

## 찰쌀 첨가와 취반방법에 따른 취반 밥의 품질 및 항산화특성

김미정<sup>1</sup> · 이경하<sup>1</sup> · 김현주<sup>1</sup> · 고지연<sup>2</sup> · 이석기<sup>1</sup> · 박혜영<sup>1</sup> · 심은영<sup>1</sup> · 오세관<sup>1</sup> · 이춘기<sup>1</sup> · 우관식<sup>1,†</sup>

## Quality and Antioxidant Characteristics of Cooked Rice Influenced by the Mixing Rate of Glutinous Rice and Cooking Methods

Mi-Jung Kim<sup>1</sup>, Kyung Ha Lee<sup>1</sup>, Hyun-Joo Kim<sup>1</sup>, Jee Yeon Ko<sup>2</sup>, Seuk Ki Lee<sup>1</sup>, Hye Young Park<sup>1</sup>, Eun-Yeong Sim<sup>1</sup>, Sea Kwan Oh<sup>1</sup>, Choon Ki Lee<sup>1</sup>, and Koan Sik Woo<sup>1,†</sup>

**ABSTRACT** This study was carried out to compare the cooking and antioxidant characteristics of rice containing varying amounts of glutinous rice and cooked by two methods. Rice containing glutinous rice was cooked by general and high-pressure cooking methods with and without fermented alcohol. Pasting characteristics of cooked rice were decreased with increasing amounts of glutinous rice. The water binding capacity and swelling power were significantly decreased with increasing amounts of glutinous rice; however, water solubility indices were significantly increased. Palatability characteristics of cooked rice containing glutinous rice were similar to those of cooked rice without glutinous rice. Total polyphenol contents of cooked rice containing glutinous rice and fermented alcohol were quite different, but this difference was not significant. Total flavonoid contents were increased with increasing amounts of glutinous rice. Total flavonoid content by general cooking method for rice containing 20% glutinous rice and fermented alcohol was  $23.20 \pm 0.61 \mu\text{g CE/g}$ . DPPH radical-scavenging activities for samples with and without glutinous rice were 2.97-5.19 and 3.19-5.45 mg TE/100 g, respectively. ABTS radical-scavenging activity by high-pressure cooking method for rice containing 20% glutinous rice and fermented alcohol was  $19.48 \pm 0.63 \text{ mg TE/100 g}$ . In this study, cooking and antioxidant characteristics of cooked rice containing glutinous rice generated data useful for manufacturing processed products.

**Keywords** : eating quality, flavonoid, glutinous rice, radical scavenging activity, water binding capacity

찰쌀의 전분은 아밀로스(amylose)가 적고 주로 아밀로펙틴(amylopectin)으로 구성되어 있어 멥쌀에 비해 차진 성질을 나타내며, 노화가 느린 것으로 알려져 있다(Yoon *et al.*, 2015). 우리나라 가공용 쌀로서 가장 많이 소비되고 있는 찰쌀은 전분분자 구조상 아밀로스 함량이 매우 낮거나 거의 없고 멥쌀에 비해 상대적으로 노화속도가 느리며, 부드럽고 찰기가 있다(Song *et al.*, 2013). 이러한 특성으로 인하여 우리나라에서는 찰쌀은 주로 찰밥과 떡으로 이용되어 왔으며, 이외에도 술, 고추장, 유과, 강정 등으로 만들어 먹어왔다(Choi & Kang 1999; Chun *et al.*, 2010; Kang *et al.*,

2000; Kang & Sung 2000). 특히, 전통식품의 하나인 찰떡은 식생활 패턴이 다양화 및 고급화됨으로 인해 특유의 쫄깃하고 부드러운 질감과 더불어 일정기간 그대로 먹을 수 있는 장점이 있어 간편식이나 아침식사 대용으로 이용률이 증가하는 추세이다.

멥쌀과 찰쌀은 주로 현미 혹은 백미의 외관상 색깔로 구분하는데, 수분함량이 높을 때는 찰쌀과 멥쌀 모두 투명한 색을 띠나 수분함량이 감소하면 찰쌀은 유백색의 불투명한 색을 띄게 된다. 이러한 외관특성은 찰쌀과 멥쌀의 전분 특성 차이에 기인한 것으로, 찰쌀 전분은 멥쌀 전분이 아밀로

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

<sup>2</sup>농촌진흥청 국립식량과학원 남부작물부 (Department of Southern Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Miryang, Gyeongnam 50424, Korea)

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

<Received 24 February, 2017; Revised 20 March, 2017; Accepted 2 April, 2017>

스(7~35%)와 아밀로펙틴으로 이루어진 것과 달리 주로 아밀로펙틴(96~100%)으로 구성되어 있다(Chun *et al.*, 2016). 또한 찰쌀과 멥쌀은 전분립 밀도에서도 차이를 보여, 찰쌀의 경우 멥쌀과 전분립의 크기는 큰 차이를 보이지 않으나 밀도가 낮아 배유의 빈 공간이 메벼에 비해 상대적으로 많은 것으로 보고되었으며(Reyes *et al.*, 1965), 상대적으로 많은 찰쌀 배유의 빈 공간에 아밀로스 대신 수분이 채워져 수분함량이 높을 경우 멥쌀과 같이 약간 투명한 외관을 보이다가 수분함량이 낮아지면 이 공극의 수분이 우선적으로 소실되어 빛의 산란에 따라 찰쌀 고유의 유백색을 띠는 것으로 보고된 바 있다(Jeong *et al.*, 2008).

쌀을 이용한 식품에서 전분의 노화가 진행되면 조직감(texture) 특성이 변화되어 품질이 저하되고 유통기한이 짧아지게 되므로 노화의 진행을 억제하거나 늦추는 방법이 필요하다. 현재 쌀 전분의 노화 지연에 대한 연구는 다양하게 진행되고 있으나, 찰쌀을 통한 전분 특성 차이나 찰쌀 이용에 대한 연구는 일부 한정되어 있는 실정이다(Chung *et al.*, 2006, Vandeputtea *et al.*, 2003). 따라서 본 연구에서는 찰쌀 첨가 비율별 품질특성과 취반 종류별 특성을 검정하여 찰쌀 첨가 밥 제조에 품질기준을 설정하기 위한 기초자료로 활용하고자 하였다. 또한 곡류에 열처리시 알코올 첨가가 기능성이 향상되는 연구(Lee *et al.*, 2016b)를 기초로 하여 찰쌀 첨가 밥의 기능성 증진을 위해 발효주정 첨가효과를 확인하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 연구에 사용된 멥쌀은 삼광(*Oryza sativa* cv. Samkwang), 찰쌀은 백옥찰(*Oryza sativa* cv. Backokchal) 품종이며, 경기 수원 소재의 국립식량과학원 중부작물부 시험용 포장에서 2015년도에 재배 생산된 벼를 시험용 재료로 사용하였다. 백미는 제현기(Model SY88-TH, Ssangyong Machine Ind., Incheon, Korea) 및 정미기(MC-90A, Satake, Hiroshima, Japan)를 이용하여 시험재료를 제조하였다. 시료는 4°C 냉장고에 저장하면서 사용하였고, 원료성분 분석을 위해 Vibrating sample mill (CMT Co. Ltd., Tokyo, Japan)로 분쇄하여 사용하였다.

### 시험재료의 일반성분 함량 분석

원료의 수분함량 측정은 적외선수분함량측정기(AND MX-50 moisture analyzer, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였으며, 조단백질은 자동 단백질 분석기(Kjeltec 2400 AUT,

Foss Tecator, Mulgrave, Australia)를 이용하여 semimicro-Kjeldahl법으로 분석하였다. 또한 조지방 함량은 Soxhlet 추출기(Soxtec System HT 1043 extraction unit, Foss Tecator, Mulgrave, Australia)를 사용하여 정량하였으며, 탄수화물은 시료 100 g에 수분, 조지방, 조단백질, 조회분 값을 감하여 계산하였다(Jeong *et al.*, 2014). 시료의 무기성분 함량은 ICP (Inductively Coupled Plasma, Optima-3300DV, Perkin-Elmer, Norwalk, CT, USA)로 분석하였다. 시료를 600°C에서 회화하여 0.5 N 질산으로 녹이고 GF/C여과지로 여과한 다음 ICP를 이용하여 일반적으로 분석되고 있는 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 나트륨을 분석하였다(Woo *et al.*, 2010).

### 원료의 RVA 호화점도 특성 분석

원료의 혼합비율별(0, 5, 10, 15, 20 및 100%) 호화특성은 Kim *et al.* (2012)의 방법을 이용하여 신속점도측정계(Rapid Visco Analyzer, Model RVA-3D, Newport Scientific, Warriewood, Australia)로 측정하였다. 60 mesh 이상으로 분쇄한 시료 3 g을 분석용기에 넣고 증류수 25 mL로 분산시켜 50°C에서 1분간 유지시키고 3.48분 동안 95°C까지 상승시키고 2.05분간 유지시켰다. 다시 50°C로 3.48분에 걸쳐 냉각시키면서 점도 특성을 측정하였다. 실험 후 초기 호화온도(pasting temperature), 최고점도(peak viscosity), 최저점도(trough viscosity), 최종점도(final viscosity), 강하점도(break down) 및 치반점도(set back)를 측정하였다.

### 원료의 수분결합력, 용해도 및 팽윤력 분석

원료의 혼합비율별(0, 5, 10, 15, 20 및 100%) 수분결합력(water binding capacity)은 분쇄 시료 1 g을 증류수 40 mL을 혼합하여 1시간 교반하고 10분 동안 3,000 rpm으로 원심분리하여 상등액을 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(Medcalf & Gilles, 1965).

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

용해도(water solubility index)와 팽윤력(swelling power)은 분쇄 시료 1 g을 증류수 30 mL로 분산시켜 90±1°C의 항온수조에 30분간 가열하였다. 그 후 20분간 3,000 rpm으로 원심분리하고, 상등액은 105°C에서 12시간 건조시켜 무게를 측정하고 침전물은 그대로 무게를 측정하여 계산하였

다(Woo *et al.*, 2016).

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

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

### 혼합비율별 취반 식미특성 검정

찰쌀 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.

### 취반방법 및 혼합비율별 찰쌀 첨가 밥 제조

기장 첨가 잡곡밥은 백미 100 g을 기준으로 기장 비율을 0, 5, 10, 15, 20 및 100%로 첨가하여 제조하였다. 쌀을 3회 수세한 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(Lee *et al.*, 2016b)를 기초로 찰쌀 첨가 밥의 기능성 증진을 위해 발효주정 첨가효과를 확인하고자 하였다. 발효주정 첨가하여 취반 할 경우는 예비 실험을 통하여 적정 첨가비율을 설정하였으며, 물 100 mL과 발효주정 20 mL을 넣어 취반하였다. 발효주정 첨가하여 취반 할 경우, 물 100 mL과 발효주정 20 mL을 넣어 취반하였다. 취반기구는 현미취반 겸용 전기보온밥솥(Cuckoo, CR-0671V, Seoul, Korea)과 전기압력밥솥(Cuckoo, EHS035FW)를 사용하였고, 전기보온밥솥과 전기압력밥솥은 자동 소화된 후 15분간 뜸을 들이고 취반에 사용하였다.

### 찰쌀 첨가 밥 추출물 제조 및 페놀성분 함량 분석

시료의 페놀성분 및 라디칼 소거 활성을 분석하기 위해 취반한 시료를 80% 에탄올을 넣고 homogenizer (HG-15A, Daihan Scientific Co., Ltd., Seoul, Korea)로 균질화하여 상온에서 24시간동안 진탕추출(WiseCube WIS-RL010, Daihan Scientific Co., Ltd.)한 후 여과하여 -20°C 냉동고에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다. 총 폴리페놀 및 플라보노

이드 함량은 Folin-Ciocalteu reagent가 시료의 폴리페놀성 물질에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다(Lee *et al.*, 2016a). 총 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 gallic acid (Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였으며 시료 g 중의 mg gallic acid (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(Dewanto *et al.*, 2002). 표준물질인 (+)-catechin (Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였으며 시료 g 중의 mg catechin(dry basis)으로 나타내었다.

### 찰쌀 첨가 밥 추출물의 DPPH 및 ABTS radical 소거활성 측정

추출물에 대한 항산화 활성은 DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl, Sigma-Aldrich) 및 ABTS (2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid, Sigma-Aldrich) radical 소거 활성을 측정하였다(Lee *et al.*, 2016a). DPPH radical 소거 활성은 0.2 mM DPPH 용액(99.9% ethan올에 용해) 200 µL에 시료 10 µL를 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 물 흡광계수( $\epsilon=3.6 \times 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ )를 이용하여 에탄올로 희석하였다. 희석된 ABTS 용액 200 µL에 추출액 10 µL를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 30분 후에 측정하였다. DPPH 및 ABTS radical 소거 활성은 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 SAS program (Statistical Analysis System; version 9.2, SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하여 다중범위검정(Duncan's multiple range test)으로 시료간의 유의성을 검정하였다.

**결과 및 고찰**

**시험재료의 일반성분 및 무기함량**

시료로 사용한 백미와 찰쌀의 수분, 회분, 조단백, 조지방 및 탄수화물 등의 일반성분 함량을 분석한 결과 Table 1과 같이 백미와 찰쌀의 수분함량은 각각 11.30 및 11.49 g/100 g이었으며, 회분은 각각 0.71 및 0.13 g/100 g, 조단백은 각각 6.15 및 6.12 g/100 g, 조지방은 각각 1.20 및 0.69 g/100 g, 탄수화물은 각각 80.64 및 81.58 g/100 g으로 나타났다. 수분과 단백질 함량은 멥쌀과 찰쌀 간에 통계적으로 유의적인 차이가 없었으나, 회분, 지방 및 탄수화물은 유의적인 차이를 나타내었다. Park *et al.* (2016)의 연구에서 삼광 백미의 단백질, 지방, 회분 함량을 각각 4.60, 0.21 및 0.67 g/100 g으로 보고하였는데 생산년도, 도정정도 등에 의한 차이로 생각된다. Song *et al.* (2013)의 연구에서 백옥찰의

단백질 함량은 6.5%로 보고하였는데 약간의 차이를 보이는 것은 생산년도, 도정정도 등에 의한 차이로 생각된다. 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 나트륨 등 무기성분 함량은 Table 1과 같이 백미의 경우 각각 123.38, 9.59, 63.43 및 16.35 mg/100 g이었으며, 찰쌀은 각각 31.95, 4.72, 15.36 및 9.93 mg/100 g이었다. 칼륨, 칼슘 및 마그네슘 함량은 멥쌀과 찰쌀 간에 통계적으로 유의적인 차이를 나타내었다.

**찰쌀 첨가비율별 호화특성**

찰쌀 첨가비율에 따른 호화특성을 신속점도측정계(RVA)를 사용하여 최고점도(peak viscosity), 최저점도(trough viscosity), 강하점도(breakdown viscosity), 최종점도(final viscosity) 및 치반점도(setback viscosity) 등을 측정된 결과 Table 2와 같이 찰쌀 첨가비율이 증가함에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 백미의 경우 각각 195.0, 127.9, 67.1, 252.0

**Table 1.** Proximate and mineral compositions of white rice and glutinous rice.

Proximate (g/100 g)	Moisture	Ash	Crude protein	Crude fat	Carbohydrate
White rice	11.30±0.09 <sup>1)</sup>	0.71±0.02	6.15±0.04	1.20±0.05	80.64±0.14
Glutinous rice	11.49±0.10	0.13±0.03	6.12±0.03	0.69±0.02	81.58±0.16
t-value <sup>2)</sup>	-2.362	28.770 <sup>***</sup>	0.85	17.665 <sup>***</sup>	-7.611 <sup>**</sup>
Mineral (mg/100 g)	K	Ca	Mg	Na	
White rice	123.38±36.38	9.59±2.13	63.43±17.44	16.35±5.50	
Glutinous rice	31.95±15.58	4.72±1.69	15.36± 5.99	9.93±2.21	
t-value	4.00 <sup>*</sup>	3.10 <sup>*</sup>	4.52 <sup>*</sup>	1.874	

<sup>1)</sup> Each value represents mean ± S.D. (n = 3).

<sup>2)</sup> \**P* < 0.05; Significantly different between white rice and brown rice by Student's t-test. \*\**P* < 0.01; Significantly different between white rice and brown rice by Student's t-test. \*\*\**P* < 0.001; Significantly different between white rice and brown rice by Student's t-test.

**Table 2.** Pasting characteristics of glutinous rice with different ratios.

Mixing ratio of glutinous 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	195.0± 1.4 <sup>4)a5)</sup>	127.9± 2.5 <sup>a</sup>	67.1± 3.9 <sup>a</sup>	252.0± 2.3 <sup>a</sup>	57.0± 3.6 <sup>a</sup>
5	185.6± 0.4 <sup>a</sup>	125.4± 1.5 <sup>b</sup>	60.2± 1.8 <sup>b</sup>	239.5± 1.0 <sup>b</sup>	53.9± 1.1 <sup>a</sup>
10	175.7± 0.7 <sup>b</sup>	118.1± 2.4 <sup>c</sup>	57.6± 2.5 <sup>b</sup>	223.5± 3.4 <sup>c</sup>	47.8± 3.5 <sup>b</sup>
15	164.4± 0.9 <sup>c</sup>	112.1± 2.2 <sup>d</sup>	52.3± 2.1 <sup>c</sup>	208.1± 1.8 <sup>d</sup>	43.7± 1.3 <sup>c</sup>
20	142.9± 0.8 <sup>d</sup>	97.5± 1.5 <sup>e</sup>	45.3± 0.8 <sup>d</sup>	186.1± 1.5 <sup>e</sup>	43.3± 0.8 <sup>c</sup>
100	97.4± 0.9 <sup>e</sup>	29.8± 0.2 <sup>f</sup>	67.6± 1.1 <sup>a</sup>	41.6± 0.3 <sup>f</sup>	-55.8± 0.6 <sup>d</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 represents mean ± S.D. (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.

및 57.0 RVU이었고 찹쌀은 각각 97.4, 29.8, 67.6, 41.6 및 -55.8 RVU로 나타났다. 아밀로스 함량과 부의 상관관계를 가지면서 최고점도와 최저점도의 차이로, 원료의 가공 중 열, 전단에 대한 저항성과 높은 상관성을 보이는 강하점도(break down)는 찹쌀 첨가비율에 따라 60.2~45.3 RVU로 유의적으로 감소되었다(Lee *et al.*, 2009; Woo *et al.*, 2013). 최종점도(final viscosity)는 가열이 중지되고 cooling하는 단계에서 일어나는 과정으로서 아밀로스와 같은 전분입자들이 다시 재결합하여 점도가 증가하는 단계로서 찹쌀 첨가비율이 증가될수록 239.5~186.1 RVU로 감소되었다. 치반점도(setback viscosity)는 최종점도와 최고점도의 차로써 전분의 노화와 관련이 있으며, 값이 클수록 노화진행 속도가 빠르고 값이 작을수록 노화가 지연되고 밥맛을 오래 유지시켜주는 성질의 것으로 알려져 있다(Lee *et al.*, 2009; Woo *et al.*, 2013). 본 연구결과 찹쌀 첨가비율이 높아질수록 치반점도가 낮은 결과를 나타냈으며, 이는 찹쌀 첨가비율이 높아질수록 밥의 노화 진행속도가 지연될 것으로 생각된다.

#### 찹쌀 첨가비율별 수분결합력, 팽윤력 및 용해도

찹쌀 첨가비율별 수분결합력(water binding capacity)은 Table 3과 같이 첨가비율(0, 5, 10, 15, 20 및 100%)이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 수분결합력은 시료와 수분의 친화성을 나타내는 것으로 그 크기는 전분입자내의 비결정형 부분이 많을수록 높아지며 전분의 swelling index와 관계가 있는 것으로 알려져 있다(Konik-rose *et al.*, 2001). 즉, 곡물가루에 물이 결합하는 정도를 나타내는 수분결합력은 물이 전분입자의 무정형부분에 침투되거나 입자표면에 흡착하는 것을 말한다(Wi & Shin, 2013). 팽윤력(swelling power)은 찹쌀 첨가비율이 증가함에 따라 유의적으로 감소(162.37~36.22%)하였고 용해도(water solubility index)는

유의적으로 증가(5.35~13.59%,  $p < 0.05$ )하는 경향을 보였다. 팽윤력과 용해도는 전분 입자의 결정형 영역과 전분 사슬의 무정형 간의 상호작용의 크기를 평가하는 지표로 아밀로오스-지질 복합체와 아밀로오스와 아밀로펙틴의 특성에 의한 영향을 받는 것이다(Kim *et al.*, 2012). 또한 용해도의 증가는 찹쌀이 가열에 의해 팽윤 호화되어 지질, 섬유질 등이 붕괴되면서 일부 아밀로오스나 용해성 탄수화물을 용출하기 때문으로 생각된다(Yun, 2007).

#### 찹쌀 첨가비율별 식미특성

취반 밥에 대한 식미특성은 Table 4에서 보는 바와 같이 백미의 경우 외관, 경도, 찰기, 밸런스, 식미치가 각각 4.75, 7.18, 4.36, 4.59 및 45.39로 전반적으로 높은 결과를 보여 밥맛과 품질이 우수한 것으로 평가되었다. 찹쌀 첨가비율별(5, 10, 15 및 20%) 외관, 경도, 찰기, 밸런스, 식미치는 각각 5.83~6.04, 6.43~6.38, 5.32~5.71, 5.85~6.13 및 55.34~57.01로 백미만으로 지은 밥의 식미와 유사한 경향을 보여 영향을 많이 주지 않는 것으로 나타났다. 쌀 이외의 다른 잡곡을 밥에 섞으면 식감이 부드러워 못하고, 맛, 색, 조직감과 같은 관능적 측면에서 만족도가 떨어지는 경향이 있기 때문에 도정율이 높은 혼합잡곡에 대한 선호도가 더 높다고 하였다(Kim & Lee, 2006). 그러나 찹쌀을 혼합하여 취반하는 경우는 20%까지는 취반 밥의 식미에 큰 영향을 주지 않을 것으로 생각된다.

#### 찹쌀 첨가비율별 취반방법에 따른 페놀성분 함량

찹쌀 첨가비율 취반방법에 따른 취반 밥의 총 폴리페놀 함량은 Fig. 1과 같이 처리구별로 유의적인 차이를 약간 보였으나 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 백미의 경우 161.57~177.50  $\mu\text{g GAE/g}$ 의 범위로 나타났으며, 찹쌀 첨가비율별로는 일반밥술 및 압력밥술에서 각각 172.00~177.33

**Table 3.** Water binding capacity, swelling power, and solubility of glutinous rice with different ratios.

Mixing ratio of glutinous rice (%)	Water binding capacity (%)	Swelling power (%)	Water solubility index (%)
0	187.31± 2.46 <sup>1)a2)</sup>	162.37± 4.04 <sup>a</sup>	5.35± 0.16 <sup>d</sup>
5	131.59± 1.04 <sup>c</sup>	139.97± 16.4 <sup>b</sup>	5.70± 0.56 <sup>cd</sup>
10	134.32± 5.65 <sup>de</sup>	126.80± 4.44 <sup>c</sup>	5.93± 0.15 <sup>cd</sup>
15	136.92± 2.26 <sup>cd</sup>	114.95± 2.10 <sup>c</sup>	6.22± 0.15 <sup>bc</sup>
20	142.32± 1.70 <sup>b</sup>	97.58± 0.77 <sup>d</sup>	6.63± 0.03 <sup>b</sup>
100	141.71± 1.08 <sup>bc</sup>	36.22± 2.87 <sup>e</sup>	13.59± 0.53 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> Each value represents mean ± S.D. (n = 3).

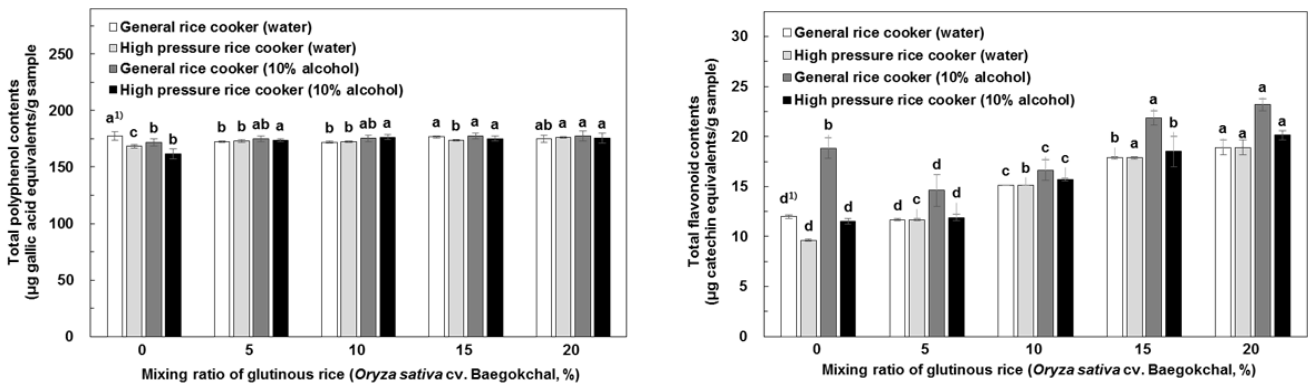
<sup>2)</sup> Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ( $P < 0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

**Table 4.** Palatability characteristics of glutinous rice using a rice taste analyzer.

Mixing ratio of glutinous rice (%)	Appearance	Hardness	Stickiness	Balance	Palatability
0	4.75± 0.07 <sup>1)c2)</sup>	7.18± 0.05 <sup>a</sup>	4.36± 0.07 <sup>d</sup>	4.59± 0.08 <sup>c</sup>	45.39± 0.94 <sup>c</sup>
5	5.83± 0.10 <sup>b</sup>	6.43± 0.06 <sup>b</sup>	5.32± 0.10 <sup>c</sup>	5.85± 0.11 <sup>b</sup>	55.34± 1.03 <sup>b</sup>
10	5.76± 0.21 <sup>b</sup>	6.52± 0.11 <sup>b</sup>	5.37± 0.29 <sup>c</sup>	5.80± 0.27 <sup>b</sup>	54.30± 1.63 <sup>b</sup>
15	6.11± 0.20 <sup>b</sup>	6.37± 0.05 <sup>b</sup>	5.87± 0.29 <sup>b</sup>	6.23± 0.21 <sup>b</sup>	57.34± 2.37 <sup>b</sup>
20	6.04± 0.30 <sup>b</sup>	6.38± 0.17 <sup>b</sup>	5.71± 0.37 <sup>bc</sup>	6.13± 0.38 <sup>b</sup>	57.01± 2.26 <sup>b</sup>
100	9.08± 0.17 <sup>a</sup>	4.85± 0.02 <sup>c</sup>	9.62± 0.16 <sup>a</sup>	9.57± 0.20 <sup>a</sup>	85.91± 1.40 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> Each value represents mean ± S.D. (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.



**Fig. 1.** Total polyphenol and flavonoid contents of the ethanolic extracts with mixing ratios of glutinous rice.

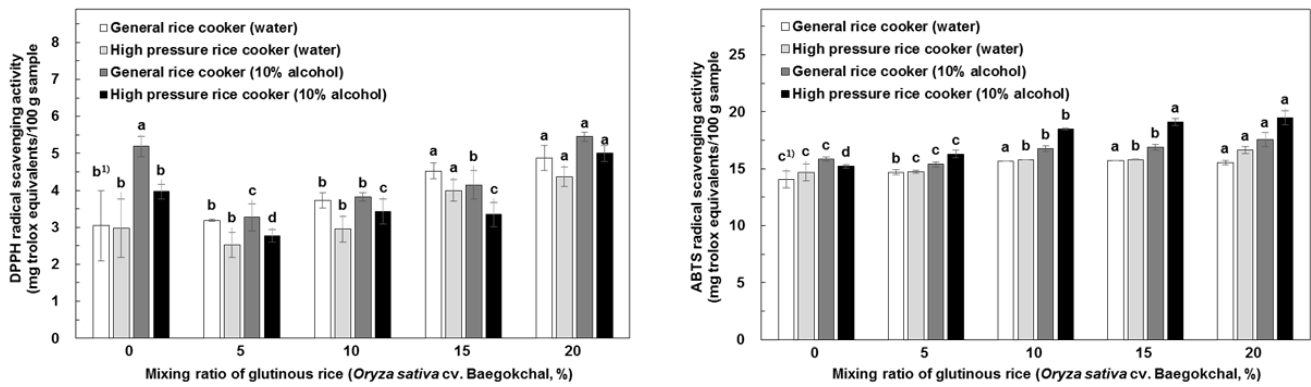
<sup>1)</sup> Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ( $P < 0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

및 172.53~176.43 µg GAE/g으로 찰쌀 첨가비율 및 발효주정 첨가에 따라서 큰 차이를 보이지 않았다. 총 플라보노이드 함량은 찰쌀 첨가비율이 증가할수록 전반적으로 증가하는 경향을 확인할 수 있었다(Fig. 1). 백미 경우 총 플라보노이드 함량이 9.63~18.84 µg CE/g으로 나타났고 찰쌀 첨가비율별로 일반밥솥 및 압력밥솥에서 각각 11.70~23.20 및 11.54~20.13 µg CE/g으로 큰 차이를 보이지 않았다. 찰쌀 20% 첨가구에서 발효주정을 첨가하여 취반한 경우가 일반밥솥 및 압력밥솥에서 각각 23.20±0.61 및 20.13±0.46 µg CE/g으로 다른 처리구에 비해 높은 함량을 나타내었다. 곡류에 함유된 polyphenolic 화합물들은 free radical을 안정화시킬 수 있는 phenolic ring을 가지고 있어 높은 항산화성을 가진다(Middleton & Kandaswami (1994). 또한 곡류의 플라보노이드는 주로 anthocyanidins, flavonols, flavones, catechins 및 flavanones 등으로 구성되어 있으며, 구조에 따라 다양한 생리활성을 갖고 있는 것으로 보고되고 있다(Middleton & Kandaswami (1994). 본 연구결과 멥쌀이나

찰쌀이나 껍질 성분은 큰 차이가 없는 것으로 보이며, 식감을 고려하여 혼합비율 및 취반 방법을 선택해야 할 것으로 생각된다.

**찰쌀 첨가비율별 취반방법에 따른 radical 소거활성**

DPPH radical 소거활성은 ascorbic acid, tocopherol, polyhydroxy 방향족화합물, 방향족 아민 등의 항산화 물질의 전자공여능을 측정할 때 사용되고 있는 방법(Nieva *et al.*, 2000)으로 표준물질인 Trolox와 비교한 결과 Fig. 2와 같이 찰쌀 첨가비율이 증가할수록 유의적인 차이를 보였으나 큰 차이는 없었다. 취반방법별 백미의 DPPH radical 소거활성은 2.97~5.19 mg TE/100 g으로 나타났으며, 찰쌀 첨가비율별 취반방법에 따른 활성은 3.19~5.45 mg TE/100 g으로 나타났다. ABTS radical 소거활성은 ABTS와 potassium persulfate를 암소에 방치하여 ABTS<sup>+</sup>이 생성되면 시료의 항산화물질에 의해 ABTS<sup>+</sup> 소거되는데, 이를 흡광도 값으로 나타내어 추출물의 ABTS<sup>+</sup> 소거활성을 나타내는 방법이다(Kim



**Fig. 2.** DPPH and ABTS radical scavenging activities of the ethanolic extracts with mixing ratios of glutinous 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.

*et al.*, 2009). 표준물질인 Trolox와 비교한 결과 Fig. 2와 같이 찰쌀 첨가비율이 증가할수록 증가하는 경향을 보였다. 취반방법별 백미의 ABTS radical 소거활성은 14.07~15.83 mg TE/100 g으로 나타났으며, 찰쌀 첨가비율별 취반방법에 따른 활성은 14.70~19.48 mg TE/100 g으로 나타났다. 특히, 찰쌀 20%, 발효주정을 첨가하여 취반한 경우가 압력밥솥에서 19.48±0.63 mg TE/100 g으로 높은 활성을 나타내었다. 항산화활성은 식품에 함유된 지방질의 산화를 억제시키고 체내의 활성 radical에 의한 노화를 억제시킴으로써 질병을 예방하고 노화를 억제하는 역할을 한다(Kim *et al.*, 2001). 따라서 찰쌀을 첨가하여 밥을 지을 경우 소량의 발효주정을 첨가하여 압력을 주어 취반하였을 때 물만으로 취반한 경우보다 높은 radical 소거활성을 보여 산업적으로 이용이 가능할 것으로 생각된다.

## 적 요

찰쌀을 첨가한 밥의 식미와 기능성 함량을 높이고자 하여 첨가비율에 따른 취반방법을 달리하여 밥을 제조하고 그 취반특성과 항산화활성을 분석하였다. 찰쌀 첨가비율에 따른 호화특성은 첨가비율이 증가함에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 수분결합력과 팽윤력은 찰쌀 첨가비율이 증가함에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 보였고 용해도는 유의적으로 증가하는 경향을 보였다. 취반밥에 대한 식감특성은 찰쌀 첨가비율에 따라 백미와 유사하거나 더 좋은 결과를 보였다. 찰쌀 첨가비율 취반방법에 따른 취반 밥의 총 폴리페놀 함량은 처리별로 유의적인 차이를 약간 보였으나 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 총 플라보노이드 함량은 찰쌀 첨가비율이 증가할수록 전반적

으로 증가하였으며, 찰쌀 20% 첨가구에서 발효주정을 첨가하여 취반한 경우가 일반밥솥에서 23.20±0.61 µg CE/g sample로 다른 처리구에 비해 높은 함량을 나타내었다. DPPH radical 소거활성은 찰쌀 첨가비율별 취반방법에 따른 활성은 3.19~5.45 mg TE/100 g sample로 나타났다. ABTS radical 소거활성은 찰쌀 20%, 발효주정을 첨가하여 취반한 경우가 압력밥솥에서 19.48±0.63 mg TE/100 g sample로 높은 활성을 나타내었다. 찰쌀을 첨가하여 밥을 지을 경우 소량의 발효주정을 첨가하여 압력을 주어 취반하였을 때 높은 radical 소거활성을 보여 산업적으로 이용이 가능할 것으로 생각된다.

## 사 사

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

## 인용문헌(REFERENCES)

- Bean, M. M., C. A. Esser, and K. D. Nishita. 1984. Some physicochemical and food application characteristics of California waxy rice varieties. *Cereal Chem.* 61 : 475-480.
- Choi, Y. H. and M. Y. Kang. 1999. Texture and retrogradation characteristics of injjeulmi made by different varieties of waxy rice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 28 : 837-844.
- Chun, A., D. J. Kim, M. R. Yoon, S. K. Oh, H. C. Hong, I. S. Choi, K. S. Woo, K. J. Kim, and S. C. Ju. 2010. Variation in quality and preference of Sogokju (Korean traditional rice wine) from waxy rice varieties. *Korean J. Crop Sci.* 55 : 177-186.
- Chun, A., J. H. Lee, J. S. Lee, M. R. Yoon, J. Kwak, M. J.

- Kim, and C. K. Lee. 2016. Variation on appearance and cooking characteristics of milled waxy rice with different moisture contents. *J. Korean Soc. Int. Agr.* 28 : 479-484.
- Chung, H. J., H. S. Lim, and S. T. Lim. 2006. Effect of partial gelatinization and retrogradation on the enzymatic digestion of waxy rice starch. *J. Cereal Sci.* 43 : 353-359.
- Dewanto, V., W. Xianzhong, and R. H. Liu. 2002 Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J. Agr. Food Chem.* 50 : 4959-4964.
- Jeong, E. G., C. K. Lee, Y. H. Choi, J. T. Kim, S. Kim, and J. R. Son. 2008. Identification of chalkiness development of milled waxy rice grains with harvest times and the moisture contents. *Korean J. Crop Sci.* 53 : 58-63.
- Jeong, M. S., J. Y. Ko, S. B. Song, J. S. Lee, T. W. Jung, Y. H. Yoon, I. S. Oh, and K. S. Woo. 2014. Physicochemical characteristics of sikhye (Korean traditional rice beverage) using foxtail millet, proso millet, and sorghum. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 43 : 1785-1790.
- Kang, M. Y. and Y. M. Sung. 2000. Varietal differences in quality characteristics of yukwa (fried rice cookie) made from fourteen glutinous rice cultivars. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32 : 69-74.
- Kang, M. Y., H. J. Koh, and Y. M. Sung. 2000. Varietal difference in quality characteristics of Korean rice cake in glutinous rice. *Korean J. Breed. Sci.* 32 : 26-32.
- Kim, D. J., S. K. Oh, J. H. Lee, M. R. Yoon, I. S. Choi, D. H. Lee, and Y. G. Kim. 2012. Changes in quality properties of brown rice after germination. *Korean J. Food Sci. Technol.* 44 : 300-305.
- Kim, J. E., S. I. Joo, J. H. Seo, and S. P. Lee. 2009. Antioxidant and a-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, J. M., M. Y. Yu, and M. S. Shin. 2012. Effect of mixing ratio of white and germinated brown rice on the physicochemical properties of extruded rice flours. *Korea J. Food Cookery Sci.* 28 : 813-820.
- Kim, S. M., Y. S. Cho, and S. K. Sung. 2001. The antioxidant ability and nitrite scavenging ability of plant extracts. *Korean J. Food Sci. Technol.* 33 : 626-632.
- Kim, Y. S. and G. C. Lee. 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.
- Konik-rose, C. M., R. Moss, S. Rahman, R. Appels, F. Stoddard, and G. McMaster. 2001. Evaluation of the 40 mg swelling test for measuring starch functionality. *Starch.* 53 : 21-26.
- Lee, J. S., K. S. Woo, A. Chun, J. Y. Na and K. J. Kim. 2009. Waxy rice variety-dependent variations in physicochemical characteristics of sogokju, a Korean traditional rice wine. *Korean J. Crop Sci.* 54 : 172-180.
- Lee, K. H., H. Ham, H. J. Kim, H. Y. Park, E. Y. Sim, S. G. Oh, W. H. Kim, H. S. Jeong, and K. S. Woo. 2016a. Functional components and radical scavenging activity of germinated brown rice according to variety. *Korean J. Food Nutr.* 19 : 145-152.
- Lee, K. H., H. Ham, M. J. Kim, J. Y. Ko, H. J. Kim, S. K. Oh, H. S. Jeong, and K. S. Woo. 2016b. Effects of heating condition and cultivar on phenolic compounds and their radical scavenging activity on sorghum. *Academia J. Biotech.* 4 : 347-352.
- Medcalf, F. and K. A. Gilles. 1965. Wheat starches. I. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem.* 42 : 558-568.
- Middleton, E. and C. Kandaswami. 1994. Potential health-promoting properties of citrus flavonoids. *Food Technol.* 48 : 115-119.
- Nieva, M. M., A. R. Sampietro, and M. A. Vattuone. 2000. Comparison of the free radical-savenging activity of propolis from several regions of Argentina. *J. Ethnopharmacol.* 71 : 109-114.
- Park, H. Y., D. S. Shin, K. S. Woo, E. Y. Sim, H. J. Kim, S. K. Lee, Y. J. Won, S. B. Lee, and S. K. Oh. 2016. Mechanical quality evaluation of rice cultivars that could potentially be used to produce processed cooked rice. *Korean J. Crop Sci.* 61 : 145-152.
- Reyes, A. C., E. L. Albano, V. P. Briones, and B. O. Juliano. 1965. Genetic variation, varietal differences in physicochemical properties of rice starch and its fractions. *J. Agr. Food Chem.* 13 : 438-442.
- Song, Y. C., J. H. Cho, J. H. Lee, D. Y. Kwak, N. B. Park, U. S. Yeo, C. S. Kim, M. G. Jeon, J. Y. Lee, G. H. Lee, W. G. Ha, J. S. Lee, K. H. Jung, Y. H. Cho, and H. W. Kang. 2013. A glutinous rice variety with multiple disease resistance 'Baegokchal'. *Korean J. Breed. Sci.* 45 : 31-37.
- Vandeputtea, G. E., R. Vermeylena, J. Geeromsb, and J. A. Delcour. 2003. Rice starches. III. Structural aspects provide insight in amylopectin retrogradation properties and gel texture. *J. Cereal Sci.* 38 : 61-68.
- Wi, E., J. Park, and M. Shin. 2013. Comparison of physicochemical properties and cooking quality of Korean organic rice varieties. *Korean J. Food Cookery Sci.* 29 : 785-794.
- Woo, K. S., J. Y. Ko, J. I. Kim, J. S. Lee, S. B. Song, J. M. Cho, T. W. Jung, K. Y. Kim, and I. S. Oh. 2013. Cooking properties and antioxidant activity of cooked rice according to the addition of glutinous and non-glutinous sorghum. *Korean J. Crop Sci.* 58 : 399-407.
- Woo, K. S., J. Y. Ko, S. B. Song, J. S. Lee, J. R. Kang, B. G. Oh, M. H. Nam, J. H. Jeong, H. S. Jeong, and M. C. Seo. 2010. Physicochemical characteristics of vinegars fermented from cereal cops with incalgyun. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 39 : 1171-1178.
- Woo, K. S., S. B. Song, J. Y. Ko, Y. B. Kim, W. H. Kim, and H. S. Jeong. 2016. Antioxidant properties of adzuki



- beans, and quality characteristics of sediment according to cultivated methods. Korean J. Food Nutr. 29 : 134-143.
- Yoon, M. R., J. S. Lee, J. Kwak, J. H. Lee, J. B. Chun, C. I. Yang, J. H. Cho, M. J. Kim, C. K. Lee, B. K. Kim, and W. H. Kim. 2015. Starch and pasting characteristics in relation to stickiness of rice cake using glutinous rice varieties. Korean J. Breed. Sci. 47 : 199-208.
- Yun, H. R. 2007. Properties of milled, brown and germinated brown rice flours preparation of poundcake using them. Master Dissertation, Chonnam National University, Chonnam, Korea.