가하였다.

총 플라보노이드 함량도 폴리페놀 함량과 같이 전반적으로 발효알코올을 첨가하여 일반밥술로 취반하였을 때 가장 높은 함량을 나타냈다. 또한 발아현미의 첨가비율이 증가할수록 총 플라보노이드 함량은 증가하였으며, 10% 발효알코올을 첨가하여 일반밥술로 취반한 경우 발아현미 0, 10, 20, 30, 50 및 100% 첨가구에서 각각 17.98±1.55, 20.16±0.94, 26.60±2.59, 32.57±2.48, 42.41±2.03 및 90.67±1.54 µg CE/g sample으로 다른 취반 방법보다 높은 함량을 나타내었다. 10% 발효알코올을 첨가와 일반밥술로 취반하였을 때 총 플라보노이드 함량은 발아현미 첨가비율이 10, 20, 30, 50 및 100%로 증가할수록 백미를 기준으로 1.12, 1.48, 1.81, 2.36 및 5.04배 증가하였다. 곡류에 함유되어 있는 산화방지 물질 중 폴리페놀성(polyphenolic) 화합물들은 우수한 산화방지력을 가지는 것으로 알려져 있으며, 이는 자유라디칼(free radical)을 안정화시킬 수 있는 phenolic ring의 존재 때문인 것으로 보고되어져 있다(31). Kim 등(32)은 백미에 비해 발아현미의 폴리페놀 함량이 1.3-3.2배 증가된다고 하였다. 이는 현미의 미강 부분에 쿠마르산(cumaric acid), 시린그산(syringic acid), 클로로겐산(chlorogenic acid), 프로토키테추르산(protocatechuric acid)등이 다량존재하며 미강을 포함하는 현미를 발아하였기 때문에 그 함량이 증가된다고 하였다. 플라보노이드(Flavonoid)는 주로 안토시아닌(anthocyanidins), 플라보놀(flavonols), 플라본(flavones), 카테킨(cathechins) 및 플라바논(flavanones) 등으로 구성되어 있으며, 그 구조에 따라 특정 플라보노이드는 산화방지 및 항균성 등 다양한 생리활성을 갖고 있는 것으로 보고되고 있다(31). 또한 Lee 등(14)은 잡곡을 에탄올을 첨가하여 열처리 했을 때 더욱 효과적인 산화방지 성분을 나타내었다고 하였는데 이는 강하게 결합되

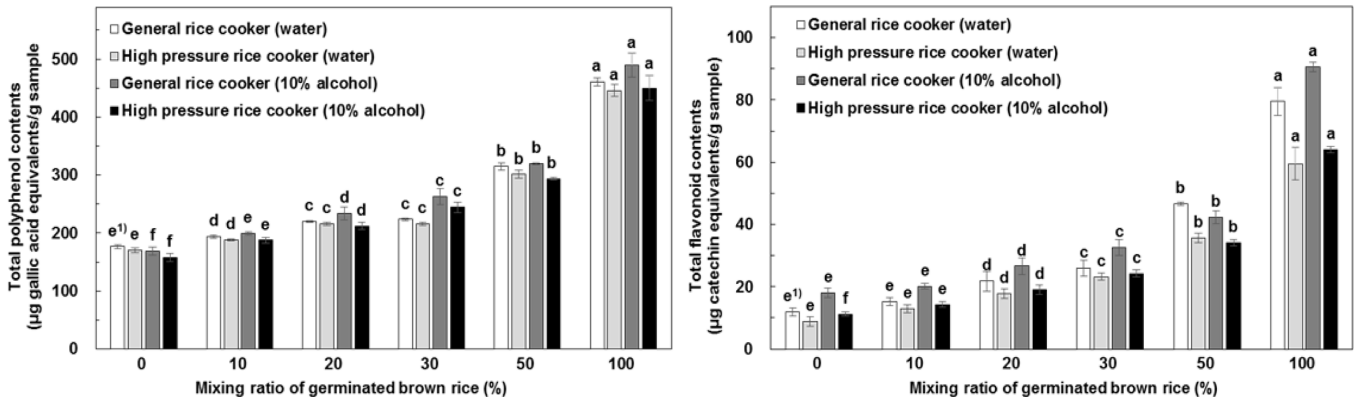


Fig. 1. Total polyphenol and flavonoid contents of the ethanolic extracts with mixing ratio of germinated brown rice. <sup>1)</sup>Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ( $p < 0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

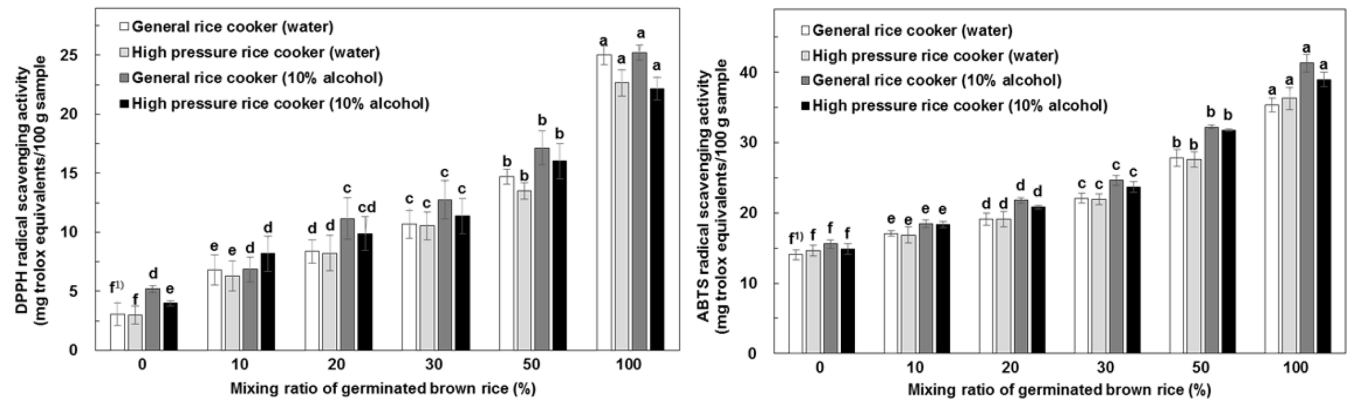


Fig. 2. DPPH and ABTS radical scavenging activities of the ethanolic extracts with mixing ratio of germinated brown rice. <sup>1)</sup>Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ( $p < 0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

어있는 상태가 에탄올 첨가로 인해 분리가 더 용이한 것이라고 하였다. 본 연구결과와 발아현미의 비율이 높아지면서 뚜렷하게 산화방지력이 증가됨을 확인 할 수 있었으며, 같은 현미 비율이라도 취반방법에 따라 달라지며 특히, 발효알코올 첨가와 일반밥술으로 취반 시 높은 폴리페놀함량과 플라보노이드 함량을 확인 할 수 있었다. 따라서 식감을 고려하여 취반 방법을 선택해야 할 것으로 생각된다.

**발아현미밥의 radical 소거활성**

DPPH radical 소거활성법은 아스코브산(ascorbic acid), 토코페롤(tocopherol), 폴리하이드록시(polyhydroxy) 방향족화합물, 방향족 아민 등에 의해서 환원되어 짙은 자색이 탈색됨으로써 산화방지 물질의 전자공여능을 측정할 때 사용되고 있는 방법(33)으로 표준물질인 Trolox와 비교하여 Fig. 2에 나타내었다. DPPH radical 소거활성은 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량과 같이 발효알코올 첨가와 일반밥술으로 취반하였을 때 가장 높은 함량을 나타내었는데, 발아현미의 첨가비율이 증가할수록 활성이 증가하였다. 10% 발효알코올을 첨가하여 일반밥술으로 취반한 경우 DPPH radical 소거활성은 발아현미 0, 10, 20, 30, 50 및 100% 첨가구에서 각각  $5.19 \pm 0.27$ ,  $6.85 \pm 1.04$ ,  $11.15 \pm 1.75$ ,  $12.75 \pm 1.63$ ,  $17.14 \pm 1.43$  및  $25.20 \pm 0.65$  mg TE/100 g sample으로 다른 취반 방법보다 높은 활성을 나타내었다.

ABTS radical 소거활성법은 ABTS와 potassium persulfate를 압

소에 방치하여 ABTS<sup>+</sup>이 생성되면 추출물의 산화방지 활성에 의해 ABTS<sup>+</sup> 소거되어 radical 특유의 색인 청록색이 탈색되는데 이를 흡광도 값으로 나타내어 추출물의 ABTS<sup>+</sup> 소거활성을 나타내는 방법이다(34). ABTS radical 소거활성은 발효알코올 첨가와 일반밥술으로 취반하였을 때 가장 높은 함량을 나타내었는데, 발아현미의 첨가비율이 증가할수록 증가하는 경향을 보였다. 10% 발효알코올을 첨가하여 일반밥술으로 취반한 경우 발아현미 0, 10, 20, 30, 50 및 100% 첨가구에서 각각  $15.60 \pm 0.59$ ,  $18.48 \pm 0.56$ ,  $21.78 \pm 0.41$ ,  $24.65 \pm 0.70$ ,  $32.23 \pm 0.31$  및  $41.33 \pm 1.25$  mg TE/100 g으로 다른 취반 방법보다 높은 활성을 나타내었다. 산화방지 활성은 식품 중의 지방질 산화를 억제하고 인체 내에서는 활성 radical에 의한 노화를 억제시키는 역할을 하여 질병과 노화를 방지하는 중요한 역할을 한다(35). 따라서 발아현미의 비율이 높아지고, 발효알코올을 첨가하여 일반 밥술으로 취반하였을 때 높은 radical 소거활성과 노화를 억제시킬 수 있을 것으로 생각된다.

**요 약**

본 연구에서는 취반방법이 발아현미밥의 산화방지활성에 미치는 영향을 살펴보기 위해 발아현미 첨가비율별(0, 10, 20, 30, 50 및 100%)로 제조한 발아현미밥의 기능성분 및 라디칼 소거 활성을 살펴보았다. 호화특성은 발아현미 비율이 증가할수록 최고점도, 최저점도, 강하점도, 최종점도, 치반점도가 감소하는 경향을

보였다. 경도는 발아현미의 경우 일반 밥솥으로 취반했을 때 20.54±0.79-20.03±0.77로 나타났으며, 압력밥솥은 9.76±0.26-9.27±0.43으로 나타나 유의적으로 감소하였다. 총 폴리페놀 함량은 발아현미 첨가비율이 10, 20, 30, 50 및 100%로 증가할수록 백미를 기준으로 1.18, 1.39, 1.56, 1.90 및 2.91배 증가하였다. 또한 같은 발아현미 비율일 때 10% 발효알코올을 첨가하여 일반밥솥으로 취반하였을 때 높은 함량을 나타내었다. 이와 같은 결과는 총 플라보노이드 함량과 DPPH radical 및 ABTS radical 소거활성에서도 같은 경향을 나타내었다. 본 연구결과, 취반 시 발효알코올의 첨가와 압력밥솥으로 조리하였을 때 경도의 유의적인 감소를 확인할 수 있었으나, 페놀성분과 radical 소거활성의 증가는 발효알코올의 첨가와 일반 밥솥으로 취반하였을 때 더 높은 값을 나타내었다. 이와 같은 결과는 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

1. Mo KH, Choi YM, Choi SG, Lee JS. The change of some compounds in brown rice germinated by filtrate of loess suspension. *J. Agr. Life Sci.* 40: 41-48 (2006)
2. Krishna AG, Khatoun GS, Shiela PM, Sarmandal CV, Indira TN, Mishra A. Effect of refining of crude RBO on the retention of oryzanol in the refined oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 78: 127-131 (2001)
3. Moon GS, Kim MJ, Jin MH, Kim SY, Park SY, Ryu BM. Physicochemical and sensory properties of rice stored in an unused tunnel. *Korean J. Food Cook. Sci.* 26: 220-228 (2010)
4. Kim SR, Ahn JY, Lee HY, Ha TY. Various properties and phenolic acid contents of rices and rice brans with different milling fractans. *Korea J. Food Sci. Technol.* 36: 930-936 (2004)
5. Kim JM, Yu MY, Shin MS. Effect of mixing ratio of white and germinated brown rice on the physicochemical properties of extruded rice flours. *Korea J. Food Cook. Sci.* 28: 813-820 (2012)
6. Lee JY, Lee WJ. Quality characteristics of germinated brown rice flour added noodles. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 40: 981-985 (2011)
7. Kum JS, Choi SK, Lee HY, Park JD, Park HJ. Physicochemical properties of germinated brown rice. *Korean J. Food Preserv.* 11: 182-188 (2004)
8. Kim MH, Tungjaroenchai W, Ryu GH. Effect of germination time and extrusion temperature on properties of germinated brown rice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 36: 636-642 (2007)
9. Oh SS. Study on nutritional properties of sprouting brown rice. Ms Thesis. Kongju National University, Gongju. Korea (2002)
10. Choi JH. Quality characteristics of the bread with sprouted brown rice flour. *Korea J. Food Cook. Sci.* 17: 323-328 (2001)
11. Kang BR, Park M, Lee HS. Germination dependency of antioxidative activities in brown rice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 35: 289-394 (2006)
12. Song JC, Park HJ. Takju brewing using the uncooked germed brown rice at second stage mash. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32: 847-854 (2003)
13. Kwak JE, Woon SW, Kim DJ, Yoon MR, Lee JH, Oh SK, Kim IH, Lee JS, Lee JS, Chang JK. Changes in nutraceutical lipid constituents of pre- and post-germinated brown rice oil. *Korean J. Food Nutr.* 26: 591-600 (2013)
14. Lee KH, Ham H, Kim MJ, Ko J, Kim HJ, Oh SK, Jeong HS, Woo KS. Effects of heating condition and cultivar on phenolic

- compounds and their radical scavenging activity on sorghum. *Academia J. Biotech.* 4: 347-352 (2016)
15. Woo KS, Ko JY, Song SB, Lee JS, Kang JR, Oh BG, Nam MH, Jeong JH, Jeong HS, Seo MC. Physicochemical characteristics of vinegars fermented from cereal crops with incalgyun. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 39: 1171-1178 (2010)
16. Kim DJ, Oh SK, Lee JH, Yoon MR, Choi IS, Lee DH, Kim YG. Changes in quality properties of brown rice after germination. *Korean J. Food Sci. Technol.* 44: 300-305 (2012)
17. Lee KH, Ham H, Kim HJ, Park HY, Sim EY, Oh SG, Kim WH, Jeong HS, Woo KS. Functional components and radical scavenging activity of germinated brown rice according to variety. *Korean J. Food Nutr.* 19: 145-152 (2016)
18. Dewanto V, Xianzhong W, Liu RH. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J. Agr. Food Chem.* 50: 4959-4964 (2002)
19. Park HY, Choi ID, Oh SK, Woo KS, Yoon SD, Kim HJ, Sim EY, Jeong ST. Effects of different cultivars and milling degrees on quality characteristics of barley *Makgeolli*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 44: 1839-1846 (2015)
20. Kim DJ, Oh SK, Yoon MR, Chun A, Choi IS, Lee DH, Lee JS, Yu KW, Ki, YK. The change in biological activities of brown rice and germinated brown rice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 40: 781-789 (2011)
21. Moon SH, Lee KB, Han MK. Comparison of GABA and vitamin contents of germinated brown rice soaked in different soaking solution. *Korean J. Food Nutr.* 23: 511-515 (2010)
22. Oh SK, Lee JH, Won YJ, Lee DH, Kim JG. Changes of physicochemical properties according to the shoot length in germinated brown rice. *Korean J. Crop Sci.* 59: 223-229 (2014)
23. Lee MK, Park JS, Na HS. Physicochemical properties of *Olbyosal* (parboiled rice). *Korean J. Food Preserv.* 17: 208-213 (2010)
24. Konik-rose CM, Moss R, Rahman S, Appels R, Stoddard F, McMaster G. Evaluation of the 40 mg swelling test for measuring starch functionality. *Starch* 53: 21-26 (2001)
25. Wi E, Park J, Shin M. Comparison of physicochemical properties and cooking quality of Korean organic rice varieties. *Korean J. Food Cook. Sci.* 29: 785-794 (2013)
26. Jung HN, Choi OJ. The physicochemical characteristics of rice flour with different milling degree of rice cultivar "*Deuraechan*". *Korean J. Food Cook. Sci.* 30: 139-145 (2014)
27. Yun HR. Properties of milled, brown and germinated brown rice flours preparation of poundcake using them. *Master Dissertation*, Chonnam National University, Gwangju, Chonnam, Korea (2007)
28. Lee KH, Yoon SD, Lee JH, Won YJ, Choi I, Park HY, Woo KS, Oh SK. Studies on the degree of polymerization of amylopectin and texture analysis test of brown rice after germination. *Korean J. Crop Sci.* 61: 1-8 (2016)
29. Han GJ, Park HJ, Lee HY, Park YH, Cho YS. The quality of cooked rice prepared by both an electric cooker and electric pressure cooker, with different storage conditions. *Korean J. Food Cook. Sci.* 23: 635-643 (2007)
30. Park HW, Woo KJ. The hydration properties and the cooking qualities of various brown rices. *Korean J. Soc. Food Sci.* 7: 25-40 (1991)
31. Middleton E, Kandaswami C. Potential health-promoting properties of citrus flavonoids. *Food Technol.* 48: 115-119 (1994)
32. Kim SY, Seo BY, Park EJ. The impact of cooking on the antioxidative and antigenotoxic effects of rice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 42: 1370-1377 (2013)
33. Nieva MM, Sampietro AR, Vattuone MA. Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. *J. Ethnopharmacol.* 71: 109-114 (2000)
34. Kim JE, Joo SI, Seo JH, Lee SP. Antioxidant and  $\alpha$ -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 (2009)
35. Kim SM, Cho YS, Sung SK. The antioxidant ability and nitrite scavenging ability of plant extracts. *Korean J. Food Sci. Technol.* 33: 626-632 (2001)