

## 취반방법에 따른 혼합잡곡밥의 품질 및 이화학 특성

김현주 · 이지혜\* · 이병원 · 이유영 · 이병규\*\* · 전용희\*\* · 고지연\*\* · †우관식

농촌진흥청 국립식량과학원 농업연구사, \*농촌진흥청 국립식량과학원 전문연구원,

\*\*농촌진흥청 국립식량과학원 농업연구관

### Quality and Physicochemical Characteristics of Rice Cooked along with Various Mixed Grains and by Following Different Cooking Methods

Hyun-Joo Kim, Ji Hae Lee\*, Byong Won Lee, Yu Young Lee, Byoung Kyu Lee\*\*,  
Yong Hee Jeon\*\*, Jee Yeon Ko\*\* and †Koan Sik Woo

Researcher, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16613, Korea

\*Researcher, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16613, Korea

\*\*Senior Researcher, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16613, Korea

#### Abstract

This study evaluated the quality characteristics, the presence of polyphenolic compounds, and radical scavenging activity of rice cooked along with various mixed grains (barley, black soybean, adzuki beans, foxtail millet, proso millet, sorghum, glutinous rice) by following two different cooking methods (normal and pressure cooker). The amylogram and water characteristics of mixed grains showed significant differences based on the presence of different types of mixed grains. The chromaticity, palatability characteristics, presence of phenol compounds, and radical scavenging activity of rice cooked along with different mixed grains showed significant differences according to the nature of mixed grains. Total polyphenol contents of before cooking, cooked-rice added to mixed grains cooked in the normal cooker and a pressure cooker were 4.46~5.16, 0.58~0.93 and 0.65~0.96 mg GAE/g, and total flavonoid contents were 250.74~548.89, 129.26~207.04 and 127.41~218.15 µg CE/g, respectively. The DPPH radical scavenging activity of before cooking, cooked-rice added to mixed grains cooked in the normal cooker and a pressure cooker was 79.25~181.61, 22.07~53.64 and 7.51~39.97 mg TE/100 g, and ABTS radical scavenging activity was 203.25~328.24, 47.28~84.94 and 58.27~99.51 mg TE/100 g, respectively. Accordingly, it is necessary to different combinations of mixed grains according to the cooking method at home and grain industry.

Key words: mixed grains, cooking method, quality characteristics, antioxidant characteristics

#### 서 론

쌀은 도정과정에서 비타민, 미네랄, 식이섬유 등의 성분들이 손실되어 부족한 필수 영양성분과 생리활성 물질을 얻기 위해 다양한 곡류를 혼합한 잡곡밥을 섭취한다(Lim 등 2003; Kang & Cho 2016). 일반적으로 잡곡은 쌀을 제외한 보리, 밀, 콩, 옥수수, 조, 기장, 수수 등으로(Ko 등 2011), 성인병 예방에 필요한 식이섬유, 비타민, 미네랄 등의 성분이 쌀에 비해 많

이 함유되어 있고, 다량의 생리활성물질을 함유하고 있는 것으로 알려져 있다(Kim & Lee 2006; Jang 등 2012). 잡곡산업의 발전을 위해 잡곡의 부가가치 증진 및 경쟁력 강화를 위한 잡곡 레시피 개발과 이를 활용한 가공제품 기술 개발 및 산업화 방안 등이 요구된다(Jung 등 2013). 잡곡류의 기능성에 대한 다양한 연구가 보고되어 있지만, 국내에서 유통되고 있는 혼합잡곡은 소비자의 수요와 용도에 맞게 조합이 된 것이 아니라, 생산자가 인위적으로 조합하여 판매되고 있어 국

† Corresponding author: Koan Sik Woo, Researcher, Crop Post-Harvest Technology Division, Dept. of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Suwon 16613, Korea. Tel: +82-31-695-0616, E-mail: wooks@korea.kr

내에서 소비가 많은 혼합잡곡의 적정 작목, 혼합비율 등에 대한 연구가 필요한 실정이다(Woo 등 2017a).

잡곡류의 기능성분이나 활성에 대한 연구로는 보리의 혈중 콜레스테롤 저하와 간의 콜레스테롤 축적억제 및 수용성  $\beta$ -glucan에 대한 연구(Quershi 등 1980; Jeong 등 1998)가 이루어져 있으며, 콩은 필수아미노산, 불포화 지방산, 비타민 E 등이 다량 함유하고 있어 동물성 지방의 과잉섭취로 인한 콜레스테롤 저하와 동맥경화를 예방하는 것으로 보고되었다(Hawrylewicz 등 1995; Kim YH 2003). 검정콩의 안토시아닌은 항산화 효과가 있으며(Tsuda 등 1996), 팥은 각기와 피로 회복 효과 및 아미노산의 보충에 효능이 있는 것으로 알려져 있다(Song 등 2013). 조는 배변을 원활히 하여 변비 및 대장암을 예방하고(Ha & Lee 2001), 항산화 물질이 많이 함유하고 있어 콜레스테롤 저하, 당뇨 예방 등 성인병과 불면증 예방에도 효과가 있다고 알려져 있다(Woo 등 2017b). 기장은 쌀에 비해 소화율은 떨어지나, 지방, 비타민 A 등이 풍부하고 다른 millet류에 비해 단백질, 미네랄 함량이 다소 높고(Park 등 1999), 떡을 만들면 소화율이 향상된다(Ha & Lee 2001). 수수는 식이섬유, 페놀 성분 등의 기능성분을 다량 함유하고 있으며(Chae & Hong 2006), 수수의 페놀 성분은 항돌연변이 활성(Grimmer 등 1992; Kwak 등 2004), 항산화 활성(Awika 등 2004; Dykes 등 2005; Dykes & Rooney 2006), 항암 활성(Awika 등 2009)이 높은 것으로 보고되었다. 또한, 찹쌀의 전분은 아밀로스가 적고 주로 아밀로펙틴으로 이루어져 있어 찰지고 노화가 느린 것으로 알려져 있다(Yoon 등 2015).

기존에 혼합잡곡의 항산화 활성 비교(Kang & Cho 2016)에서 5곡 제품이 8, 16, 17, 20 및 25곡 제품에 비해 단백질, 무기질, 항산화 성분 및 활성이 높다고 보고하였는데, 이는 혼합곡의 수가 많아질수록 항산화 활성을 내는 잡곡의 양이 상대적으로 줄어들어 충분한 효과를 발휘하지 못하는 것으로 보고하였다. 또한, 국내의 시중 유통 혼합잡곡의 품질 및 항산화 특성 연구(Kim 등 2017a)와 취반 후 밥의 품질 및 항산화 특성 연구(Woo 등 2017a)에서 전체적으로 4-8개의 작목이 높은 항산화 활성을 보이는 것으로 보고하였다. 따라서 본 연구에서는 보리(Woo 등 2018a), 검정콩(Kim 등 2018a), 팥(Woo 등 2018b), 조(Lee 등 2017a), 기장(Kim 등 2017b), 수수(Kim 등 2018b), 찹쌀(Kim 등 2017c) 등 7작목에 대해 기존 연구보고에 의해 제시된 배합비율을 바탕으로 혼합잡곡을 제조하여 쌀의 혼합 유무에 따른 호화특성과 수분특성 등의 품질 특성과 혼합잡곡을 일반 및 압력밥솥으로 취반하였을 때 색도, 식감 등의 품질과 항산화 특성을 조사하여 추후 기능성이 증진된 혼합잡곡의 혼합비율 설정을 위한 자료로 활용하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 시험재료

본 연구에 사용된 보리는 흰찰쌀보리(*Hordeum vulgare* L. cv. Huinchalssal), 검정콩은 청자3호(*Glycine max* (L.) Merr cv. Cheongja #3), 팥은 아라리(*Vigna angularis* var. Nipponensis cv. Arari), 조는 삼다찰(*Setaria italica* Beauv. cv. Samdachal), 기장은 이백찰(*Panicum miliaceum* L. cv. Ibaekchal), 수수는 남풍찰(*Sorghum bicolor* L. Moench cv. Nampungchal), 찹쌀은 백옥찰(*Oryza sativa* cv. Backokchal) 품종을 사용하였으며, 백미는 삼광(*Oryza sativa* cv. Samkwang) 품종을 사용하였다. 아라리, 삼다찰, 이백찰, 남풍찰, 백옥찰 품종은 경남 밀양 소재의 국립식량과학원 남부작물부 시험용 포장에서, 청자3호, 삼광은 경기 수원 소재의 국립식량과학원 중부작물부 시험용 포장에서 2016년도에 생산된 산물을 시험용 재료로 사용하였다. 삼광과 백옥찰은 제현기(Model SY88-TH, Ssangyong Machine Ind., Incheon, Korea) 및 정미기(MC-90A, Satake, Hiroshima, Japan)를 이용하여 시험재료를 제조하였고, 조와 기장은 실험용 제현기(SY88-TH, Ssang Yong Machine Ind.)로 겉껍질을 제거하여 시료로 사용하였으며, 수수는 시험용 도정기(SY2009-MMCMT, Ssang Yong Machine Ind.)를 이용하여 시험재료를 제조하였다. 모든 재료는 4°C 냉장고에 저장하면서 시료로 사용하였으며, 분석 직전에 꺼내 분석 및 취반용 시료로 사용하였다. 보리(barley), 검정콩(black soybean), 팥(adzuki bean), 조(foxtail millet), 기장(proso millet), 수수(sorghum), 찹쌀(glutinous rice) 등 7작목에 대해 기존 연구보고에 의해 제시된 배합비율을 바탕으로 보리, 기장 및 수수는 10~15%, 검정콩과 팥은 5~10%, 조와 찹쌀은 10%를 혼합하였으며, 잡곡의 떨어지는 식감을 보완하기 위해 찹쌀 첨가량을 고정하여 혼합잡곡을 제조하였고, 각각의 작목별 혼합비율은 Table 1과 같다. 이들의 결과를 바탕으로 혼합비율을 산정하고, 다시 각 작목별로 100 중량부에 해당하는 양으로 환산한 후 각각의 배합비별로 품질 및 이화학 특성을 분석하고, 취반용 시료로 사용하였다.

### 2. 혼합잡곡의 아밀로그래프 특성 및 수분특성 분석

백미와 각각의 잡곡은 60 mesh 이상으로 분쇄하였으며, 분쇄된 잡곡은 Table 1의 처리구별로 해당되는 혼합비율에 맞게 무게를 칭량하고 혼합하여 분석용 시료를 제조하였다. 백미를 혼합하지 않은 혼합잡곡과 백미와 혼합잡곡을 70:30 (w/w)으로 혼합한 시료의 아밀로그래프 특성은 신속점도측정계(Rapid Visco Analyzer, Model RVA-3D, Newport Scientific, Warriewood, Australia)를 이용하여 측정하였다(Kim 등 2017a). 백미를 혼합하지 않은 혼합잡곡과 백미와 혼합잡곡을 70:30 (w/w)으로 혼합하여 아밀로그래프 특성을 측정하였다. 시료를 60 mesh 이상으로 분쇄한 후 3 g을 칭량하여 알루미늄 캔 용

**Table 1. The contents of mixed grains with treatments**

Sample	Contents with grains based on the preliminary study								Contents calculated as 100 parts by weight with grains							
	Barley	Black soy-bean	Adzuki beans	Foxtail millet	Proso millet	Sorghum	Glutinous rice	Total	Barley	Black soybean	Adzuki beans	Foxtail millet	Proso millet	Sorghum	Glutinous rice	Total
H1	10	5	5	10	10	10	10	60	16.67	8.33	8.33	16.67	16.67	16.67	16.67	100
H2	10	5	5	10	10	15	10	65	15.38	7.69	7.69	15.38	15.38	23.08	15.38	100
H3	10	5	5	10	15	10	10	65	15.38	7.69	7.69	15.38	23.08	15.38	15.38	100
H4	10	5	5	10	15	15	10	70	14.29	7.14	7.14	14.29	21.43	21.43	14.29	100
H5	10	5	10	10	10	10	10	65	15.38	7.69	15.38	15.38	15.38	15.38	15.38	100
H6	10	5	10	10	10	15	10	70	14.29	7.14	14.29	14.29	14.29	21.43	14.29	100
H7	10	5	10	10	15	10	10	70	14.29	7.14	14.29	14.29	21.43	14.29	14.29	100
H8	10	5	10	10	15	15	10	75	13.33	6.67	13.33	13.33	20.00	20.00	13.33	100
H9	10	10	5	10	10	10	10	65	15.38	15.38	7.69	15.38	15.38	15.38	15.38	100
H10	10	10	5	10	10	15	10	70	14.29	14.29	7.14	14.29	14.29	21.43	14.29	100
H11	10	10	5	10	15	10	10	70	14.29	14.29	7.14	14.29	21.43	14.29	14.29	100
H12	10	10	5	10	15	15	10	75	13.33	13.33	6.67	13.33	20.00	20.00	13.33	100
H13	10	10	10	10	10	10	10	70	14.29	14.29	14.29	14.29	14.29	14.29	14.29	100
H14	10	10	10	10	10	15	10	75	13.33	13.33	13.33	13.33	13.33	20.00	13.33	100
H15	10	10	10	10	15	10	10	75	13.33	13.33	13.33	13.33	20.00	13.33	13.33	100
H16	10	10	10	10	15	15	10	80	12.50	12.50	12.50	12.50	18.75	18.75	12.50	100
H17	15	5	5	10	10	10	10	65	23.08	7.69	7.69	15.38	15.38	15.38	15.38	100
H18	15	5	5	10	10	15	10	70	21.43	7.14	7.14	14.29	14.29	21.43	14.29	100
H19	15	5	5	10	15	10	10	70	21.43	7.14	7.14	14.29	21.43	14.29	14.29	100
H20	15	5	5	10	15	15	10	75	20.00	6.67	6.67	13.33	20.00	20.00	13.33	100
H21	15	5	10	10	10	10	10	70	21.43	7.14	14.29	14.29	14.29	14.29	14.29	100
H22	15	5	10	10	10	15	10	75	20.00	6.67	13.33	13.33	13.33	20.00	13.33	100
H23	15	5	10	10	15	10	10	75	20.00	6.67	13.33	13.33	20.00	13.33	13.33	100
H24	15	5	10	10	15	15	10	80	18.75	6.25	12.50	12.50	18.75	18.75	12.50	100
H25	15	10	5	10	10	10	10	70	21.43	14.29	7.14	14.29	14.29	14.29	14.29	100
H26	15	10	5	10	10	15	10	75	20.00	13.33	6.67	13.33	13.33	20.00	13.33	100
H27	15	10	5	10	15	10	10	75	20.00	13.33	6.67	13.33	20.00	13.33	13.33	100
H28	15	10	5	10	15	15	10	80	18.75	12.50	6.25	12.50	18.75	18.75	12.50	100
H29	15	10	10	10	10	10	10	75	20.00	13.33	13.33	13.33	13.33	13.33	13.33	100
H30	15	10	10	10	10	15	10	80	18.75	12.50	12.50	12.50	12.50	18.75	12.50	100
H31	15	10	10	10	15	10	10	80	18.75	12.50	12.50	12.50	18.75	12.50	12.50	100
H32	15	10	10	10	15	15	10	85	17.65	11.76	11.76	11.76	17.65	17.65	11.76	100
Mean	12.5	7.5	7.5	10.0	12.5	12.5	10.0	-	17.23	10.28	10.28	13.88	17.23	17.23	13.88	-
S.D.	2.5	2.5	2.5	0.0	2.5	2.5	0.0	-	3.16	3.24	3.24	1.11	3.160	3.16	1.11	-
Max	15.0	10.0	10.0	10.0	15.0	15.0	10.0	-	23.1	15.40	15.40	16.70	23.10	23.10	16.70	-
Min	10.0	5.0	5.0	10.0	10.0	10.0	10.0	-	12.5	6.30	6.30	11.80	12.50	12.50	11.80	-

기에 투입하고, 25 mL의 증류수에 분산시켜 50℃에서 1분간 유지시킨 후 50℃에서 95℃까지 3.48분 동안 상승시키고, 95℃에서 2.05분간 유지시켰다. 그 후, 다시 3.48분 동안에 50℃로 냉각시키면서 점도 특성을 조사하였다. 총 실험 시간은 약 13분이며, 실험 후 최고점도(peak viscosity), 최저점도(trough viscosity), 강하점도(breakdown), 최종점도(final viscosity)

및 치반점도(setback)를 측정하였다. 백미를 혼합하지 않은 혼합잡곡과 백미와 혼합잡곡을 70:30(w/w)으로 혼합한 시료의 수분결합력은 분쇄한 시료 1 g을 증류수 40 mL에 혼합하여 1시간 교반하고, 10분 동안 1,500×g에서 원심분리하여 상등액을 제거한 다음 침전된 가루의 무게를 측정하여 침전된 시료의 무게(g)에서 처음 시료의 무게(g)를 빼고, 처음 시료 무

계(g)에 대한 백분율로 계산하였다(Woo 등 2016). 용해도와 팽윤력은 분쇄하여 혼합한 시료 1 g을 30 mL의 증류수에 분산시켜 90±1 °C의 항온수조에 30분간 가열하고, 1,500×g로 20분간 원심분리한 후 상등액은 105°C에서 12시간 건조시켜 무게를 측정하고, 침전물은 그대로 무게를 측정하였으며, 아래의 계산식에 의해 산출하였다(Woo 등 2016).

$$\text{수분결합력(water binding capacity, \%)} = \frac{\text{원심분리 후 무게(g)} - \text{처음 시료 무게(g)}}{\text{처음 시료 무게(g)}} \times 100$$

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

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

### 3. 혼합잡곡밥의 취반방법

혼합잡곡 첨가 잡곡밥은 백미 70 g을 혼합잡곡 30 g에 혼합하여 취반하였다. 혼합미를 3회 수세한 다음 물에 침지한(25°C, 30분) 후 체에 받쳐 물기를 제거하였으며, 가수량은 수세 전 시료 무게 기준으로 1.2배, 즉 120 mL의 증류수를 첨가하여 취반하였다. 이때 취반방법별 가수량은 선행연구와 예비실험을 통하여 결정하였다(Woo 등 2017a). 취반기구는 현미취반 겸용 전기보온밥솥(normal cooker, Cuckoo, CR-0671V, Seoul, Korea)과 전기압력밥솥(pressure cooker, Cuckoo, EHS-035FW)을 사용하였고, 전기보온밥솥과 전기압력밥솥은 자동소화된 후 15분간 뜸을 들여 취반을 완료하였으며, 전체 취반 시간은 50분으로 설정하였다.

### 4. 혼합잡곡 첨가 취반 밥의 색도 및 기계적 조직감 측정

혼합잡곡 첨가 잡곡밥의 색도는 취반 후 밥을 고루 잘 섞은 후 표면을 색차계(Color difference meter, CR-300, Minolta, Osaka, Japan)를 이용하여 무작위로 10곳을 측정하였으며, 명도를 표현하는 L값(lightness), 적색도를 표현하는 a값(redness), 황색도를 표현하는 b값(yellowness)의 값을 측정하였다(Ko 등 2016). 이때 사용된 표준백판 L-value는 97.38, a-value는 -0.02, b-value는 1.66이었다. 혼합잡곡 첨가 잡곡밥의 조직감 측정은 Tensipresser(My Boy system, Taketomo Electric Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 취반한 밥을 10 g씩 무작위로 칭량하여 시료용 컵에 압축성형하고, 2분간 실내에 방치한 후 프로브(접촉 면적 25 mm<sup>2</sup>)가 설치된 기기에 장착

하였다. 20 kgw의 하중으로 먼저 두께의 25%로 압착하고 다시 90%의 압력으로 하였으며, 측정 속도는 2 mm/s로 측정하였다(Naito & Ogawa, 1998). 조사항목은 경도(hardness), 탄력(elasticity), 부착성(adhesiveness) 및 찰기(stickiness)를 측정하여 백미와 비교하였으며, 10회 반복 측정하였다.

### 5. 추출물 제조 및 항산화 성분 함량 분석

혼합잡곡 첨가 잡곡밥의 페놀성분 및 라디칼 소거활성을 분석하기 위해 취반한 밥 전체를 5배량의 80% 에탄올을 넣고 homogenizer로 균질화시킨 후, 상온에서 24시간동안 진탕추출(WiseCube WIS-RL010, Daihan Scientific Co., Ltd., Seoul, Korea)한 다음 여과하고, 잔사에 다시 용매를 가하여 추출한 후 두 추출물을 합쳐 -20°C 냉동고에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다. 추출물에 대한 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 Woo 등(2015)의 방법에 따라 Folin-Ciocalteu reagent가 시료의 페놀성 물질에 의해 환원된 결과, 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다. 총 폴리페놀 함량은 추출물 10 µL에 2% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액 200 µL를 가한 후 3분간 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 10 µL를 가하였다. 30분 후, 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였고, 표준물질인 gallic acid(Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였으며, 시료 g중의 mg gallic acid equivalents(GAE, dry basis)로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 추출물 50 µL에 증류수 200 µL와 5% NaNO<sub>2</sub> 15 µL를 가한 다음, 5분 후 10% AlCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O 30 µL를 가하여 6분 방치하고, 1 N NaOH 100 µL를 첨가해 11분 후 반응액의 흡광도 값을 510 nm에서 측정하였다. 표준물질인 (+)-catechin(Sigma-Aldrich)를 사용하여 검량선을 작성하였으며, 시료 g중의 µg catechin equivalents(CE, dry basis)로 나타내었다.

### 6. 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 소거활성을 측정하였다(Woo 등 2015). DPPH radical 소거활성은 0.2 mM DPPH 용액(99.9% ethanol에 용해) 200 µL에 시료 10 µL를 첨가한 후 520 nm에서 정확히 30분 후에 흡광도를 측정하였다. ABTS radical 소거활성은 ABTS 7.4 mM과 potassium persulphate 2.6 mM을 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이 온을 형성시킨 후 이 용액을 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 소거활성은 시료 100 g당 mg TE

(Trolox equivalent antioxidant capacity)로 표현하였다.

## 7. 통계분석

모든 데이터는 3회 이상 반복 측정하였으며, mean±S.D.로 표현하였다. 또한, 얻어진 결과를 통계프로그램(Statistical Analysis System; version 9.2, SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하여 다중범위검정(Duncan's multiple range test)을 실시하였으며, 각 분석항목 간의 상관관계를 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 혼합잡곡의 아밀로그램 및 수분특성

백미의 혼합 유무에 따른 아밀로그램 특성은 Table 2와 같이 백미(control)의 최고점도(peak viscosity), 최저점도(trough viscosity), 강하점도(breakdown), 최종점도(final viscosity) 및 치반점도(setback)는 각각 240.78, 142.72, 97.72, 221.84 및

56.97 RVU로 나타났으며, 혼합잡곡 처리구별(Table 1)로 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다( $p<0.05$ ). 쌀을 70% 혼합한 처리구의 아밀로그램 특성은 백미에 비해 유의적으로 낮아지는 것으로 조사되었다( $p<0.05$ ). 최고점도는 쌀을 혼합하지 않은 시료와 쌀을 70% 혼합한 시료에서 각각 11.97~24.42 및 112.05~135.75 RVU로 나타났고, 최저점도는 각각 11.97~23.75 및 61.64~73.79 RVU로 처리구별로 유의적인 차이를 보였으며( $p<0.05$ ), 쌀을 혼합할 경우 크게 증가하는 경향을 보였다. 쌀을 혼합한 처리구의 최고점도와 최저점도는 백미에 비해 작은 값을 보였는데, 이는 잡곡의 첨가에 따라 최고점도와 최저점도가 감소한다는 선행연구와 유사하게 나타났다(Kim 등 2017b, 2017c; Lee 등 2017a; Woo 등 2017b). 쌀을 혼합한 처리구 중 가장 높은 최고점도는 H8 처리구(135.75 RVU; 보리, 팥, 조, 찹쌀이 13.33%, 검정콩은 6.67%, 기장과 수수는 20.00% 혼합)로 나타났고, 최저점도는 H18 처리구(73.78 RVU; 보리와 수수는 21.43%, 검정콩과 팥은 7.14%, 조, 기장, 찹쌀

Table 2. The amylogram characteristics<sup>1)</sup> of mixed grains without or with white rice

Sample <sup>2)</sup>	Mixed grains without white rice					Mixed grains (30%) with white rice (70%)				
	Peak	Trough	Breakdown	Final	Setback	Peak	Trough	Breakdown	Final	Setback
Con.	240.78 <sup>ab3)</sup>	142.72 <sup>a</sup>	97.72 <sup>a</sup>	221.84 <sup>a</sup>	56.97 <sup>a</sup>	240.78 <sup>a</sup>	142.72 <sup>a</sup>	97.72 <sup>a</sup>	221.84 <sup>a</sup>	56.97 <sup>a</sup>
H1	18.95 <sup>h</sup>	18.70 <sup>i</sup>	0.25 <sup>c</sup>	29.17 <sup>i</sup>	10.22 <sup>efghijklm</sup>	127.76 <sup>h</sup>	70.00 <sup>bcd</sup>	57.78 <sup>efgh</sup>	133.36 <sup>de</sup>	5.58 <sup>jk</sup>
H2	21.89 <sup>f</sup>	21.47 <sup>def</sup>	0.42 <sup>c</sup>	32.72 <sup>de</sup>	10.83 <sup>cdefghi</sup>	132.92 <sup>def</sup>	71.94 <sup>bcd</sup>	60.97 <sup>bcde</sup>	136.00 <sup>bcd</sup>	3.52 <sup>lmn</sup>
H3	20.72 <sup>g</sup>	20.47 <sup>fg</sup>	0.25 <sup>c</sup>	31.22 <sup>gh</sup>	10.50 <sup>defghijk</sup>	130.47 <sup>fg</sup>	68.47 <sup>de</sup>	62.00 <sup>bc</sup>	134.08 <sup>bcd</sup>	4.61 <sup>kl</sup>
H4	22.19 <sup>ef</sup>	21.50 <sup>def</sup>	0.70 <sup>bc</sup>	32.58 <sup>def</sup>	10.39 <sup>defghijkl</sup>	133.50 <sup>bcde</sup>	71.78 <sup>bcd</sup>	61.72 <sup>bcd</sup>	137.75 <sup>b</sup>	3.65 <sup>lmn</sup>
H5	20.63 <sup>g</sup>	20.68 <sup>ef</sup>	0.33 <sup>c</sup>	32.00 <sup>efg</sup>	11.10 <sup>bdefg</sup>	130.03 <sup>gh</sup>	68.80 <sup>de</sup>	60.89 <sup>bcde</sup>	133.56 <sup>cde</sup>	3.53 <sup>lmn</sup>
H6	23.39 <sup>cd</sup>	23.03 <sup>bc</sup>	0.36 <sup>c</sup>	35.03 <sup>bc</sup>	11.64 <sup>bcd</sup>	133.97 <sup>bcd</sup>	70.94 <sup>bcd</sup>	63.01 <sup>b</sup>	135.61 <sup>bcd</sup>	0.83 <sup>o</sup>
H7	22.78 <sup>de</sup>	22.36 <sup>cd</sup>	0.42 <sup>c</sup>	33.86 <sup>cd</sup>	11.08 <sup>bdefg</sup>	131.22 <sup>efg</sup>	69.25 <sup>cd</sup>	61.97 <sup>bc</sup>	134.92 <sup>bcd</sup>	3.03 <sup>mn</sup>
H8	24.42 <sup>b</sup>	23.75 <sup>b</sup>	0.66 <sup>bc</sup>	35.33 <sup>b</sup>	10.92 <sup>bdefgh</sup>	135.75 <sup>b</sup>	72.94 <sup>bc</sup>	62.81 <sup>b</sup>	138.17 <sup>b</sup>	3.09 <sup>mn</sup>
H9	12.69 <sup>q</sup>	12.67 <sup>qr</sup>	0.03 <sup>c</sup>	21.33 <sup>q</sup>	8.64 <sup>o</sup>	112.05 <sup>o</sup>	62.06 <sup>fg</sup>	50.00 <sup>l</sup>	122.78 <sup>i</sup>	10.95 <sup>bcd</sup>
H10	14.67 <sup>mno</sup>	14.64 <sup>lmnop</sup>	0.03 <sup>c</sup>	23.89 <sup>lmno</sup>	9.22 <sup>klmno</sup>	119.22 <sup>ij</sup>	65.45 <sup>efg</sup>	53.78 <sup>ijk</sup>	127.30 <sup>fgh</sup>	6.98 <sup>ij</sup>
H11	14.00 <sup>nop</sup>	13.97 <sup>nopq</sup>	0.03 <sup>c</sup>	22.80 <sup>op</sup>	8.80 <sup>no</sup>	115.42 <sup>lmn</sup>	61.64 <sup>g</sup>	53.78 <sup>ijk</sup>	124.42 <sup>hi</sup>	10.05 <sup>def</sup>
H12	15.39 <sup>klm</sup>	15.28 <sup>lmno</sup>	0.11 <sup>c</sup>	24.42 <sup>klmn</sup>	9.03 <sup>mno</sup>	120.56 <sup>i</sup>	64.42 <sup>fg</sup>	56.14 <sup>fghi</sup>	127.25 <sup>fgh</sup>	5.69 <sup>jk</sup>
H13	14.22 <sup>nop</sup>	14.22 <sup>mnop</sup>	0.33 <sup>c</sup>	23.78 <sup>lmno</sup>	9.56 <sup>ijklmno</sup>	114.03 <sup>mno</sup>	63.08 <sup>fg</sup>	50.95 <sup>kl</sup>	124.17 <sup>hi</sup>	10.67 <sup>cde</sup>
H14	15.50 <sup>klm</sup>	15.47 <sup>klmn</sup>	0.03 <sup>c</sup>	25.33 <sup>jk</sup>	9.83 <sup>ghijklmno</sup>	118.81 <sup>ijk</sup>	64.30 <sup>fg</sup>	54.50 <sup>hij</sup>	126.72 <sup>fghi</sup>	6.82 <sup>ij</sup>
H15	15.83 <sup>k</sup>	15.83 <sup>kl</sup>	0.05 <sup>c</sup>	25.42 <sup>jk</sup>	9.58 <sup>hijklmno</sup>	117.11 <sup>jkl</sup>	62.58 <sup>fg</sup>	54.53 <sup>hij</sup>	125.81 <sup>ghi</sup>	8.69 <sup>fgh</sup>
H16	16.97 <sup>j</sup>	16.86 <sup>jk</sup>	0.11 <sup>c</sup>	26.31 <sup>j</sup>	9.67 <sup>hijklmno</sup>	120.42 <sup>i</sup>	65.58 <sup>ef</sup>	54.83 <sup>hij</sup>	130.28 <sup>ef</sup>	10.86 <sup>bcd</sup>
H17	17.86 <sup>i</sup>	17.83 <sup>ij</sup>	0.36 <sup>c</sup>	29.11 <sup>i</sup>	11.25 <sup>bdef</sup>	130.64 <sup>fg</sup>	72.14 <sup>bcd</sup>	58.50 <sup>defg</sup>	136.33 <sup>bcd</sup>	8.04 <sup>hi</sup>
H18	19.30 <sup>h</sup>	19.00 <sup>hi</sup>	0.31 <sup>c</sup>	30.36 <sup>hi</sup>	11.05 <sup>bdefg</sup>	131.97 <sup>defg</sup>	73.78 <sup>b</sup>	58.19 <sup>efg</sup>	138.11 <sup>b</sup>	6.17 <sup>j</sup>
H19	18.14 <sup>i</sup>	18.08 <sup>ij</sup>	0.05 <sup>c</sup>	29.14 <sup>i</sup>	10.83 <sup>cdefghi</sup>	130.50 <sup>fg</sup>	69.61 <sup>cd</sup>	60.89 <sup>bcde</sup>	135.31 <sup>bcd</sup>	6.14 <sup>j</sup>
H20	21.83 <sup>f</sup>	20.83 <sup>ef</sup>	1.00 <sup>bc</sup>	32.64 <sup>def</sup>	10.81 <sup>cdefghi</sup>	135.58 <sup>bc</sup>	72.00 <sup>bcd</sup>	63.58 <sup>b</sup>	137.67 <sup>bc</sup>	2.86 <sup>mn</sup>
H21	19.25 <sup>h</sup>	19.19 <sup>ghi</sup>	0.05 <sup>c</sup>	31.36 <sup>fgh</sup>	12.11 <sup>bc</sup>	131.03 <sup>efg</sup>	72.22 <sup>bcd</sup>	58.81 <sup>cdef</sup>	136.33 <sup>bcd</sup>	4.34 <sup>klm</sup>
H22	20.53 <sup>g</sup>	20.42 <sup>fgh</sup>	0.11 <sup>c</sup>	32.70 <sup>def</sup>	12.17 <sup>b</sup>	133.94 <sup>bcd</sup>	70.94 <sup>bcd</sup>	63.00 <sup>b</sup>	135.61 <sup>bcd</sup>	2.72 <sup>n</sup>
H23	20.47 <sup>g</sup>	20.25 <sup>fgh</sup>	0.22 <sup>c</sup>	31.86 <sup>efg</sup>	11.39 <sup>bode</sup>	133.03 <sup>cdef</sup>	70.22 <sup>bcd</sup>	62.81 <sup>b</sup>	135.61 <sup>bcd</sup>	1.25 <sup>o</sup>
H24	23.70 <sup>bc</sup>	22.14 <sup>cde</sup>	1.56 <sup>b</sup>	34.28 <sup>bc</sup>	10.58 <sup>defghij</sup>	133.92 <sup>bcd</sup>	71.78 <sup>bcd</sup>	62.14 <sup>bc</sup>	137.06 <sup>bcd</sup>	4.03 <sup>lmn</sup>
H25	11.97 <sup>q</sup>	11.97 <sup>r</sup>	0.00 <sup>c</sup>	20.92 <sup>q</sup>	8.97 <sup>mno</sup>	113.08 <sup>no</sup>	63.33 <sup>fg</sup>	49.75 <sup>l</sup>	125.08 <sup>ghi</sup>	12.00 <sup>bc</sup>

Table 2. Continued

Sample <sup>2)</sup>	Mixed grains without white rice					Mixed grains (30%) with white rice (70%)				
	Peak	Trough	Breakdown	Final	Setback	Peak	Trough	Breakdown	Final	Setback
H26	12.78 <sup>a</sup>	12.75 <sup>af</sup>	0.03 <sup>c</sup>	21.86 <sup>pa</sup>	9.08 <sup>lmo</sup>	118.19 <sup>ijk</sup>	63.72 <sup>fg</sup>	54.47 <sup>hij</sup>	126.39 <sup>ghi</sup>	8.53 <sup>gh</sup>
H27	12.53 <sup>a</sup>	12.56 <sup>af</sup>	0.31 <sup>c</sup>	21.45 <sup>q</sup>	8.92 <sup>mno</sup>	115.00 <sup>lmn</sup>	62.31 <sup>fg</sup>	52.69 <sup>ijkl</sup>	125.31 <sup>ghi</sup>	10.31 <sup>de</sup>
H28	13.94 <sup>op</sup>	13.92 <sup>opq</sup>	0.03 <sup>c</sup>	23.28 <sup>no</sup>	9.33 <sup>klmno</sup>	120.67 <sup>i</sup>	65.22 <sup>efg</sup>	55.44 <sup>ghi</sup>	128.69 <sup>fg</sup>	6.69 <sup>ij</sup>
H29	13.64 <sup>p</sup>	13.64 <sup>pa</sup>	0.00 <sup>c</sup>	23.47 <sup>mno</sup>	9.83 <sup>ghijklmno</sup>	116.25 <sup>klm</sup>	64.58 <sup>fg</sup>	51.67 <sup>ijkl</sup>	127.67 <sup>fgh</sup>	12.16 <sup>b</sup>
H30	14.84 <sup>lmn</sup>	14.86 <sup>lmnop</sup>	-0.03 <sup>c</sup>	24.86 <sup>kl</sup>	10.03 <sup>hijklmno</sup>	118.89 <sup>ij</sup>	64.19 <sup>fg</sup>	54.69 <sup>hij</sup>	127.64 <sup>fgh</sup>	8.12 <sup>hi</sup>
H31	14.80 <sup>lmn</sup>	14.86 <sup>lmnop</sup>	-0.05 <sup>c</sup>	24.72 <sup>klm</sup>	9.94 <sup>ghijklmno</sup>	117.25 <sup>jkl</sup>	62.64 <sup>fg</sup>	54.61 <sup>hij</sup>	126.58 <sup>fghi</sup>	9.33 <sup>efgh</sup>
H32	15.61 <sup>kl</sup>	15.56 <sup>klm</sup>	0.05 <sup>c</sup>	25.58 <sup>jk</sup>	9.97 <sup>ghijklmno</sup>	120.64 <sup>i</sup>	65.33 <sup>efg</sup>	55.31 <sup>ghi</sup>	130.17 <sup>ef</sup>	9.86 <sup>defg</sup>
Mean	17.67	17.46	0.25	27.90	10.23	124.81	67.41	57.38	131.30	6.60
S.D.	3.78	3.54	0.34	4.62	0.98	7.97	3.95	4.31	5.06	3.27
Max	24.42	23.75	1.56	35.33	12.17	135.75	73.78	63.58	138.17	12.16
Min	11.97	11.97	-0.05	20.92	8.64	112.05	61.64	49.75	122.78	0.83

<sup>1)</sup> Rapid Visco Units.

<sup>2)</sup> See the Table 1.

<sup>3)</sup> All values are expressed as the mean of triplicate determinations. Means with different superscripts within a column (<sup>a-f</sup>) are significantly different at  $p < 0.05$  by one-way analysis of variance (ANOVA) using Duncan's multiple range test.

은 14.29% 혼합)로 조사되었다. 최고점도와 최저점도 정도의 차이로 가공 중 열과 전단에 대한 저항성과 높은 상관성을 보이는(Chun 등 2005; Lee 등 2009) 강하점도는 쌀을 혼합하지 않은 시료와 쌀을 70% 혼합한 시료에서 각각 -0.05~1.56 및 49.75~63.58 RVU로 처리구별로 유의적인 차이를 보였다 ( $p < 0.05$ ). 쌀을 혼합한 처리구 중 가장 높은 강하점도는 H20 처리구(63.58 RVU; 보리, 기장, 수수는 20.00%, 검정콩과 팥은 6.67%, 조와 찹쌀은 13.33% 혼합)로 나타났다. 최종점도는 쌀을 혼합하지 않은 시료와 쌀을 70% 혼합한 시료에서 각각 20.92~35.33 및 122.78~138.17 RVU로 처리구별로 유의적인 차이를 보였으며( $p < 0.05$ ), 쌀을 혼합한 처리구 중 가장 높은 최종점도는 H8 처리구(138.17 RVU)로 나타났다. 값이 클수록 노화가 빠르게 진행되는 것의 의미로 전분의 노화 경향을 반영하는 치반점도(Chun 등 2005; Lee 등 2009)는 쌀을 혼합하지 않은 시료와 쌀을 70% 혼합한 시료에서 각각 8.64~12.17 및 0.83~12.16 RVU로 처리구별로 유의적인 차이를 보였으며( $p < 0.05$ ), 쌀을 혼합한 처리구 중 가장 낮은 치반점도는 H6 처리구(0.83 RVU; 보리, 팥, 조, 기장, 찹쌀은 14.29%, 검정콩은 7.14%, 수수는 21.43% 혼합)로 나타났다. Kim 등 (2017a)은 찹쌀(64.77%), 현미(10.65%), 유색미(5.60%), 보리(15.02%), 조(0.87%), 기장(3.09%)이 함유된 제품의 최고점도, 최저점도, 강하점도 및 최종점도는 각각 111.52, 70.22, 41.31 및 138.31 RVU로 다른 혼합잡곡에 비해 높게 나타나는 것으로 보고하였으며, 현미(54.25%), 유색미(8.40%), 콩(28.91%), 팥(8.45%) 등으로 구성된 제품은 각각 5.47, 4.94, 7.81 및 2.33 RVU로 낮게 나타나는 것으로 보고하였다. 또한, 강하점도는 찹쌀(64.77%), 현미(10.65%), 유색미(5.60%), 보리

(15.02%), 조(0.87%), 기장(3.09%)이 함유된 제품에서 41.31 RVU로 가장 높았고, 찹쌀(16.08%), 현미(22.42%), 유색미(3.91%), 보리(13.54%), 콩(22.96%), 팥(10.30%), 조(5.24%), 수수(1.94%), 울무(1.00%), 옥수수(2.61%) 등이 함유된 제품이 0.39 RVU로 낮게 나타나는 것으로 보고하였다.

백미의 혼합 유무에 따른 혼합잡곡의 수분결합력(water binding capacity), 용해도(water solubility) 및 팽윤력(swelling power)을 측정된 결과, Table 3과 같이 백미는 각각 112.88, 3.56 및 23.43%로 나타났고, 혼합잡곡 처리구별로 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ). 쌀을 혼합하지 않은 시료와 쌀을 70% 혼합한 시료의 수분결합력은 105.32~136.05 및 111.93~127.87%로 처리구별로 유의적인 차이를 보였다 ( $p < 0.05$ ). 수분결합력은 수분과의 친화성을 의미하는 것으로 전분입자내의 비결정형 부분이 많을수록 높아지는데(Lee 등 2017b), 잡곡류의 혼합비율에 따라 비결정형 부분의 구성이 달라져 수분결합력의 차이가 발생한 것으로 추정된다. 즉, 분쇄한 혼합잡곡 전분입자의 무정형부분에 수분이 침투되거나 입자표면에 흡착하는 것을 의미하는데(Wi 등 2013), 잡곡의 혼합비율을 달리할 경우, 작목마다의 전분 구조 차이에 기인한 것으로 생각된다. 혼합잡곡의 용해도는 쌀을 혼합하지 않은 시료와 쌀을 70% 혼합한 시료에서 각각 15.85~25.21 및 4.90~23.89%로 처리구별로 유의적인 차이를 나타냈다 ( $p < 0.05$ ). 용해도가 높은 것은 가열에 의해 시료가 팽윤 및 호화되어 과피에 있는 지질과 섬유질 성분들이 파괴되면서 일부 아밀로스나 용해성 탄수화물을 용출되어 높아지는 것으로 알려져 있다(Lee 등 2017b). 쌀을 혼합하지 않은 혼합잡곡은 29번 처리구인 보리 20.00%와 검정콩, 팥, 조, 기장, 수수,

**Table 3. The water binding capacity (WBC), water solubility index (WSI), and swelling power (SP) of mixed grains without or with white rice (unit: %)**

Sam- ple <sup>1)</sup>	Mixed grains without white rice			Mixed grains (30%) with white rice (70%)		
	WBC	WSI	SP	WBC	WSI	SP
Con.	112.88 <sup>hijklm2)</sup>	3.56 <sup>p</sup>	23.43 <sup>a</sup>	112.88 <sup>j</sup>	3.56 <sup>o</sup>	23.43 <sup>b</sup>
H1	115.89 <sup>efghij</sup>	17.07 <sup>n</sup>	19.80 <sup>kl</sup>	113.56 <sup>hij</sup>	5.48 <sup>lmn</sup>	19.13 <sup>l</sup>
H2	107.96 <sup>mn</sup>	16.24 <sup>no</sup>	19.70 <sup>kl</sup>	119.67 <sup>defg</sup>	5.69 <sup>klmn</sup>	19.17 <sup>k</sup>
H3	116.32 <sup>defghij</sup>	15.94 <sup>o</sup>	19.41 <sup>l</sup>	111.93 <sup>j</sup>	5.89 <sup>ijkl</sup>	19.19 <sup>k</sup>
H4	113.76 <sup>ghijklm</sup>	16.13 <sup>no</sup>	19.72 <sup>kl</sup>	114.34 <sup>efghij</sup>	5.50 <sup>lmn</sup>	19.01 <sup>l</sup>
H5	119.58 <sup>cdefgh</sup>	17.08 <sup>n</sup>	19.92 <sup>k</sup>	127.87 <sup>a</sup>	5.23 <sup>mn</sup>	19.02 <sup>l</sup>
H6	117.48 <sup>defghij</sup>	18.24 <sup>m</sup>	20.35 <sup>j</sup>	117.43 <sup>efghij</sup>	5.74 <sup>klmn</sup>	19.15 <sup>l</sup>
H7	119.64 <sup>cdefgh</sup>	16.68 <sup>no</sup>	19.87 <sup>k</sup>	113.51 <sup>hij</sup>	6.25 <sup>ijk</sup>	19.35 <sup>ijkl</sup>
H8	118.99 <sup>defghi</sup>	15.85 <sup>o</sup>	19.75 <sup>kl</sup>	117.38 <sup>efghij</sup>	5.67 <sup>klm</sup>	19.27 <sup>ijkl</sup>
H9	116.02 <sup>efghij</sup>	21.16 <sup>hij</sup>	20.46 <sup>ij</sup>	126.51 <sup>ab</sup>	6.97 <sup>h</sup>	19.38 <sup>ijkl</sup>
H10	114.92 <sup>ghijkl</sup>	21.07 <sup>ij</sup>	20.84 <sup>ghi</sup>	126.72 <sup>ab</sup>	6.50 <sup>hi</sup>	19.33 <sup>ijkl</sup>
H11	108.61 <sup>klmn</sup>	21.95 <sup>ghi</sup>	20.70 <sup>hij</sup>	121.51 <sup>bcde</sup>	6.33 <sup>ij</sup>	19.39 <sup>ijkl</sup>
H12	114.38 <sup>ghijklm</sup>	22.13 <sup>fgh</sup>	20.74 <sup>hij</sup>	124.37 <sup>abcd</sup>	6.42 <sup>hi</sup>	19.45 <sup>ijkl</sup>
H13	122.38 <sup>bcde</sup>	23.55 <sup>cd</sup>	21.20 <sup>efg</sup>	117.30 <sup>efghij</sup>	6.44 <sup>hi</sup>	19.89 <sup>efghi</sup>
H14	123.05 <sup>bcd</sup>	22.93 <sup>def</sup>	21.29 <sup>def</sup>	126.42 <sup>ab</sup>	6.31 <sup>ij</sup>	19.71 <sup>ghij</sup>
H15	119.80 <sup>cdefgh</sup>	23.14 <sup>de</sup>	21.20 <sup>efg</sup>	119.82 <sup>defg</sup>	6.44 <sup>hi</sup>	19.94 <sup>fgh</sup>
H16	126.80 <sup>b</sup>	21.65 <sup>ghi</sup>	21.12 <sup>fgh</sup>	125.77 <sup>abc</sup>	6.23 <sup>ijk</sup>	19.98 <sup>fg</sup>
H17	117.58 <sup>defghij</sup>	20.37 <sup>jk</sup>	20.82 <sup>ghi</sup>	120.36 <sup>cdef</sup>	5.41 <sup>lmn</sup>	19.44 <sup>ijkl</sup>
H18	108.21 <sup>lmn</sup>	19.63 <sup>kl</sup>	20.69 <sup>hij</sup>	117.80 <sup>efghij</sup>	5.42 <sup>lmn</sup>	19.39 <sup>ijkl</sup>
H19	118.79 <sup>defghi</sup>	20.18 <sup>jk</sup>	20.70 <sup>hij</sup>	117.03 <sup>efghij</sup>	4.90 <sup>n</sup>	19.32 <sup>ijkl</sup>
H20	120.10 <sup>bcdefg</sup>	19.14 <sup>l</sup>	20.60 <sup>ij</sup>	115.65 <sup>efghij</sup>	5.30 <sup>lmn</sup>	19.64 <sup>ghijk</sup>
H21	123.30 <sup>bcd</sup>	20.55 <sup>jk</sup>	21.07 <sup>fgh</sup>	119.17 <sup>defgh</sup>	5.59 <sup>lm</sup>	19.65 <sup>ghijk</sup>
H22	120.75 <sup>bcdefg</sup>	20.54 <sup>jk</sup>	21.17 <sup>efg</sup>	121.27 <sup>bcde</sup>	5.46 <sup>lmn</sup>	19.48 <sup>hijkl</sup>
H23	112.31 <sup>ijklm</sup>	20.38 <sup>jk</sup>	21.19 <sup>efg</sup>	114.25 <sup>ghij</sup>	5.46 <sup>lmn</sup>	19.45 <sup>ijkl</sup>
H24	113.81 <sup>ghijklm</sup>	20.17 <sup>jk</sup>	21.23 <sup>efg</sup>	117.78 <sup>efghij</sup>	5.18 <sup>mn</sup>	19.45 <sup>ijkl</sup>
H25	111.21 <sup>klmno</sup>	24.60 <sup>ab</sup>	21.68 <sup>cd</sup>	115.14 <sup>efghij</sup>	8.66 <sup>g</sup>	20.10 <sup>efg</sup>
H26	122.43 <sup>bcde</sup>	23.32 <sup>d</sup>	21.38 <sup>def</sup>	118.79 <sup>defghi</sup>	13.97 <sup>c</sup>	21.35 <sup>d</sup>
H27	105.32 <sup>n</sup>	24.81 <sup>a</sup>	21.83 <sup>bc</sup>	116.88 <sup>efghij</sup>	13.09 <sup>d</sup>	21.01 <sup>d</sup>
H28	115.39 <sup>fghijk</sup>	24.53 <sup>ab</sup>	21.92 <sup>bc</sup>	114.53 <sup>fghij</sup>	11.31 <sup>e</sup>	20.97 <sup>d</sup>
H29	136.05 <sup>a</sup>	25.21 <sup>a</sup>	22.12 <sup>b</sup>	116.68 <sup>efghij</sup>	8.51 <sup>g</sup>	20.26 <sup>ef</sup>
H30	126.23 <sup>bc</sup>	22.25 <sup>efg</sup>	21.57 <sup>cde</sup>	120.32 <sup>cdefg</sup>	19.20 <sup>b</sup>	22.78 <sup>c</sup>
H31	114.68 <sup>ghijklm</sup>	24.43 <sup>abc</sup>	22.13 <sup>b</sup>	116.91 <sup>efghij</sup>	23.89 <sup>a</sup>	24.29 <sup>a</sup>
H32	122.06 <sup>bcdef</sup>	23.70 <sup>bcd</sup>	21.94 <sup>bc</sup>	117.29 <sup>efghij</sup>	10.61 <sup>f</sup>	20.49 <sup>e</sup>
Mean	117.62	20.77	20.88	118.87	7.78	19.92
S.D.	6.24	2.91	0.77	4.30	4.31	1.13
Max	136.05	25.21	22.13	127.87	23.89	24.29
Min	105.32	15.85	19.41	111.93	4.90	19.01

<sup>1)</sup> See the Table 1.

<sup>2)</sup> All values are expressed as the mean of triplicate determinations. Means with different superscripts within a column (a-p) are significantly different at  $p < 0.05$  by one-way analysis of variance (ANOVA) using Duncan's multiple range test.

잡쌀 각각 13.33%의 처리에서 수분결합력과 용해도가 각각 136.05 및 25.21%로 높게 나타났다. 팽윤력은 쌀을 혼합하지 않은 시료와 쌀을 70% 혼합한 시료에서 각각 19.41~22.13 및 19.01~24.29%로 처리구별로 유의적인 차이를 나타냈다 ( $p < 0.05$ ). 쌀을 혼합하지 않은 혼합잡곡과 쌀을 70% 혼합한 혼합잡곡의 팽윤력은 31번 처리구인 보리와 기장 18.75%와 검정콩, 팥, 조, 수수, 찹쌀 각각 12.50%를 혼합한 처리에서 각각 22.13 및 24.29%로 가장 높았다. 용해도와 팽윤력은 전분 입자의 결정형 영역과 전분 사슬의 무정형 간의 상호작용의 크기를 평가하는 지표로 알려져 있다(Kim 등 2012). 팽윤력이 낮으면 수분과 전분 입자내의 결합력이 강하다는 것을 의미하며(Leach 등 1959), 전분 용해도, 투명도, 점도와 밀접한 관계를 가지고 전분의 팽윤 성질은 입자내의 미셀구조의 강도와 성질에 크게 영향을 받는다(Lee & Kim 1992). 따라서 잡곡의 혼합비율에 따라 수분결합력, 용해도 및 팽윤력 등 수분특성이 다른 이유는 잡곡의 혼합비율에 따라 전분의 구조나 구성이 다르고, 이화학 성분 차이에 기인한 것으로 생각되며, 추후 이에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다(Woo 등 2016).

## 2. 혼합잡곡밥의 색도

일반밥술 및 압력밥술 등 취반방법에 따른 밥의 색도는 Table 4와 같이 일반밥술으로 취반한 백미밥의 명도, 적색도 및 황색도는 각각 68.42, -1.51 및 2.04이었고, 압력밥술으로 취반한 백미밥은 각각 67.79, -1.89 및 3.88로 조사되었다. 일반밥술으로 취반한 혼합잡곡밥의 명도, 적색도 및 황색도는 각각 47.62~64.89, 0.83~3.54 및 3.33~8.11이었고, 압력밥술으로 취반한 혼합잡곡밥은 각각 42.14~59.52, 1.40~4.22 및 3.93~7.32로 혼합잡곡 처리구별로 색도는 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ). 백미밥에 비해 혼합잡곡을 첨가할 경우, 명도는 감소하고 적색도와 황색도는 증가하는 경향을 보였다. 취반방법별로 H1, H15, H16, H20, H24, H25, H26, H28, H30 처리구의 명도는 일반밥술에 비해 압력밥술으로 취반하였을 경우 유의적으로 낮았으며, 다른 처리구는 유의적인 차이가 없었다. 적색도는 H1, H15, H20, H24, H25, H27, H28, H30 처리구가 일반밥술에 비해 압력밥술으로 취반하였을 경우 유의적으로 높게 나타났고, 다른 처리구는 유의적인 차이가 없었으며, 황색도는 취반방법에 따라 유의적인 차이를 보이지 않았다. Woo 등(2017a)은 시중 유통 혼합잡곡을 첨가하여 일반밥술 및 압력밥술으로 취반한 밥의 명도는 각각 56.86 및 52.16, 적색도는 4.00 및 4.43, 황색도는 5.20 및 5.98로 보고하여 본 연구와 유사한 경향을 보였으며, 약간의 차이는 잡곡의 종류, 품종, 원산지, 재배지의 환경 등에 의한 차이로 생각된다.

**Table 4. The chromaticity of cooked-rice added with mixed grains and cooking methods**

Sample <sup>1)</sup>	Normal cooker			Pressure cooker		
	L-value	a-value	b-value	L-value	a-value	b-value
Con.	68.42 <sup>ad2)</sup>	-1.51 <sup>f</sup>	2.04 <sup>c</sup>	67.79 <sup>a</sup>	-1.89 <sup>c</sup>	3.88 <sup>a</sup>
H1	61.04 <sup>abdefg</sup>	1.01 <sup>dc</sup>	5.35 <sup>abc</sup>	49.22 <sup>b*3)</sup>	2.91 <sup>abcd*</sup>	5.53 <sup>a</sup>
H2	54.71 <sup>ghij</sup>	1.39 <sup>cde</sup>	4.91 <sup>abc</sup>	53.27 <sup>ab</sup>	2.33 <sup>bcd</sup>	4.70 <sup>a</sup>
H3	60.91 <sup>abdefg</sup>	1.32 <sup>cde</sup>	6.21 <sup>abc</sup>	55.77 <sup>ab</sup>	1.48 <sup>d</sup>	4.87 <sup>a</sup>
H4	60.52 <sup>abdefg</sup>	1.62 <sup>cde</sup>	4.40 <sup>abc</sup>	57.00 <sup>ab</sup>	3.60 <sup>abc</sup>	7.32 <sup>a</sup>
H5	57.73 <sup>bcdefg</sup>	1.89 <sup>bode</sup>	6.08 <sup>abc</sup>	54.76 <sup>ab</sup>	1.85 <sup>cd</sup>	5.17 <sup>a</sup>
H6	64.16 <sup>abc</sup>	1.19 <sup>cde</sup>	6.36 <sup>abc</sup>	52.01 <sup>ab*</sup>	3.99 <sup>ab</sup>	4.70 <sup>a</sup>
H7	56.94 <sup>bcdefghi</sup>	1.40 <sup>cde</sup>	6.48 <sup>abc</sup>	57.34 <sup>ab</sup>	1.40 <sup>d</sup>	5.25 <sup>a</sup>
H8	61.75 <sup>abdefg</sup>	2.29 <sup>abcde</sup>	4.09 <sup>abc</sup>	57.57 <sup>ab</sup>	3.25 <sup>abcd</sup>	7.14 <sup>a</sup>
H9	59.18 <sup>bcdefg</sup>	2.37 <sup>abcde</sup>	4.99 <sup>abc</sup>	50.25 <sup>b</sup>	2.57 <sup>abcd</sup>	5.16 <sup>a</sup>
H10	58.24 <sup>bcdefg</sup>	2.07 <sup>abcde</sup>	8.11 <sup>a</sup>	50.64 <sup>ab</sup>	3.16 <sup>abcd</sup>	4.63 <sup>a</sup>
H11	56.28 <sup>cddefghi</sup>	2.16 <sup>abcde</sup>	7.71 <sup>ab</sup>	51.31 <sup>ab</sup>	2.27 <sup>bcd</sup>	4.60 <sup>a</sup>
H12	60.14 <sup>bcdefg</sup>	3.21 <sup>ab</sup>	5.67 <sup>abc</sup>	50.03 <sup>b</sup>	2.23 <sup>bcd</sup>	3.99 <sup>a</sup>
H13	58.86 <sup>bcdefg</sup>	2.59 <sup>abc</sup>	3.33 <sup>bc</sup>	53.19 <sup>ab</sup>	2.83 <sup>abcd</sup>	4.74 <sup>a</sup>
H14	55.64 <sup>defghi</sup>	2.06 <sup>abcde</sup>	4.25 <sup>abc</sup>	53.26 <sup>ab</sup>	4.22 <sup>a</sup>	6.17 <sup>a</sup>
H15	63.75 <sup>abcd</sup>	1.39 <sup>cde</sup>	7.18 <sup>ab</sup>	50.05 <sup>b**</sup>	2.91 <sup>abcd***</sup>	4.49 <sup>a</sup>
H16	63.07 <sup>abdefg</sup>	2.36 <sup>abcde</sup>	4.43 <sup>abc</sup>	53.24 <sup>ab*</sup>	2.18 <sup>bcd*</sup>	4.91 <sup>a</sup>
H17	63.30 <sup>abcde</sup>	1.63 <sup>cde</sup>	6.91 <sup>ab</sup>	58.19 <sup>ab</sup>	1.58 <sup>d</sup>	5.92 <sup>a</sup>
H18	55.51 <sup>defghi</sup>	3.54 <sup>a</sup>	5.33 <sup>abc</sup>	59.05 <sup>ab</sup>	2.05 <sup>cd</sup>	5.60 <sup>a</sup>
H19	58.20 <sup>bcdefg</sup>	1.35 <sup>cde</sup>	4.62 <sup>abc</sup>	53.05 <sup>ab</sup>	2.20 <sup>bcd</sup>	4.04 <sup>a</sup>
H20	57.42 <sup>bcdefgh</sup>	1.87 <sup>bode</sup>	6.41 <sup>abc</sup>	48.82 <sup>*b</sup>	3.68 <sup>abc*</sup>	6.06 <sup>a</sup>
H21	58.43 <sup>bcdefg</sup>	2.13 <sup>abcde</sup>	5.50 <sup>abc</sup>	57.60 <sup>ab</sup>	1.99 <sup>cd</sup>	7.31 <sup>a</sup>
H22	49.24 <sup>ij</sup>	1.59 <sup>cde</sup>	4.11 <sup>abc</sup>	59.52 <sup>ab*</sup>	2.17 <sup>bcd</sup>	5.32 <sup>a</sup>
H23	47.62 <sup>j</sup>	0.83 <sup>c</sup>	3.74 <sup>abc</sup>	53.10 <sup>ab</sup>	2.29 <sup>bcd</sup>	6.15 <sup>a</sup>
H24	59.50 <sup>bcdefg</sup>	2.01 <sup>bode</sup>	5.92 <sup>abc</sup>	50.10 <sup>b*</sup>	2.29 <sup>bcd*</sup>	5.51 <sup>a</sup>
H25	64.89 <sup>ab</sup>	1.54 <sup>cde</sup>	8.06 <sup>a</sup>	52.69 <sup>ab*</sup>	1.65 <sup>d**</sup>	5.08 <sup>a</sup>
H26	62.08 <sup>abdefg</sup>	2.48 <sup>abcd</sup>	6.36 <sup>abc</sup>	51.49 <sup>ab*</sup>	2.10 <sup>bcd*</sup>	5.96 <sup>a</sup>
H27	61.79 <sup>abdefg</sup>	2.27 <sup>abcde</sup>	6.11 <sup>abc</sup>	56.47 <sup>ab</sup>	2.51 <sup>abcd*</sup>	7.25 <sup>a</sup>
H28	61.68 <sup>abdefg</sup>	1.47 <sup>cde</sup>	6.87 <sup>ab</sup>	51.47 <sup>ab*</sup>	3.03 <sup>abcd**</sup>	5.75 <sup>a</sup>
H29	54.20 <sup>ghij</sup>	1.93 <sup>bode</sup>	5.37 <sup>abc</sup>	54.56 <sup>ab</sup>	1.51 <sup>d</sup>	4.93 <sup>a</sup>
H30	56.96 <sup>bcdefghi</sup>	1.58 <sup>cde</sup>	5.82 <sup>abc</sup>	42.14 <sup>b**</sup>	2.23 <sup>bcd**</sup>	3.93 <sup>a</sup>
H31	49.52 <sup>hij</sup>	2.47 <sup>abcd</sup>	3.48 <sup>abc</sup>	52.98 <sup>ab</sup>	2.31 <sup>abcd</sup>	6.47 <sup>a</sup>
H32	54.98 <sup>efghij</sup>	2.51 <sup>abcd</sup>	3.85 <sup>abc</sup>	52.14 <sup>ab</sup>	3.14 <sup>abcd</sup>	5.80 <sup>a</sup>
Mean	58.38	1.92	5.56	53.20	2.50	5.45
S.D.	4.28	0.60	1.31	3.62	0.73	0.95
Max	64.89	3.54	8.11	59.52	4.22	7.32
Min	47.62	0.83	3.33	42.14	1.40	3.93

<sup>1)</sup> See the Table 1.

<sup>2)</sup> All values are expressed as the mean of triplicate determinations. Means with different superscripts within a column (<sup>a-j</sup>) are significantly different at  $p < 0.05$  by one-way analysis of variance (ANOVA) using Duncan's multiple range test.

<sup>3)</sup> \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , and \*\*\* $p < 0.001$ ; paired  $t$ -test comparison of two cooking methods (normal and pressure cooker) in cooked-rice added with mixed grains.

### 3. 혼합잡곡밥의 기계적 조직감

밥의 물성은 식미와 밀접한 관련성이 있으며, Tensipresser는 texture analyzer, texturometer 등과 유사하게 밥의 경도, 점성 등 물리적인 특성을 객관적으로 평가하기 위한 기계로, 사람이 밥을 먹을 때 관능적으로 느끼는 저작감을 기계적으로 간편하게 묘사할 수 있는 방법으로 개발되었다(Naito & Ogawa 1998). 취반방법에 따른 밥의 기계적 조직감은 Table 5와 같이 일반밥술으로 취반한 백미밥의 경도, 탄력, 부착성 및 찰기는 각각 105.4, 60.0, 34.9 및 49.5이었으며, 압력밥술으로 취반한 백미밥은 각각 59.9, 43.9, 42.6 및 79.0으로 조사되어 경도와 탄력은 일반밥술에서, 부착성과 찰기는 압력밥술에서 유의적으로 높았다. 일반밥술으로 취반한 혼합잡곡밥의 경도, 탄력, 부착성 및 찰기는 각각 102.2~157.0, 55.1~83.3, 19.3~33.2 및 34.9~50.9, 압력밥술으로 취반한 혼합잡곡밥은 각각 57.2~119.2, 37.9~63.9, 21.4~40.7 및 44.3~72.0으로 혼합잡곡 처리구별로 조직감은 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ), 전체적으로 경도와 탄력은 백미밥에 비해 증가하는 경향을 보였고, 부착성과 찰기는 감소하는 경향을 보였다. 취반방법별로 경도는 압력밥술으로 취반한 H32 처리구(보리, 기장, 수수는 17.65%, 검정콩, 팥, 조, 찹쌀은 11.76% 혼합)가 57.2로 백미밥과 유사한 수치를 보였으며, 취반방법에 따라 경도, 탄력 및 찰기는 일반밥술으로 취반한 혼합잡곡밥이 압력밥술으로 취반한 혼합잡곡밥에 비해 대체적으로 높게 나타났다. Woo 등(2017a)은 시중 유통 혼합잡곡을 첨가하여 일반밥술 및 압력밥술로 취반한 밥의 경도는 각각 122.12 및 55.09, 탄력은 각각 66.90 및 46.67, 부착성은 각각 24.84 및 25.56, 찰기는 각각 37.53 및 46.33으로 보고하여 본 연구와 유사하였으며, 약간의 차이는 잡곡의 종류, 품종, 원산지, 재배지의 환경 등에 의한 차이로 생각된다.

### 4. 취반 전후의 혼합잡곡밥 추출물의 페놀 화합물 함량

식물계에 존재하는 페놀 성분은 항산화, 항암 및 항균 등의 기능을 가지고 있으며(Rice-Evans 등 1997), 곡류의 페놀 성분은 우수한 항산화력을 가지는 것으로 알려져 있다(Middleton & Kandaswami 1994). 혼합잡곡 추출물의 총 폴리페놀 함량은 Fig. 1과 같이 취반 전 백미의 총 폴리페놀 함량은 0.59 mg GAE/g이었으며, 혼합잡곡은 4.46~5.16 mg GAE/g으로 잡곡류의 혼합비율에 따라 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ). 혼합잡곡의 총 폴리페놀이 가장 높은 함량을 보인 처리는 H16 처리구(5.16 mg GAE/g)로 보리, 검정콩, 팥, 조, 찹쌀이 12.50%와 기장 및 수수가 18.75% 혼합한 처리구로 조사되었으며, 전체를 동일 비율(14.30%)로 혼합한 H13 처리구 또한 5.10 mg GAE/g으로 높은 함량을 나타내었다( $p < 0.05$ ). Kim 등(2017a)은 시중 유통 혼합잡곡 제품의 총 폴리페놀 함



**Table 5. The palatability characteristics of cooked-rice added with mixed grains and cooking methods**

Sample <sup>1)</sup>	Normal cooker				Pressure cooker			
	Hardness	Elasticity	Adhesiveness	Stickiness	Hardness	Elasticity	Adhesiveness	Stickiness
Con.	105.4 <sup>bc</sup>	60.0 <sup>bc</sup>	34.9 <sup>a</sup>	49.5 <sup>ab</sup>	59.9 <sup>b***3)</sup>	43.9 <sup>ab***</sup>	42.6 <sup>a**</sup>	79.0 <sup>a***</sup>
H1	107.9 <sup>bc</sup>	58.4 <sup>bc</sup>	33.2 <sup>ab</sup>	47.2 <sup>ab</sup>	77.5 <sup>ab*</sup>	49.3 <sup>ab</sup>	32.0 <sup>abcd</sup>	63.1 <sup>abcd*</sup>
H2	131.3 <sup>abc</sup>	65.1 <sup>abc</sup>	23.1 <sup>bcde</sup>	39.2 <sup>ab</sup>	74.9 <sup>ab***</sup>	45.3 <sup>ab***</sup>	39.7 <sup>ab***</sup>	71.1 <sup>abc***</sup>
H3	129.9 <sup>abc</sup>	73.7 <sup>abc</sup>	23.6 <sup>bcde</sup>	39.3 <sup>ab</sup>	95.7 <sup>ab*</sup>	52.6 <sup>ab*</sup>	29.1 <sup>abcd</sup>	55.4 <sup>bcd*</sup>
H4	115.0 <sup>abc</sup>	58.5 <sup>bc</sup>	26.0 <sup>abcde</sup>	41.6 <sup>ab</sup>	101.4 <sup>ab</sup>	58.2 <sup>ab</sup>	26.8 <sup>bcd</sup>	53.7 <sup>bcd</sup>
H5	142.0 <sup>abc</sup>	70.6 <sup>abc</sup>	24.3 <sup>abcde</sup>	42.1 <sup>ab</sup>	102.3 <sup>ab*</sup>	56.9 <sup>ab</sup>	28.7 <sup>abcd</sup>	60.3 <sup>abcd*</sup>
H6	113.1 <sup>abc</sup>	58.2 <sup>bc</sup>	25.9 <sup>abcde</sup>	40.4 <sup>ab</sup>	80.5 <sup>ab*</sup>	48.6 <sup>ab</sup>	30.8 <sup>abcd</sup>	60.0 <sup>abcd**</sup>
H7	127.2 <sup>abc</sup>	65.4 <sup>abc</sup>	27.6 <sup>abcde</sup>	38.8 <sup>ab</sup>	90.8 <sup>ab*</sup>	56.6 <sup>ab</sup>	27.1 <sup>bcd</sup>	56.9 <sup>abcd**</sup>
H8	153.1 <sup>a</sup>	74.6 <sup>abc</sup>	24.6 <sup>abcde</sup>	38.4 <sup>ab</sup>	101.8 <sup>ab***</sup>	54.0 <sup>ab**</sup>	27.5 <sup>abcd</sup>	57.2 <sup>abcd*</sup>
H9	143.7 <sup>abc</sup>	68.5 <sup>abc</sup>	27.4 <sup>abcde</sup>	47.8 <sup>ab</sup>	66.7 <sup>ab***</sup>	43.2 <sup>ab***</sup>	33.7 <sup>abcd</sup>	60.9 <sup>abcd*</sup>
H10	153.3 <sup>a</sup>	73.4 <sup>abc</sup>	23.3 <sup>bcde</sup>	39.6 <sup>ab</sup>	73.5 <sup>ab***</sup>	47.4 <sup>ab*</sup>	34.0 <sup>abcd*</sup>	60.6 <sup>abcd*</sup>
H11	121.3 <sup>abc</sup>	61.7 <sup>abc</sup>	30.4 <sup>abcde</sup>	45.9 <sup>ab</sup>	114.5 <sup>ab</sup>	61.0 <sup>a</sup>	21.4 <sup>d*</sup>	45.9 <sup>d</sup>
H12	140.1 <sup>abc</sup>	70.4 <sup>abc</sup>	28.7 <sup>abcde</sup>	45.1 <sup>ab</sup>	86.4 <sup>ab**</sup>	48.3 <sup>ab**</sup>	26.2 <sup>bcd</sup>	53.0 <sup>bcd</sup>
H13	145.0 <sup>abc</sup>	76.7 <sup>abc</sup>	22.6 <sup>bcde</sup>	36.7 <sup>ab</sup>	100.6 <sup>ab*</sup>	57.1 <sup>ab*</sup>	30.5 <sup>abcd</sup>	54.9 <sup>bcd*</sup>
H14	135.7 <sup>abc</sup>	67.0 <sup>abc</sup>	25.2 <sup>abcde</sup>	45.0 <sup>ab</sup>	91.7 <sup>ab*</sup>	50.0 <sup>ab*</sup>	34.6 <sup>abcd*</sup>	54.0 <sup>bcd</sup>
H15	108.9 <sup>bc</sup>	57.1 <sup>c</sup>	30.8 <sup>abcd</sup>	42.0 <sup>ab</sup>	76.5 <sup>ab*</sup>	48.6 <sup>ab*</sup>	32.8 <sup>abcd</sup>	65.3 <sup>abcd**</sup>
H16	138.1 <sup>abc</sup>	78.1 <sup>abc</sup>	22.3 <sup>bcde</sup>	34.9 <sup>b</sup>	68.1 <sup>ab***</sup>	45.1 <sup>ab**</sup>	38.7 <sup>abc***</sup>	72.0 <sup>ab***</sup>
H17	138.7 <sup>abc</sup>	69.4 <sup>abc</sup>	21.9 <sup>bcde</sup>	41.8 <sup>ab</sup>	118.7 <sup>a</sup>	63.9 <sup>a</sup>	23.6 <sup>cd</sup>	44.3 <sup>d</sup>
H18	118.1 <sup>abc</sup>	59.4 <sup>bc</sup>	24.1 <sup>abcde</sup>	39.6 <sup>ab</sup>	119.2 <sup>a</sup>	62.8 <sup>a</sup>	24.2 <sup>cd</sup>	48.9 <sup>bcd</sup>
H19	105.7 <sup>bc</sup>	55.1 <sup>c</sup>	31.3 <sup>abcd</sup>	50.9 <sup>a</sup>	91.4 <sup>ab</sup>	53.9 <sup>ab</sup>	32.7 <sup>abcd</sup>	59.2 <sup>abcd</sup>
H20	102.2 <sup>c</sup>	60.9 <sup>abc</sup>	27.1 <sup>abcde</sup>	46.7 <sup>ab</sup>	68.3 <sup>ab*</sup>	42.8 <sup>ab*</sup>	40.7 <sup>ab***</sup>	71.2 <sup>abc***</sup>
H21	147.7 <sup>b</sup>	83.3 <sup>a</sup>	20.2 <sup>de</sup>	39.8 <sup>ab</sup>	104.9 <sup>ab*</sup>	57.3 <sup>ab*</sup>	24.4 <sup>cd</sup>	50.9 <sup>bcd</sup>
H22	118.2 <sup>abc</sup>	62.6 <sup>abc</sup>	23.9 <sup>abcde</sup>	41.8 <sup>ab</sup>	118.2 <sup>a</sup>	59.6 <sup>a</sup>	23.5 <sup>cd</sup>	47.5 <sup>cd</sup>
H23	117.6 <sup>abc</sup>	61.9 <sup>abc</sup>	31.9 <sup>abc</sup>	49.7 <sup>ab</sup>	92.9 <sup>ab</sup>	56.6 <sup>ab</sup>	29.1 <sup>abcd</sup>	55.4 <sup>bcd</sup>
H24	134.7 <sup>abc</sup>	69.4 <sup>abc</sup>	20.8 <sup>cde</sup>	40.3 <sup>ab</sup>	108.8 <sup>ab</sup>	60.0 <sup>a</sup>	28.7 <sup>abcd*</sup>	57.0 <sup>abcd*</sup>
H25	125.4 <sup>abc</sup>	64.7 <sup>abc</sup>	25.8 <sup>abcde</sup>	46.9 <sup>ab</sup>	105.5 <sup>ab</sup>	57.7 <sup>ab</sup>	28.9 <sup>abcd</sup>	58.2 <sup>abcd</sup>
H26	137.9 <sup>abc</sup>	62.0 <sup>abc</sup>	21.0 <sup>cde</sup>	42.4 <sup>ab</sup>	79.6 <sup>ab**</sup>	48.7 <sup>ab*</sup>	35.3 <sup>abcd**</sup>	63.4 <sup>abcd**</sup>
H27	127.2 <sup>abc</sup>	71.3 <sup>abc</sup>	25.8 <sup>abcde</sup>	45.8 <sup>ab</sup>	96.3 <sup>ab*</sup>	55.0 <sup>ab*</sup>	31.4 <sup>abcd</sup>	61.3 <sup>abcd*</sup>
H28	130.6 <sup>abc</sup>	70.9 <sup>abc</sup>	21.9 <sup>bcde</sup>	39.2 <sup>ab</sup>	63.1 <sup>ab***</sup>	45.0 <sup>ab***</sup>	35.9 <sup>abcd**</sup>	61.6 <sup>abcd**</sup>
H29	157.0 <sup>a</sup>	83.2 <sup>a</sup>	19.3 <sup>e</sup>	41.0 <sup>ab</sup>	94.3 <sup>ab**</sup>	58.6 <sup>ab**</sup>	32.8 <sup>abcd*</sup>	57.0 <sup>abcd*</sup>
H30	129.8 <sup>abc</sup>	65.6 <sup>abc</sup>	27.4 <sup>abcde</sup>	44.9 <sup>ab</sup>	95.3 <sup>ab*</sup>	54.1 <sup>ab*</sup>	32.6 <sup>abcd</sup>	58.1 <sup>abcd*</sup>
H31	122.3 <sup>abc</sup>	66.2 <sup>abc</sup>	27.9 <sup>abcde</sup>	44.9 <sup>ab</sup>	105.3 <sup>ab</sup>	54.3 <sup>ab*</sup>	28.3 <sup>abcd</sup>	54.4 <sup>bcd*</sup>
H32	153.8 <sup>a</sup>	80.5 <sup>ab</sup>	25.1 <sup>abcde</sup>	45.6 <sup>ab</sup>	57.2 <sup>b***</sup>	37.9 <sup>b***</sup>	37.0 <sup>abc**</sup>	61.3 <sup>abcd*</sup>
Mean	130.4	67.6	25.4	42.7	91.3	52.8	30.7	57.9
SD	15.0	7.6	3.5	3.8	17.1	6.4	4.9	6.7
Max	157.0	83.3	33.2	50.9	119.2	63.9	40.7	72.0
Min	102.2	55.1	19.3	34.9	57.2	37.9	21.4	44.3

<sup>1)</sup> See the Table 1.

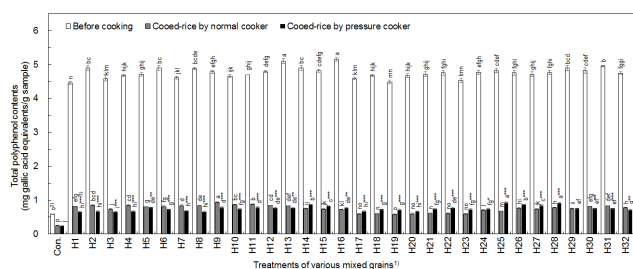
<sup>2)</sup> All values are expressed as the mean of triplicate determinations. Means with different superscripts within a column (<sup>a-c</sup>) are significantly different at  $p < 0.05$  by one-way analysis of variance (ANOVA) using Duncan's multiple range test.

<sup>3)</sup> \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , and \*\*\* $p < 0.001$ ; paired  $t$ -test comparison of two cooking methods (normal and pressure cooker) in cooked-rice added with mixed grains.

량이 817.14~2,524.29  $\mu\text{g GAE/g}$ 의 범위로 보고하였고, 가장 높은 함량을 보인 제품은 찹쌀(20.01%), 현미(23.25%), 유색미(19.99%), 보리(21.50%), 콩(7.27%), 팥(2.43%), 조(2.04%), 수수

(3.51%) 등이 함유되어 있는 것으로 보고하였다.

일반밥술과 압력밥술으로 취반한 혼합잡곡밥의 총 폴리페놀 함량은 Fig. 1과 같이 백미밥의 총 폴리페놀 함량은 각

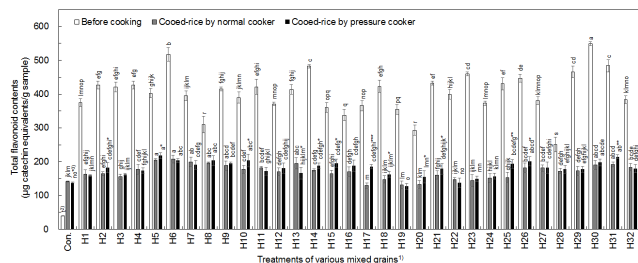


**Fig. 1. Total polyphenol contents of ethanolic extracts on the cooked-rice added with mixed grains and cooking methods.** <sup>1)</sup> See the Table 1. <sup>2)</sup> Means in the same group with the different letters (<sup>a-p</sup>) are significantly ( $p < 0.05$ ) different by one-way analysis of variance (ANOVA) using Duncan's multiple range test. <sup>3)</sup> \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$  and, \*\*\*  $p < 0.001$ ; paired  $t$ -test comparison of two cooking methods (normal and pressure cooker) in cooked-rice added with mixed grains.

각 0.25 및 0.24 mg GAE/g으로 나타났으며, 혼합잡곡밥은 각각 0.58~0.93 및 0.65~0.96 mg GAE/g으로 잡곡류의 혼합비율에 따라 유의적인 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 혼합잡곡밥의 총 폴리페놀이 가장 높은 함량을 보인 처리는 일반밥술과 압력밥술에서 각각 H9 처리구(0.93mg GAE/g)와 H25 처리구(0.96 mg GAE/g)로 조사되었으며, H9 처리구는 보리, 검정콩, 조, 기장, 수수, 찹쌀은 15.38%, 팥은 7.69% 혼합한 처리이고, H25 처리구는 보리는 21.43%, 검정콩, 조, 기장, 수수, 찹쌀은 14.29%, 팥은 7.14% 혼합한 처리구로, 총 폴리페놀 함량이 높은 처리는 보리, 검정콩, 수수 등 기준에 페놀 성분이 많이 함유되어 있는 것으로 보고된 작물이 많이 혼합된 처리로 조사되었다(Woo 등 2017a, 2018a, 2018b). 일반밥술과 압력밥술으로 취반한 혼합잡곡밥의 총 폴리페놀 함량은 H29 처리구를 제외하고, 취반방법에 따라 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다. 처리구별로 H1~H13과 H30~H32 처리구는 압력밥술에 비해 일반밥술로 취반한 혼합잡곡밥이 높았고, H14~H28 처리구는 압력밥술로 취반한 혼합잡곡밥이 높았는데, 이는 혼합된 잡곡에 함유되어 있는 각각의 성분들이 취반 과정에서 열에 대한 안정성 정도에 따라 함량의 차이를 보이는 것으로 생각된다(Lee 등 2016). Woo 등(2017a)은 시중 유통 혼합잡곡을 30% 첨가하여 일반밥술과 압력밥술로 취반한 혼합잡곡밥의 총 폴리페놀 함량은 7.56~25.38 및 7.93~23.94 mg GAE/100 g으로 보고하여 본 연구보다 낮은 것으로 보고하였고, 찹쌀(20.01%), 현미(23.25%), 유색미(19.99%), 보리(21.50%), 콩(7.27%), 팥(2.43%), 조(2.04%), 수수(3.51%) 등이 함유된 제품이 일반 및 압력밥술로 취반 후 25.38 및 23.94 mg GAE/100 g으로 높은 함량을 보이는 것으로 보고하였다.

혼합잡곡 추출물의 총 플라보노이드 함량은 Fig. 2와 같이 취반 전 백미의 총 플라보노이드 함량은 39.28  $\mu\text{g CE/g}$ 으로 나타났으며, 혼합잡곡은 250.74~548.89  $\mu\text{g CE/g}$ 으로 잡곡류의 혼합비율에 따라 유의적인 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 혼합잡곡의 총 플라보노이드가 가장 높은 함량을 보인 처리는 H30 처리구(548.89  $\mu\text{g CE/g}$ )로 보리와 수수는 18.75%, 검정콩, 팥, 조, 기장, 찹쌀은 12.50% 혼합한 처리로 조사되었다. Kim 등 (2017a)은 시중 유통 혼합잡곡 제품의 총 플라보노이드 함량이 106.36~1,099.09  $\mu\text{g CE/g}$ 의 범위로 보고하였고, 가장 높은 함량을 보인 제품은 찹쌀(10.90%), 현미(31.16%), 유색미(6.93%), 보리(31.52%), 콩(10.64%), 팥(3.03%), 조(1.64%), 기장(1.63%), 수수(1.22%), 옥수수(1.34%) 등이 함유되어 있는 것으로 보고하였고, 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 높은 제품들은 현미, 유색미, 보리, 검정콩 등의 작목이 많이 포함되어 있는 것으로 보고하였다.

일반밥술 및 압력밥술로 취반한 혼합잡곡밥의 총 플라보노이드 함량은 Fig. 2와 같이 백미밥의 총 플라보노이드 함량은 141.41  $\mu\text{g CE/g}$ 으로 나타났으며, 혼합잡곡밥은 각각 129.26~207.04 및 127.41~218.15  $\mu\text{g CE/g}$ 으로 잡곡류의 혼합비율에 따라 유의적인 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 혼합잡곡밥의 총 플라보노이드 함량이 가장 높은 함량을 보인 처리는 일반밥술은 H6 처리구로 보리, 팥, 조, 기장, 찹쌀이 14.29%, 검정콩은 7.14%, 수수는 21.43% 혼합한 처리, 압력밥술은 H5 처리구로 보리, 팥, 조, 기장, 수수, 찹쌀이 15.38%, 검정콩은 7.69% 혼합한 처리로 나타났다. 취반방법에 따라 총 플라보노이드 함량은 H2, H5, H10, H14, H15, H17, H18, H20, H21, H25, H26, H31 처리구는 일반밥술에 비해 압력밥술로 취반한 혼합잡곡밥이 유의적으로 높게 나타났는데, 이는 취반과정 중 일반밥술에 비해 압력밥술이 더 높은 열량을 가하게



**Fig. 2. Total flavonoid contents of ethanolic extracts on the cooked-rice added with mixed grains and cooking methods.** <sup>1)</sup> See the Table 1. <sup>2)</sup> Means in the same group with the different letters (<sup>a-t</sup>) are significantly ( $p < 0.05$ ) different by one-way analysis of variance (ANOVA) using Duncan's multiple range test. <sup>3)</sup> \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , and \*\*\*  $p < 0.001$ ; paired  $t$ -test comparison of two cooking methods (normal and pressure cooker) in cooked-rice added with mixed grains.

되어 함량이 증가된 것으로 생각된다(Lee 등 2016). Woo 등 (2017a)은 시중 유통 혼합잡곡을 30% 첨가하여 일반 및 압력밥솥으로 취반한 혼합잡곡밥의 총 플라보노이드 함량은 2.31~11.54 및 3.24~10.36 mg CE/100 g으로 찹쌀(10.71%), 현미(28.57%), 유색미(54.20%), 보리(6.52%) 등이 함유된 제품에서 높은 것으로 보고하였다. 기존 보고와 본 연구의 페놀 성분 함량의 차이는 혼합된 잡곡의 종류, 품종, 원산지, 생산년도, 재배지의 환경 등에 의한 차이로 생각된다.

**5. 취반 전후의 혼합잡곡밥 추출물의 radical 소거활성**

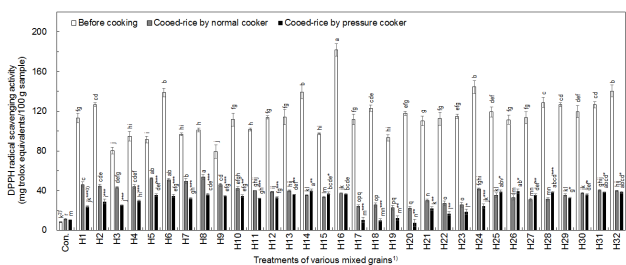
천연물의 항산화 성분에 의해 환원되어 짙은 자색이 탈색됨으로써 항산화 물질의 전자공여능을 측정하는 DPPH radical 소거활성(Moreno 등 2000)은 Fig. 3과 같이 취반 전 백미의 DPPH radical 소거활성은 8.33 mg TE/100 g이었고, 혼합잡곡은 79.25~181.61 mg TE/100 g으로 잡곡류의 혼합비율에 따라 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ). 전자공여능은 지질과산화 연쇄반응에서 산화성 활성 free radical에 전자 공여로 산화를 억제시키며, free radical은 인체 내에서 각종 질병과 세포의 노화를 일으키므로 혼합잡곡에서 항산화제로 작용할 수 있는 물질을 확인할 필요가 있다(Kim 등 2009). 혼합잡곡의 DPPH radical 소거활성이 높은 처리는 H16 처리구(181.61 mg TE/100 g)로 보리, 검정콩, 팥, 조, 찹쌀이 12.50%와 기장 및 수수가 18.75% 혼합한 처리로 조사되었다. Kim 등(2017a)은 시중 유통 혼합잡곡 제품의 DPPH radical 소거활성을 31.91~151.70 mg TE/100 g으로 보고하였으며, 가장 높은 활성을 보인 제품은 찹쌀(20.01%), 현미(23.25%), 유색미(19.99%), 보리(21.50%), 콩(7.27%), 팥(2.43%), 조(2.04%), 수수(3.51%) 등이 함유되어 있는 것으로 보고하

였다.

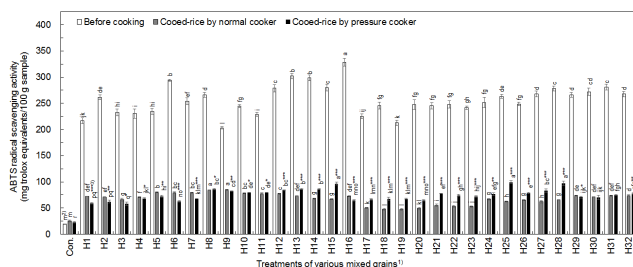
일반밥솥과 압력밥솥으로 취반한 밥의 DPPH radical 소거활성은 Fig. 3과 같이 백미밥의 DPPH radical 소거활성은 각각 11.16 및 10.52 mg TE/100 g이었고, 혼합잡곡밥은 각각 22.07~53.64 및 7.51~39.97 mg TE/100 g으로 잡곡류의 혼합비율에 따라 유의적인 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 일반밥솥으로 취반한 혼합잡곡밥에서 가장 높은 DPPH radical 소거활성을 보인 처리는 H8 처리구(53.64 mg TE/100 g)로 보리, 팥, 조, 찹쌀이 13.33%, 검정콩은 6.67%, 기장과 수수는 20.00% 혼합한 처리로 나타났고, 압력밥솥은 H14 처리구(39.97 mg TE/100 g)로 보리, 검정콩, 팥, 조, 기장, 찹쌀이 13.33%, 수수는 20.00% 혼합한 처리로 나타났다. 취반방법에 따라 DPPH radical 소거활성은 H16 처리구는 유의적인 차이가 없었고, H14, H15, H25~H28 처리구는 일반밥솥에 비해 압력밥솥으로 취반한 혼합잡곡밥이 유의적으로 높았고, 나머지 처리구는 일반밥솥으로 취반한 혼합잡곡밥이 높게 나타났다. Woo 등(2017a)은 시중 유통 혼합잡곡을 30% 첨가하여 일반밥솥과 압력밥솥으로 취반한 혼합잡곡밥의 DPPH radical 소거활성이 각각 4.29~16.38 및 4.40~13.88 mg TE/100 g으로 일반밥솥으로 취반한 경우가 유의적으로 높았고, 찹쌀(8.33%), 현미(50.25%), 유색미(15.90%), 보리(19.72%), 조(1.41%), 콩(1.13%), 팥(1.28%), 수수(1.97%) 등이 함유된 제품으로 취반한 혼합잡곡밥이 높은 활성을 보이는 것으로 보고하였다.

혈장에서 ABTS radical의 흡광도가 항산화제에 의해 억제되는 것에 기초하여 개발된 ABTS radical 소거활성(Woo 등 2018b)은 Fig. 4와 같이 취반 전 백미의 ABTS radical 소거활성은 19.23 mg TE/100 g이었고, 혼합잡곡은 203.25~328.24 mg TE/100 g으로 잡곡류의 혼합비율에 따라 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ). 혼합잡곡의 ABTS radical 소거활성이 높은 처리는 DPPH radical 소거활성과 마찬가지로 H16 처리구(328.24 mg TE/100 g)가 높게 조사되었다. Kim 등 (2017a)은 시중 유통 혼합잡곡 제품의 ABTS radical 소거활성을 28.09~119.92 mg TE/100 g으로 보고하였고, 가장 높은 활성을 보인 제품은 찹쌀(20.01%), 현미(23.25%), 유색미(19.99%), 보리(21.50%), 콩(7.27%), 팥(2.43%), 조(2.04%), 수수(3.51%) 등이 함유되어 있는 것으로 보고하였다.

일반 및 압력밥솥으로 취반한 밥의 ABTS radical 소거활성은 Fig. 4와 같이 백미밥의 ABTS radical 소거활성은 각각 25.02 및 23.19 mg TE/100 g이었고, 혼합잡곡밥은 각각 47.28~84.94 및 58.27~99.51 mg TE/100 g으로 잡곡류의 혼합비율에 따라 유의적인 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 일반밥솥에서 ABTS radical 소거활성이 유의적으로 높은 활성을 보인 혼합잡곡밥은 H8 처리구(84.32 mg TE/100 g; 보리, 팥, 조, 찹쌀이 13.33%, 검정콩은 6.67%, 기장과 수수는 20.00% 혼합)와 H9 처리구



**Fig. 3. DPPH radical scavenging activity of ethanolic extracts on the cooked-rice added with mixed grains and cooking methods.** <sup>1)</sup> See the Table 1. <sup>2)</sup> Means in the same group with the different letters (a-f) are significantly ( $p < 0.05$ ) different by one-way analysis of variance (ANOVA) using Duncan's multiple range test. <sup>3)</sup> \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , and \*\*\*  $p < 0.001$ ; paired *t*-test comparison of two cooking methods (normal and pressure cooker) in cooked-rice added with mixed grains.



**Fig. 4. ABTS radical scavenging activity of ethanolic extracts on the cooked-rice added with mixed grains and cooking methods.** <sup>1)</sup> See the Table 1. <sup>2)</sup> Means in the same group with the different letters (<sup>a-i</sup>) are significantly ( $p < 0.05$ ) different by one-way analysis of variance (ANOVA) using Duncan's multiple range test. <sup>3)</sup> \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , and \*\*\*  $p < 0.001$ ; paired  $t$ -test comparison of two cooking methods (normal and pressure cooker) in cooked-rice added with mixed grains.

(84.94 mg TE/100 g; 보리, 검정콩, 조, 기장, 수수, 찹쌀이 15.38%, 팥이 7.69% 혼합)로 조사되었다( $p < 0.05$ ). 압력밥솥은 H15 처리구(96.79 mg TE/100 g; 보리, 검정콩, 팥, 조, 수수, 찹쌀이 13.33%, 기장은 20.00% 혼합), H25 처리구(99.51 mg TE/100 g; 보리는 21.43%, 검정콩, 조, 기장, 수수, 찹쌀은 14.29%, 팥은 7.14% 혼합), H28 처리구(97.28 mg TE/100 g; 보리, 기장, 수수는 18.75%, 검정콩, 조, 찹쌀은 12.50%, 팥은 6.25% 혼합)가 유의적으로 높은 활성을 나타내었다( $p < 0.05$ ). 취반방법에 따라 ABTS radical 소거활성은 H30, H31 처리구는 유의적인 차이가 없었고, H1~H7, H9, H16, H29 처리구는 압력밥솥에 비해 일반밥솥으로 취반한 혼합잡곡밥이 유의적으로 높았으며, 나머지 처리구는 압력밥솥으로 취반한 혼합잡곡밥이 높게 나타났다. Woo 등(2017a)은 시중 유통 혼합잡곡을 30% 첨가하여 일반밥솥과 압력밥솥으로 취반한 혼합잡곡밥의 ABTS radical 소거활성이 각각 9.57~33.68 및 11.23~33.49 mg TE/100 g 이었고 찹쌀(20.01%), 현미(23.25%), 유색미(19.99%), 보리(21.50%), 콩(7.27%), 팥(2.43%), 조(2.04%), 수수(3.51%) 등이 함유되어 있는 제품으로 취반한 혼합잡곡밥이 높은 활성을 보이는 것으로 보고하였다. 이상의 결과, 기존 보고와 본 연구의 radical 소거활성 차이는 혼합된 잡곡의 종류, 품종, 원산지, 생산년도, 재배지의 환경 등에 의한 차이로 생각된다. 이상의 결과에서 혼합잡곡의 종류와 취반방법에 따라 페놀 화합물 함량과 radical 소거활성을 차이를 보여 가정에서 취반하는 방법이 일반밥솥인지 압력밥솥인지에 따라 잡곡의 종류를 달리할 필요가 있을 것으로 생각되며, 전체적으로 보리, 검정콩, 조, 기장, 수수 등의 잡곡의 함량을 높게 첨가하는 경우, 혼합잡곡밥의 높은 항산화 활성을 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

## 6. 혼합잡곡밥의 아미로그래, 수분특성, 항산화 성분 및 활성 간의 상관관계

보리, 검정콩, 팥, 조, 기장, 수수, 찹쌀을 일정비율로 혼합하여 혼합잡곡의 품질특성과 일반 및 압력밥솥으로 취반한 밥의 항산화 특성 간의 상관관계를 분석한 결과, Table 6과 같이 나타났다. 혼합잡곡의 최고점도, 최저점도, 강하점도, 최종점도 및 치반점도 등 호화특성 측정 항목 간에는 높은 상관성을 보이는 것으로 나타났으며( $p < 0.001$ ), 치반점도는 다른 아미로그래 특성과 부의 상관을 나타내었다. 혼합잡곡의 용해도와 팽윤력은 최저점도( $p < 0.01$ ), 강하점도( $p < 0.05$ ) 및 최종점도( $p < 0.01$ )와는 부의 상관을 보였고, 치반점도와는 정의 상관을 나타내었다( $p < 0.05$ ).

일반밥솥으로 취반한 혼합잡곡밥의 총 폴리페놀 함량은 최고점도, 최저점도 및 최종점도와 부의 상관( $p < 0.01$ )을 보였으며, 총 플라보노이드 함량은 최저점도 및 최종점도와는 부의 상관( $p < 0.01$ ), 총 폴리페놀 함량과는 높은 정의 상관을 나타내었다( $p < 0.001$ ). DPPH radical 소거활성은 총 폴리페놀(0.812,  $p < 0.001$ ) 및 플라보노이드 함량(0.771,  $p < 0.001$ )과 높은 정의 상관을 나타내었다. ABTS radical 소거활성은 최저점도 및 최종점도와는 부의 상관( $p < 0.01$ )을 보였으며, 총 폴리페놀(0.924,  $p < 0.001$ ) 및 플라보노이드 함량(0.850,  $p < 0.001$ ), DPPH radical 소거활성(0.903,  $p < 0.001$ )과 높은 정의 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

압력밥솥으로 취반한 혼합잡곡밥의 총 폴리페놀 함량은 최고점도, 최저점도, 강하점도 및 최종점도와 높은 부의 상관( $p < 0.001$ )을 보였으며, 총 플라보노이드 함량 또한 부의 상관( $p < 0.05$ )을 나타내었고, 용해도와 팽윤력 간에는 정의 상관( $p < 0.05$ )을 나타내었다. DPPH 및 ABTS radical 소거활성은 최고점도, 최저점도, 강하점도 및 최종점도와 높은 부의 상관( $p < 0.001$ )을 보였으며, 치반점도와는 정의 상관( $p < 0.05$ )을 나타내었다. DPPH radical 소거활성은 용해도( $p < 0.05$ ), 팽윤력( $p < 0.05$ ), 총 폴리페놀( $p < 0.01$ ) 및 플라보노이드 함량( $p < 0.001$ )과 정의 상관을 나타내었다. ABTS radical 소거활성은 총 폴리페놀 함량(0.777,  $p < 0.001$ ) 및 DPPH radical 소거활성(0.527,  $p < 0.01$ )과 정의 상관을 나타내었다. 일반 및 압력밥솥으로 취반한 혼합잡곡밥의 페놀 성분과 radical 소거활성 간에 높은 정의 상관관계를 나타내어 천연물에 포함되어 있는 페놀 성분에 의해 radical 소거활성을 나타내는 것으로 볼 때(Choi 등 2007), 혼합잡곡밥의 항산화성은 혼합된 잡곡류의 페놀 성분이 많이 기여한 것으로 생각되며, 어떠한 성분이 활성을 내는지에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## 요약 및 결론

식감과 기능성이 우수한 혼합잡곡의 혼합비율 설정을 위



**Table 6. Correlation coefficients among palatability characteristics, water solubility index (WSI), swelling power (SP), total polyphenol (TPC), flavonoid contents (TFC), and radical scavenging activity (DPPH and ABTS) of the mixed grains and cooked-rice added with treatments of various mixed grains and cookers**

Factor	Palatability characteristics						Normal cooker				Pressure cooker			
	Trough	Break-down	Final	Setback	WSI	SP	TPC	TFC	DPPH	ABTS	TPC	TFC	DPPH	ABTS
Peak	0.960***	0.967***	0.980***	-0.890***	-0.487**	-0.477 <sup>NS</sup>	-0.386*	-0.334 <sup>NS</sup>	0.001 <sup>NS</sup>	-0.336 <sup>NS</sup>	-0.678***	-0.369*	-0.653***	-0.581***
Trough	1.000	0.857***	0.981***	-0.782***	-0.525**	-0.508**	-0.430*	-0.397*	-0.054 <sup>NS</sup>	-0.389*	-0.667***	-0.367*	-0.702***	-0.560***
Breakdown	-	1.000	0.911***	-0.926***	-0.418*	-0.416*	-0.321 <sup>NS</sup>	-0.257 <sup>NS</sup>	0.046 <sup>NS</sup>	-0.268 <sup>NS</sup>	-0.643***	-0.350*	-0.566***	-0.560***
Final	-	-	1.000	-0.798***	-0.470**	-0.451**	-0.445*	-0.384*	-0.055 <sup>NS</sup>	-0.389*	-0.689***	-0.380*	-0.683***	-0.596***
Setback	-	-	-	1.000	0.415*	0.434*	0.175 <sup>NS</sup>	0.117 <sup>NS</sup>	-0.136 <sup>NS</sup>	0.154 <sup>NS</sup>	0.509**	0.233 <sup>NS</sup>	0.431*	0.414*
WSI	-	-	-	-	1.000	0.979***	0.229 <sup>NS</sup>	0.346 <sup>NS</sup>	-0.028 <sup>NS</sup>	0.131 <sup>NS</sup>	0.308 <sup>NS</sup>	0.421*	0.439*	0.175 <sup>NS</sup>
SP	-	-	-	-	-	1.000	0.105 <sup>NS</sup>	0.250 <sup>NS</sup>	-0.147 <sup>NS</sup>	0.028 <sup>NS</sup>	0.333 <sup>NS</sup>	0.354*	0.376*	0.202 <sup>NS</sup>
TPC	-	-	-	-	-	-	1.000	0.796***	0.812***	0.924***	-0.006 <sup>NS</sup>	0.570***	0.702***	0.125 <sup>NS</sup>
Elec- tric cooker	TFC	-	-	-	-	-	-	1.000	0.771***	0.850***	0.143 <sup>NS</sup>	0.709***	0.787***	0.179 <sup>NS</sup>
	DPPH	-	-	-	-	-	-	-	1.000	0.903***	-0.218 <sup>NS</sup>	0.556***	0.582***	-0.068 <sup>NS</sup>
	ABTS	-	-	-	-	-	-	-	-	1.000	0.003 <sup>NS</sup>	0.645***	0.761***	0.142 <sup>NS</sup>
	TPC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.000	0.241 <sup>NS</sup>	0.529**	0.777***
Pres- sure cooker	TFC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.000	0.707***	0.270 <sup>NS</sup>	
	DPPH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.000	0.527**	

<sup>NS</sup> Not significant. Significant at \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$ .

해 보리, 검정콩, 팥, 조, 기장, 수수, 찹쌀 등을 혼합하여 취반 전후의 품질 및 이화학 특성을 조사하였다. 아미로그래프 특성은 혼합잡곡 처리구별로 유의적인 차이를 보였으며, 쌀에 혼합할 경우, 잡곡에 비해 최고점도, 최저점도, 강하점도 및 최종점도는 증가하는 경향을 보였다. 쌀을 혼합하지 않은 잡곡과 쌀을 70% 혼합한 잡곡의 수분결합력은 105.32~136.05 및 111.93~127.87%, 용해도는 각각 15.85~25.21 및 4.90~23.89%, 팽윤력은 각각 19.41~22.13 및 19.01~24.29%로 혼합잡곡 처리구별로 유의적인 차이를 보였다. 혼합잡곡을 일반밥솥으로 취반한 밥의 명도, 적색도 및 황색도는 각각 47.62~64.89, 0.83~3.54 및 3.33~8.11이었고, 압력밥솥으로 취반한 혼합잡곡밥은 각각 42.14~59.52, 1.40~4.22 및 3.93~7.32로 혼합잡곡 처리구별로 색도는 유의적인 차이를 보이는 것으로 나타났다. 일반밥솥으로 취반한 혼합잡곡밥의 경도, 탄력, 부착성 및 찰기는 각각 102.2~157.0, 55.1~83.3, 19.3~33.2 및 34.9~50.9, 압력밥솥으로 취반한 혼합잡곡밥은 각각 57.2~119.2, 37.9~63.9, 21.4~40.7 및 44.3~72.0으로 혼합잡곡 처리구별로 조직감은 유의적인 차이를 보였으며, 전체적으로 백미밥에 비해 경도와 탄력은 증가, 부착성과 찰기는 감소하는 경향을 보였다. 취반 전 혼합잡곡과 일반 및 압력밥솥으로 취반한 혼합잡곡밥의 총 폴리페놀 함량은 각각 4.46~5.16, 0.58~0.93 및 0.65~0.96 mg GAE/g, 총 플라보노이드 함량은 각각 250.74~548.89, 129.26~207.04 및 127.41~218.15 µg CE/g으로 나타났다.

다. DPPH radical 소거활성은 각각 79.25~181.61, 22.07~53.64 및 7.51~39.97 mg TE/100 g, ABTS radical 소거활성은 각각 203.25~328.24, 47.28~84.94 및 58.27~99.51 mg TE/100 g으로 잡곡류의 혼합비율에 따라 유의적인 차이를 보였다. 이상의 결과, 취반방법에 따라 페놀 화합물 함량과 radical 소거활성을 차이를 보여 취반방법에 따라 잡곡의 종류를 달리할 필요가 있을 것으로 생각된다.

## 감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 AGENDA 연구사업(ATIS 과제번호: PJ01175402)의 지원에 의해 이루어진 것임.

## References

- Awika JM, Rooney LW, Wu X, Prior RL, Cisneros-Zevallos L. 2004. Screening methods to measure antioxidant activity of sorghum (*Sorghum bicolor*) and sorghum products. *J Agric Food Chem* 51:6657-6662
- Awika JM, Yang L, Browning JD, Faraj A. 2009. Comparative antioxidant, antiproliferative and phase II enzyme inducing potential of sorghum (*Sorghum bicolor*) varieties. *LWT-Food Sci Technol* 42:1041-1046

- Chae KY, Hong JS. 2006. Quality characteristics of Sulgidduk with different amounts of waxy sorghum flour. *Korean J Food Cook Sci* 22:363-369
- Choi Y, Jeong HS, Lee J. 2007. Antioxidant activity of methanolic extracts from some grains consumed in Korea. *Food Chem* 103:130-138
- Chun A, Song J, Hong HC, Son JR. 2005. Improvement of cooking properties by milling and blending in rice cultivar Goami2. *Korean J Crop Sci* 50:88-93
- Dykes L, Rooney LW, Waniska RD, Rooney WL. 2005. Phenolic compounds and antioxidant activity of sorghum grains of varying genotypes. *J Agric Food Chem* 53:6813-6818
- Dykes L, Rooney LW. 2006. Sorghum and millet phenols and antioxidants. *J Cereal Sci* 44:236-251
- Grimmer HR, Parbhoo V, McGrath RM. 1992. Antimutagenicity of polyphenol-rich fraction from *Sorghum bicolor* grain. *J Sci Food Agric* 59:251-256
- Ha YD, Lee SP. 2001. Characteristics of proteins in Italian millet, sorghum and common millet. *Korean J Postharvest Sci Technol* 8:187-192
- Hawrylewicz EJ, Zapata JJ, Blair WH. 1995. Soy and experimental cancer: Animal studies. *J Nutr* 125:698-708
- Jang HL, Im HJ, Lee Y, Kim KW, Yoon KY. 2012. A survey on the preferences and recognition of multigrain rice by adding grains and legumes. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41:853-860
- Jeong HS, Lee SY, Park NK, Hur HS, Min YK. 1998. Isolation and concentration technique of  $\beta$ -glucan for development of functional foods I. Screening and improvement of quantitative method of  $\beta$ -glucan of barley and oats. *RDA J Agric Sci* 40:81-87
- Jung YJ, Cho YJ, Kim KW, Yoon KY. 2013. Current status and development plan of domestic cereal industry. *Food Preserv Process Industr* 12:31-39
- Kang DS, Cho MG. 2016. Antioxidant activities of mixed grains. *Korean J Food Nutr* 29:635-642
- Kim HJ, Lee JH, Lee BW, Lee YY, Lee BK, Ko JY, Woo KS. 2018b. Effect of cooking methods on phenolic compounds and their radical scavenging activity of cooked mixed grain rice/sorghum mixtures. *J Nutr Food Sci* 8:713
- Kim HJ, Woo KS, Lee JH, Lee BW, Lee YY, Lee BK. 2018a. Antioxidant components and antioxidant activity of black soybean with cooking method and mixing ratio. *J Food Nutr Disor* 7:53
- Kim JE, Joo SI, Seo JH, Lee SP. 2009. 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
- 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. *Korea J Food Cook Sci* 28:813-820
- Kim MJ, Ko JY, Lee KH, Kim HJ, Lee SK, Park HY, Sim EY, Oh SK, Woo KS. 2017a. Quality and antioxidant characteristics of commercially available mixed grains in Korea. *Korean J Food Nutr* 30:31-40
- Kim MJ, Lee KH, Kim HJ, Ko JY, Lee SK, Park HY, Sim EY, Oh SK, Lee CK, Woo KS. 2017c. Quality and antioxidant characteristics of cooked rice influenced by the mixing rate of glutinous rice and cooking methods. *Korean J Crop Sci* 62:96-104
- Kim MJ, Lee KH, Ko JY, Kim HJ, Lee SK, Park HY, Sim EY, Cho DH, Oh SK, Woo KS. 2017b. Effect of cooking methods on cooked and antioxidant characteristics of cooked mixed grain rice with added proso millet. *Korean J Food Nutr* 30:218-225
- Kim YH. 2003. Biological activities of soyasaponins and their genetic and environmental variations in soybean. *Korean J Crop Sci* 48:49-57
- Kim YS, Lee GC. 2006. A survey on the consumption and satisfaction degree of the cooked rice mixed with multi-grain in Seoul, Gyeonggi and Kangwon area. *Korean J Food Cult* 21:661-669
- Ko JY, Song SB, Choe ME, Woo KS, Choi JM, Kwak DY, Kim KY, Jung TW, Ko JC, Oh IS. 2016. Quality characteristics and antioxidant activities of powdery instant porridge by characteristics of endosperm of foxtail millet. *Korean J Food Nutr* 29:465-473
- 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. *Korean Soc Food Sci Nutr* 40:1128-1135
- Kwak CS, Lim SJ, Kim SA, Park SC, Lee MS. 2004. Antioxidative and antimutagenic effects of Korean buckwheat, sorghum, millet, and job's tears. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33:921-929
- Leach HW, McCowen LD, Schoch TJ. 1959. Structure of starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Chem* 36:534-544

- Lee AR, Kim SK. 1992. Gelatinization and gelling properties of legume starches. *J Korean Soc Food Nutr* 21:738-747
- Lee JS, Woo KS, Chun AE, Na JY, Kim KJ. 2009. Waxy rice variety-dependent variations in physicochemical characteristics of sogokju, a Korean traditional rice wine. *Korean J Crop Sci* 54:172-180
- 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
- Lee KH, Kim HJ, Kim MJ, Ko JY, Lee SK, Park HY, Sim EY, Cho DH, Oh SK, Woo KS. 2017a. Physicochemical characteristics and antioxidant effects of cooked rice-added foxtail millet according to cooking method. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 46:442-449
- Lee KH, Kim HJ, Lee SK, Park HY, Sim EY, Cho DH, Oh SK, Lee JH, Ahn EK, Woo KS. 2017b. Effect of cooking methods on cooking and antioxidant characteristics of rice supplemented with different amounts of germinated brown rice. *Korean J Food Sci Technol* 49:311-317
- Lim SB, Kang MS, Jwa MK, Song DJ, Oh YJ. 2003. Characteristics of cooked rice by adding grains and legumes. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32:52-57
- Middleton E, Kandaswami CK. 1994. Potential health-promoting properties of citrus flavonoids. *Food Technol* 48:115-119
- Moreno MIN, Isla IM, Sampietro AR, Vattuone MA. 2000. Comparison of the free radical-savenging activity of propolis from several regions of Argentina. *J Ethnopharmacol* 71:109-114
- Naito S, Ogawa T. 1998. Tensipersser precision in measuring cooked rice adhesiveness. *J Texture Stud* 29:325-335
- Park HS, Ko MS, Kim JT, Oh KW, Pae SB. 1999. Agronomic characteristics of common millet (*Panicum miliaceum* L.) varieties. *Korean J Breed* 31:428-433
- Quershi AA, Burger WC, Prentice N, Bird HR, Sunde ML. 1980. Regulation of lipid metabolism in chicken liver by dietary cereals. *J Nutr* 110:388-393
- Rice-Evans CA, Miller N, Paganga G. 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends Plant Sci* 2:152-159
- Song SB, Ko JY, Kim JI, Lee JS, Jung TW, Kim KY, Kwak DY, Oh IS, Woo KS. 2013. Changes in physicochemical characteristics and antioxidant activity of adzuki bean and adzuki bean tea depending on the variety and roasting time. *Korean J Food Sci Technol* 45:317-324
- Tsuda T, Shiga K, Ohshima K, Kawakishi S, Osawa T. 1996. Inhibition of lipid peroxidation and the active oxygen radical scavenging effect of anthocyanin pigments isolated from *Phaseolus vulgaris* L. *Biochem Pharmacol* 52:1033-1039
- 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
- Woo KS, Kim HJ, Kim MJ, Sim EY, Ko JY, Lee CK, Jeon YH. 2017a. Quality and antioxidant characteristics of cooked rice with various mixed grains in Korea. *Korean J Crop Sci* 62:352-360
- Woo KS, Kim HJ, Lee JH, Ko JY, Lee BW, Lee BK. 2018a. Cooking characteristics and antioxidant activity of rice-barley mix at different cooking method and mixing ratio. *Prev Nutr Food Sci* 23:52-59
- Woo KS, Kim HJ, Lee JH, Lee BW, Lee YY, Lee BK, Ko JY. 2018b. Quality characteristics and antioxidant activities of rice/adzuki bean mixtures cooked using two different methods. *J Food Qual* 2018:4874795
- Woo KS, Kim MJ, Ko JY, Sim EY, Kim HJ, Lee SK, Park HY, Cho DH, Oh SK, Jeon YH, Lee CK. 2017b. Pasting properties and antioxidant characteristics of germinated foxtail millet and proso millet with added cooked rice. *Korean J Food Nutr* 30:482-490
- Woo KS, Song SB, Ko JY, Kim YB, Kim WH, Jeong HS. 2016. Antioxidant properties of adzuki beans, and quality characteristics of sediment according to cultivated methods. *Korean J Food Nutr* 29:134-143
- Woo KS, Song SB, Ko JY, Lee JS, Jung TW, Jeong HS. 2015. Changes in antioxidant contents and activities of adzuki beans according to germination time. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44:687-694
- Yoon MR, Lee JS, Kwak J, Lee JH, Chun JB, Yang CI, Cho JH, Kim MJ, Lee CK, Kim BK, Kim WH. 2015. Starch and pasting characteristics in relation to stickiness of rice cake using glutinous rice varieties. *Korean J Breed Sci* 47:199-208

---

Received 11 August, 2018

Revised 31 August, 2018

Accepted 13 September, 2018