

유색미 이용 죽 적합 품종 선발을 위한 품질특성 평가

김민영 · 박혜영* · 이병원* · 이지윤** · 이유영* · 이진영* · 김미향* · 이병규*** · †김현주*

국립식량과학원 중부작물부 수확후이용과 전문연구원, *국립식량과학원 중부작물부 수확후이용과 농업연수사,
국립식량과학원 남부작물부 논이용작물과 농업연수사, *국립식량과학원 중부작물부 수확후이용과 농업연수사

Evaluation of Quality Characteristics of Colored Rice Depending on Cultivars for Functional Porridge

Min Young Kim, Hye-Young Park*, Byong Won Lee*, Ji Yoon Lee**, Yu-Young Lee*,
Jin Young Lee*, Mi Hyang Kim*, Byoungkyu Lee*** and †Hyun-Joo Kim*

Post-Doctor, Dept. of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16613, Korea

*Researcher, Dept. of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16613, Korea

**Researcher, Dept. of Southern Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Miryang 50424, Korea

***Senior Researcher, Dept. of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16613, Korea

Abstract

This study was conducted to explore the quality characteristics of colored rice depending on the cultivars (Jeogjinu, Josaengheugchal, Joeunheukmi, Heukjinjubyeo, Hongjinju, Heukjinmi, Geongganghongmi) for porridge. The moisture, crude protein, lipid, ash, amylose and damaged starch contents of colored rice ranged from 10.05~11.23%, 7.72~8.69%, 2.68~3.26%, 1.62~1.88%, 6.29~20.31% and 5.06~8.26%, respectively. The highest moisture (11.23%), crude protein (8.69%), lipid (3.26%) and ash (1.88%) contents of colored rice were detected in Heukjinjubyeo, Joeunheukmi, Josaengheugchal and Heukjinmi, respectively. The lowest amylose and damaged starch contents of colored rice were detected in Josaengheugchal and Joeunheukmi, respectively. In general, the water binding capacity, water solubility and swelling power of Heukjinmi were greater than those of the other cultivars. The investigation of the pasting properties (peak, trough, break down, final and setback viscosity, peak time, pasting temperature) of colored rice indicated a low value in Josaengheugchal. The lowest hardness (13,673.25 g) of colored rice was observed in Heukjinjubyeo while the highest digestibility (5.44 glucose mg/g) of colored rice was observed in Josaengheugchal. These results indicated that Josaengheugchal are suitable cultivars for porridge.

Key words: colored rice, cultivars, porridge, quality characteristics

서론

죽은 인류 식생활의 곡류 조리식의 한 유형으로서, 식문화에서 중요한 위치를 차지해왔다. 오래 전부터 발달해온 죽 문화는 오늘날에는 구황식 의미로서의 사용은 거의 없어져가고, 그 재료나 조리법에 따라 용도가 다양해지고 있으며 (Zhang 등 2002), 죽에 대한 인식도가 높아져 죽의 이용과 사용범위가 아침대용식, 유아식, 환자식, 건강식, 별미식, 간편

식으로까지 확대되고 있다(Yoon & Heo 2008). 쌀(*Oryza sativa* L.)은 세계 인구 과반수가 주식으로 이용하는 세계 3대 식량 자원의 하나로서 죽의 주원료로 이용되고 있다. 쌀의 주성분은 전분이며, 단백질, 지방, 섬유질, 회분, 무기질 등의 영양소가 풍부하고(Lee NY 2012), 쌀의 영양성분 및 품질특성은 품종 및 재배지역에 따라 차이가 있다. 또한 쌀의 성분 및 품질 특성은 밥 및 죽을 제조하였을 때 물리적 특성 및 가공 적성에 영향을 준다고 알려져 있다. Lee 등(2017)의 보고에 따라

† Corresponding author: Hyun-Joo Kim, Researcher, Dept. of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 16613, Korea. Tel: +82-31-695-0614, Fax: +82-31-695-0609, E-mail: tlrtod@korea.kr

면 쌀의 단백질 및 아밀로스 함량, 수분결합력, 용해도, 팽윤력 및 경도 등의 원료특성은 죽을 제조하였을 때 점도, 조직감 및 관능특성에 영향을 준다고 하였다. 그밖에 죽에 관한 연구로 은행(Kim 등 2004), 뽕잎(Kim 등 2017) 및 홍국미(Kim 등 2015) 등을 첨가한 기능성 죽의 품질특성평가, 쌀 농도에 따른 죽의 이화학적 특성(Yang 등 2007), 느타리버섯과 현미를 이용한 죽석죽의 제조조건 최적화(Lee 등 1997) 등이 보고되었다.

한편, 기능성 식품에 대한 사회적 관심 증가로 쌀에 있어서도 현미를 비롯하여 유색미와 같은 특수미의 섭취가 증가하고 있다(Slavin 등 1999). 유색미는 차진 맛과 독특한 향미를 지녔을 뿐 아니라, 일반미와는 달리 현미 상태로 도정하여 사용하기 때문에 식이섬유, 비타민, 무기질 등의 영양소 함량이 우수할 뿐만 아니라, 적갈색, 흑자색, 녹색 등의 과피에는 안토시아닌, 탄닌과 같은 다양한 천연색소를 함유하고 있다(Huang & Lai 2016). 특히 흑미는 페놀화합물을 비롯한 플라보노이드, 안토시아닌, 감마오리자놀 등의 기능성분을 함유하고 있어 강한 산화방지 활성이 있고(Hou 등 2013), 적미는 탄닌계 색소뿐만 아니라, 카테킨 및 카테콜 탄닌 등의 다양한 기능성분을 함유하고 있다고 보고되었으며(Gunaratne 등 2013), 콜레스테롤 흡수 억제(Yao 등 2013), 항암활성(Suganyadevi 등 2013) 및 항노화 효과(Choi & Lee 2018) 등의 생리활성이 다양하게 분포한다고 알려짐에 따라서 유색미를 활용하기 위한 다양한 연구들이 이루어졌다. 유색미의 취반 특성에 관한 연구(Cho 등 2017)를 비롯하여, 전분구조 및 이화학적 특성에 관한 연구(Park 등 2016), 유색미를 이용한 떡의 제조(Park 등 2002), 유색미를 제빵에 이용한 연구(Hwang & Kim 2000), 유색미로 쌀과자(Kim 등 2006)를 제조한 다음 이에 대한 이화학적 품질 평가 등이 수행되었다.

현재까지 쌀 가공제품의 기능성 향상을 위하여 유색미를 활용하고자 하는 연구는 다양하게 진행되었지만, 죽 제조를 위한 품종별 유색미의 품질특성에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 유색미를 이용하여 죽을 제조하였을 때 적합한 품종을 선발하기 위한 기초기반 연구로 국내에서 육성된 적진주, 조생흑찰, 조은흑미, 흑진주벼, 홍진주, 흑진미 및 건강홍미 등 7품종에 대한 품질을 평가하여 죽 가공제품 제조를 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 연구에서 사용한 유색미는 총 7종으로서 국립식량과학원 증부작물부(경기 수원) 및 남부작물부(경남 밀양) 시험용 포장에서 2017년도에 재배, 수확한 것을 사용하였다. 유색미

7품종 중 조생종으로는 적진주, 조생흑찰, 조은흑미 및 흑진주벼로 4종, 중생종으로는 홍진주 및 흑진미로 2종, 중만생종으로는 건강홍미로 1종을 분석하였다. 종피에 색이 있는 유색미는 일반적으로 현미 상태로 가공 또는 섭취하기 때문에 이러한 유색미의 이용특성을 반영하여 현미를 시험재료로 이용하였다. 즉, 분석시료는 제현기(Model SY88-TH, Ssangyong Ltd., Incheon, Korea)를 이용하여 왕겨를 분리한 현미를 시료로 사용하였다.

2. 일반성분 분석

일반성분(수분, 회분, 지방, 단백질) 분석은 AOAC 방법(AOAC 2000)에 의하여 정량하였다. 수분은 건조기(DS-80-S, Dasol scientific Co., Ltd, Hwaseong, Korea)를 이용한 105°C 상압가열건조법, 회분은 직접 회화법으로 전기회화로(DS-84E)를 이용하여 600°C에서 5시간동안 회화시킨 후 측정하였다. 지질은 에틸에테르를 용매로 Soxhlet 추출기(Soxtex System HT 1043 extraction unit, Foss Tecator, Hoganas, Sweden)로 분석하였고, 단백질은 Kjeldahl 법으로 자동 단백질 분석기(Kjeltec 2400 AUT, Foss Tecator, Mulgrave, Australia)로 측정하였다.

3. 아밀로스 및 손상전분 함량 분석

아밀로스 함량은 Juliano BO(1985)의 비색정량법에 따라 시료 100 mg에 95% ethanol과 1 N sodium hydroxide를 가하고, 100°C에서 호화시킨 후 냉각시켰다. 호화액에 1 N acetic acid와 2% I₂-KI 용액을 첨가하여 정색반응을 시킨 후, 분광광도계(UV Spectrophotometer 1601, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 이용하여 620 nm의 파장에서 흡광도를 측정하였다. 손상전분 함량은 Gibson 등(1997)의 방법에 준하여 starch damage assay kits(Megazyme International Ltd., Wicklow, Ireland)를 사용하여 측정하였다.

4. 수분결합력

수분결합력은 Medcalf DF(1965)의 방법에 준하여 측정하였다. 즉, 시료 1 g에 증류수 40 mL를 가하여 교반기를 사용하여 실온에서 1시간동안 교반한 다음, 966×g에서 30분간 원심분리한 후, 분리된 상징액을 제거한 후 침전된 무게를 측정하였다. 수분결합력은 다음 식에 의해 계산하였다.

수분결합력(%) =

$$\frac{\text{침전된 시료의 무게(g)} - \text{처음 시료의 무게(g)}}{\text{처음 시료의 무게(g)}} \times 100$$

5. 용해도 및 팽윤력

용해도 및 팽윤력은 Schoch & Leach(1964)의 방법을 이용하였다. 시료 0.5 g을 원심분리관에 넣고 증류수 40 mL를 넣

어 잘 분산시킨 후, 80°C에서 30분간 반응시킨 후 냉각시켰다. 냉각된 시료는 2,683×g에서 40분간 원심분리한 후, 상징액은 미리 항량으로 건조시킨 용기에 부어 105°C에서 건조한 다음 측정할 무게를 이용하여 용해도를 구하였다. 또한 원심분리에 의해 침전된 잔사의 무게를 측정하여 팽윤력을 산출하였다.

$$\text{용해도(\%)} = \frac{\text{상징액의 건조무게(g)}}{\text{시료의 무게(g)}} \times 100$$

$$\text{팽윤력} = \frac{\text{침전된 전분의 무게(g)}}{\text{처음 시료의 무게} \times (100 - \% \text{용해도})} \times 100$$

6. 호화특성

호화특성은 Kim 등(2012)의 방법에 준하여 신속점도측정계(Rapid Visco Analyzer, Model RVA-3D, Newport Scientific, Warriewood, Australia)로 분석하였다. 시료를 60 mesh 이상으로 분쇄한 후, 3 g을 칭량하여 알루미늄 캔 용기에 투입하고, 25 mL의 증류수에 분산시켜 50°C에서 1분간 유지시킨 후 50°C에서 95°C까지 3.48분 동안 상승시키고, 95°C에서 2.05분간 유지시켰다. 그 후, 다시 3.48분 동안에 50°C로 냉각시키면서 점도 특성을 분석하였다. 총 실험 시간은 약 13분이며, 실험 후 최고점도(peak viscosity), 최저점도(trough), 강하점도(break down), 최종점도(final viscosity) 및 치반점도(set back)를 측정하여 특성을 비교하였다.

7. 색도 및 경도

색도는 색차계(CR-300, Minolta Co., Ltd., Osaka, Japan)를 이용하여 측정하였으며, 명도(L), 적색도(a) 및 황색도(b)를 Hunter 값으로 나타냈다. 경도는 형태가 균일한 것만을 취하여 Texture analyzer(TestXpert II, Zwick Roell, Ulm, Germany)를

이용하였으며, 측정조건은 Pre-test speed 2 mm/sec, Post-test speed 2 mm/sec, Strain 20%, Probe diameter 4 mm의 조건으로 압축하여 경도를 측정하였다.

8. 전분 소화율

In vitro 소화율은 Englyst 등(1992)의 방법을 일부 변형하여 측정하였다. 시료 100 mg에 sodium acetate buffer(0.5 M, pH 5.2) 4 mL를 혼합한 후 porcine pancreatic α -amylase(Sigma, St. Louis, MO, USA), amyloglucosidase(Sigma, St. Louis, MO, USA)와 직경 4 mm의 유리구슬 15개를 첨가하였고, 37°C의 water bath에서 170 rpm의 속도로 0, 10, 20, 60, 120, 240분 동안 반응하였다. 240분 동안 반응시킨 시료 0.1 mL를 취하여 50% 에탄올 1 mL와 혼합하였으며, 1,500×g에서 10 분간 원심분리한 후 용출된 glucose 함량을 glucose oxidase-peroxidase (GOPOD) kit(Megazyme, Bray, Co. Wicklow, Ireland)를 이용하여 측정하였다.

9. 통계분석

통계분석은 SPSS 통계프로그램(Statistical Package for the Social Science, Ver. 12.0 SPSS Inc., Chicago, USA)을 이용하여 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하고, 품종간의 차이 유무를 one-way ANOVA(analysis of variance)로 분석한 뒤 신뢰구간 $p < 0.05$ 에서 Duncan's multiple range test를 이용하여 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 일반성분

품종에 따른 유색미의 일반성분 분석결과는 Table 1과 같다. 수분함량은 10.05~11.23% 범위로 나타났으며, 흑진주벼가 11.23%로 가장 높은 수분함량을 보였다($p < 0.05$). 조단백질

Table 1. Component characteristics of colored rice depending on cultivars

Cultivars	Proximate contents (%)					
	Moisture	Protein	Lipid	Ash	Amylose	Damaged starch
Jeogjinu	10.13±0.04 ^e	8.20±0.03 ^d	2.92±0.04 ^c	1.64±0.01 ^{de}	19.76±0.14 ^b	6.47±0.04 ^b
Josaengheugchal	10.23±0.05 ^d	8.66±0.05 ^{ab}	3.26±0.01 ^a	1.62±0.02 ^c	6.29±0.09 ^c	6.20±0.04 ^d
Joeunheukmi	10.05±0.04 ^f	8.69±0.01 ^a	2.99±0.04 ^b	1.66±0.02 ^{cd}	18.53±0.05 ^c	5.06±0.07 ^f
Heukjinjubyeo	11.23±0.01 ^a	8.64±0.05 ^{ab}	2.84±0.05 ^d	1.79±0.01 ^b	17.66±0.20 ^d	5.98±0.07 ^c
Hongjinju	10.40±0.03 ^c	8.37±0.13 ^c	2.74±0.04 ^c	1.62±0.01 ^e	20.31±0.08 ^a	6.36±0.04 ^c
Heukjinmi	10.42±0.02 ^c	7.72±0.01 ^e	2.96±0.01 ^{bc}	1.88±0.04 ^a	19.94±0.16 ^b	8.26±0.03 ^a
Geongganghongmi	10.92±0.05 ^b	8.56±0.04 ^b	2.68±0.01 ^c	1.69±0.01 ^c	20.28±0.05 ^a	6.46±0.04 ^b

Values are mean±S.D. of three replicates.

^{a-f} Different small letters in the same items indicate a significant difference ($p < 0.05$) among cultivars of colored rice.

함량은 품종에 따라 7.72~8.69%의 범위로 나타났으며, 조은흑미, 조생흑찰, 흑진주벼, 건강홍미, 홍진주, 적진주, 흑진미 순으로 높은 함량을 보였다. 이는 유색미 품종별 이화학적 특성에 대한 Park 등(2016)의 연구에서 14종의 유색미 품종 분석결과, 조단백질 함량이 6.79~8.58% 범위로 분포한다는 결과와 유사하였다. 일반적으로 쌀의 조단백질 함량은 원곡의 경도에 영향을 미친다고 알려져 있으며(Fitzgerald & Reinke 2006), Juliano BO(1985)의 연구에서 단백질 함량은 조리 후 식감 및 점도와 부의 상관관계를 가지며, 이것은 전분입자 주위에 단백질 층이 형성되어 취반 후 점성과 탄성을 저하시키고 전분의 호화 특성에 직접적으로 영향을 준다고 보고하였다. 따라서 품종별 조단백질 함량의 차이는 죽 제조 시 물리적 특성 및 가공적성에 영향을 줄 것으로 판단되며, 조단백질 함량이 다른 품종에 비해 낮은 흑진미 품종이 죽 제조 시 원곡의 경도, 점성 및 호화특성 측면에서 우수할 것으로 예상된다. 조지방 함량은 품종에 따라 2.68~3.26% 범위로 나타났으며, 조생흑찰이 3.26%로 가장 높은 함량으로 확인되어 ($p<0.05$) 적진주찰, 조생흑찰, 눈큰흑찰 등의 찰벼 품종이 적미 및 흑미 메벼 품종에 비해 지방함량이 높았다는 Park 등(2016)의 연구와 유사하였다. 조회분의 경우 품종에 따라 1.62~1.88% 범위로 나타났으며, 이는 일품과 모든 유색미 품종에서 1%대의 함량을 나타낸다는 Park 등(2016) 결과와 유사한 경향을 나타내었다.

2. 아밀로스 및 손상전분함량

유색미 품종별 아밀로스 함량을 분석한 결과, 찰벼 품종인 조생흑찰이 6.29%로 가장 낮았으며, 그 외 메벼 품종은 적진주, 조은흑미, 흑진주벼, 홍진주, 흑진미 및 건강홍미가 각각 19.76%, 18.53%, 17.66%, 20.31%, 19.94% 및 20.28%로 나타났다(Table 1). 일반적으로 아밀로펙틴으로 대부분 이루어져 있는 것을 찰쌀이라고 하고, 일반 멥쌀은 약 20% 아밀로오스를

함유하고 있으며, 유색찰벼 품종은 3.96~5.74%, 유색메벼 품종은 15.41~18.98% 범위의 아밀로스 함량을 보인다는 Park 등(2016)의 연구와 유사하였다. 일반적으로 품종 간 일반성분 및 아밀로스 함량 차이는 품종의 차이와 재배시기, 재배방법, 토양 등의 재배환경에 의한 차이에서 비롯되었으며(Kim 등 2010), 품종 간 성분의 차이는 유색미의 물리적 특성 호화특성 및 가공적성에 영향을 줄 것으로 생각된다.

손상전분 함량을 분석한 결과, 품종에 따라 5.06~8.26% 범위로 나타났으며, 흑진미, 적진주, 건강홍미, 홍진주, 조생흑찰, 흑진주벼, 조은흑미 순으로 나타났다($p<0.05$). Lee N(2013)의 연구결과에 따르면 국내 쌀 품종별 전분 및 품질특성을 분석한 결과, 수분함량이 높을수록 손상전분 함량이 낮게 나타났다으며, 일반미의 경우, 메성 품종이 찰성 품종에 비해 손상전분 함량이 높게 나타났다고 보고하였다. 하지만 일반적으로 품종에 따른 차이보다는 수침시간이 증가할수록 손상전분 함량이 감소하기 때문에 죽 제조 시 손상전분을 최소화할 수 있는 제조조건 확립에 대한 후속연구가 필요할 것으로 판단된다(Kim 등 2009).

3. 수분결합력, 용해도, 팽윤력

품종에 따른 유색미의 수분결합력, 용해도 및 팽윤력을 측정된 결과는 Table 2와 같다. 수분결합력은 104.43~132.93% 범위로 나타났으며, 흑진미(132.93%), 홍진주(123.34%), 건강홍미(121.73%) 순으로 높은 함량을 보였다($p<0.05$). 용해도는 6.75~14.19% 범위로 나타났으며, 조은흑미(14.19%), 조생흑찰(14.13%), 흑진미(13.17%) 순으로 높게 나타났다($p<0.05$). 팽윤력은 4.46~10.40% 범위로 나타났으며, 조은흑미(10.40%), 흑진미(10.33%), 건강홍미(10.09%) 순으로 높게 나타났다($p<0.05$).

수분결합력은 전분입자의 표면에 흡착되거나, 내부로 침투되는 물의 양을 측정하는 것으로 전분함량뿐만 아니라, 비 전

Table 2. Water binding capacity, water solubility and swelling power of colored rice depending on cultivars

Cultivars	Physical properties (%)		
	Water binding capacity	Water solubility	Swelling power
Jeogjinu	104.43±0.51 ^f	5.30±0.46 ^e	4.96±0.63 ^e
Josaengheugchal	110.80±0.44 ^d	14.13±0.90 ^a	6.46±0.32 ^e
Joemunheukmi	110.96±0.55 ^d	14.19±0.88 ^a	10.40±0.36 ^a
Heukjinjubyeo	105.70±0.50 ^e	6.75±0.09 ^d	6.28±0.08 ^d
Hongjinju	123.34±0.90 ^b	9.55±0.82 ^c	7.89±0.10 ^b
Heukjinmi	132.93±0.84 ^a	13.17±0.76 ^a	10.33±0.87 ^a
Geongganghongmi	121.73±0.71 ^c	10.62±0.38 ^b	10.09±0.24 ^a

Values are mean±S.D. of three replicates.

^{a-f} Different small letters in the same items indicate a significant difference ($p<0.05$) among cultivars of colored rice.

분 다당류 등 여러 성분에 의하여 결정된다(Wi 등 2013). Leach 등(1959)은 전분입자 내의 결합력이 팽윤양상에 영향을 주어 팽윤력이 높은 것은 전분입자 내의 결합력이 약하다는 것을 보여주며, 결합정도가 강한 전분은 팽윤에 대해 강하게 저항하므로 가열에 따른 팽윤력을 비교하여 상대적인 결합강도를 알 수 있다고 하였으며, Lee & Kim(1992)의 연구에서 팽윤력은 전분의 용해도, 투명도, 점도와 밀접한 관계를 가지며, 전분의 팽윤 성질은 입자 내의 미셀구조의 강도와 성질에 크게 영향을 받게 된다고 설명하였다.

따라서, 즉 가공제품을 개발하기 위해 원료곡의 수분결합력, 용해도 및 팽윤력과 같은 수분특성은 매우 중요하다. 즉, 흑진미 품종이 다른 유색미 품종에 비해 전분입자에 흡착 또는 침투되는 물의 양이 많고, 팽윤력이 높아 전분입자내의 결합력이 약해 전분의 용해도가 높게 나타나는 것을 확인하였으며, 품종별 유색미로 죽을 제조했을 경우, 흑진미 품종이 수분특성 측면에서 가장 우수한 가공적성을 나타낼 수 있을 것으로 판단된다.

4. 호화특성

품종에 따른 유색미의 호화특성을 분석한 결과, Table 3과 같이 품종에 따라 유의적인 차이를 보였다. 호화특성의 결과는 최고점도(peak viscosity), 최저점도(trough viscosity), 강하점도(break down), 최종점도(final viscosity), 치반점도(setback) 및 호화온도(pasting temp)로 나타내었다.

적진주, 조생흑찰, 조은흑미, 흑진주벼, 홍진주, 흑진미 및 건강홍미 품종의 최고점도는 각각 158.42 RVU, 64.97 RVU, 105.81 RVU, 99.86 RVU, 139.00 RVU, 139.00 RVU 및 139.00 RVU로 나타났으며, 최저점도는 각각 87.42 RVU, 14.36 RVU, 41.61 RVU, 48.47 RVU, 76.08 RVU, 39.64 RVU 및 74.28 RVU로 측정되었고, 최종점도는 각각 160.53 RVU, 20.69 RVU,

85.64 RVU, 95.92 RVU, 150.75 RVU, 87.33 RVU 및 149.44 RVU로 나타났다. 적진주 품종의 최고점도, 최저점도 및 최종점도가 158.42 RVU, 87.42 RVU 및 160.53 RVU로 가장 높았고($p<0.05$), 조생흑찰 품종이 64.97 RVU, 14.36 RVU 및 20.69 RVU로 가장 낮은 값을 보여($p<0.05$) 품종별 호화에 따른 점도 차이가 크게 나타났다. 즉, 최고점도, 최저점도 및 최종점도를 종합적으로 검토해 보았을 때, 흑진미 품종을 제외하고는 적진주, 홍진주 및 건강홍미 등의 적미 품종이 조생흑찰, 조은흑미 및 흑진주벼 등의 흑미 품종에 비해 높게 나타났다($p<0.05$). 이러한 결과는 유색미의 최고점도가 찰벼품종에 비해 메벼품종이 높았고, 그중에서도 흑미 품종에 비해 적미품종이 유의하게 높은 최고점도가 나타났다는 Park 등(2016)의 연구와 유사하였다.

또한, 노화정도를 나타내는 치반점도의 경우, 찰벼 품종인 조생흑찰이 -44.28 RVU로 가장 낮게 나타나($p<0.05$), 조생흑찰 품종이 메벼 품종에 비해 냉각과정에서 전분 구조형성이 가장 낮고, 점도 변화가 적다고 할 수 있다. 메벼 품종의 치반 점도는 조은흑미(-20.17 RVU), 흑진미(-15.67 RVU), 흑진주벼(-3.94 RVU), 적진주(2.11 RVU), 홍진주(11.75 RVU), 건강홍미(36.78 RVU) 순으로 낮게 나타나, 메벼 품종 중에서는 조은흑미와 흑진미가 전분의 노화도가 낮을 것으로 판단된다.

품종에 따른 유색미의 호화온도는 71.85-91.52°C의 범위로 나타났고, 건강홍미(91.52°C), 흑진주벼(89.38°C) 및 조은흑미(85.73°C) 순으로 호화온도가 높았고, 찰벼품종인 조생흑찰이 71.85°C로 가장 낮았다. Kim 등(1999)이나 Lee 등(1989)은 아밀로스 함량이 높은 전분 입자들은 치밀한 입자들로 모여 있어 팽윤된 전분입자들이 열과 전단력에 대한 저항성이 높아 지므로 호화 온도가 상승한다고 보고하였다. 또한, 찰벼와 같이 팽윤력이 높은 전분 입자는 전분과 물의 현탁액에서 많은

Table 3. Pasting properties of colored rice depending on cultivars

Cultivars	Proximate contents (%)						
	Peak visc (RVU)	Trough visc (RVU)	Breakdown (RVU)	Final visc (RVU)	Setback (RVU)	Peak time (min)	Pasting temp (°C)
Jeogjinu	158.42±0.63 ^a	87.42±1.75 ^a	71.00±1.84 ^a	160.53±1.99 ^a	2.11±2.08 ^c	6.04±0.04 ^{ab}	75.25±0.05 ^d
Josaengheugchal	64.97±0.72 ^b	14.36±0.13 ^c	50.61±0.59 ^c	20.69±0.17 ^c	-44.28±0.57 ^b	3.36±0.04 ^f	71.85±0.52 ^f
Joehunheukmi	105.81±0.19 ^d	41.61±0.68 ^d	64.19±0.49 ^b	85.64±1.21 ^d	-20.17±1.01 ^f	5.51±0.04 ^d	85.73±0.49 ^e
Heukjinjubyeo	99.86±0.35 ^f	48.47±0.39 ^c	51.39±0.64 ^c	95.92±0.55 ^c	-3.94±0.81 ^d	5.73±0.00 ^c	89.35±0.09 ^b
Hongjinju	139.00±0.58 ^b	76.08±0.52 ^b	62.92±0.08 ^b	150.75±0.87 ^b	11.75±0.33 ^b	6.00±0.00 ^b	72.27±0.42 ^{ef}
Heukjinmi	139.00±0.59 ^b	39.64±0.05 ^d	63.36±0.49 ^b	87.33±0.29 ^d	-15.67±0.38 ^e	5.40±0.00 ^c	72.85±0.05 ^e
Geongganghongmi	139.00±0.60 ^b	74.28±2.74 ^b	38.39±0.70 ^d	149.44±3.24 ^b	36.78±1.00 ^a	6.09±0.04 ^a	91.52±0.53 ^a

Values are mean±S.D. of three replicates.

^{a-g} Different small letters in the same items indicate a significant difference ($p<0.05$) among cultivars of colored rice.

부피를 점유하게 되어 입자들 사이의 간격이 매우 좁아지게 되기 때문에 전분 입자들 사이에 마찰이 심하게 되고, 계속적인 팽윤력의 증가로 인하여 전분입자는 아밀로그래프에 의해 작동되는 전단력에 쉽게 파괴되어 호화온도가 낮다고 보고하였다.

본 연구결과, 아밀로스 함량이 낮은 찰벼품종의 조생흑찰이 최고점도, 최저점도, 최종점도, 치반점도 및 호화온도가 가장 낮게 측정되었으며, 메벼품종에서는 조은흑미와 흑진미가 최종점도, 치반점도 및 호화온도 측면에서 조생흑찰과 가장 유사한 호화 특성을 보였다. 이러한 유색미 품종에 따른 전분의 호화특성 차이는 죽 제조 시 물리적 특성 및 가공 적성에 영향을 줄 것으로 판단된다.

5. 색도

품종에 따른 유색미의 명도(L), 적색도(a) 및 황색도(b)를 Hunter 값으로 나타낸 결과는 Table 4와 같다. 명도를 나타내는 L값의 경우 적진주, 건강홍미, 홍진주가 각각 42.10, 40.88 및 40.67로 적미가 흑미에 비해 높게 나타났고($p<0.05$), 조생흑찰, 조은흑미, 흑진주벼 및 흑진미가 34.30, 33.71, 32.54 및 30.55의 값이 나타났다. 적색도를 나타내는 a값의 경우, 대체로 흑미에 비해 적미가 높게 나타나 홍진주, 적진주, 건강홍미가 각각 3.88, 3.51 및 3.47이었고, 흑진주벼, 조은흑미 조생흑찰 순으로 적색도가 높게 측정되었다($p<0.05$). 하지만, 흑미 중에 흑진미는 적색도가 4.44로 적미에 비해 높게 나타났다. 황색도를 나타내는 b값은 홍진주, 건강홍미 및 적진주가 7.94, 7.80 및 6.94로 적미가 흑미에 비해 높게 나타났고($p<0.05$), 흑진미, 조은흑미, 조생흑찰 및 흑진주벼가 각각 1.42, 0.69, 0.63 및 0.07의 값이 나타났다.

이러한 품종에 따른 명도(L), 적색도(a) 및 황색도(b)의 차

Table 4. Hunter color values of colored rice depending on cultivars

Cultivars	L-value (lightness)	a-value (redness)	b-value (yellowness)
Jeogjinu	42.10±0.27 ^a	3.51±0.03 ^c	6.94±0.04 ^c
Josaengheugchal	34.30±0.53 ^c	2.19±0.08 ^f	0.63±0.08 ^e
Joeunheukmi	33.71±1.16 ^{cd}	2.39±0.00 ^e	0.69±0.07 ^c
Heukjinjubyeo	32.54±0.14 ^d	2.60±0.05 ^d	0.07±0.08 ^f
Hongjinju	40.67±1.05 ^b	3.88±0.06 ^b	7.94±0.12 ^a
Heukjinmi	30.55±0.05 ^c	4.44±0.05 ^a	1.42±0.03 ^d
Geongganghongmi	40.88±0.94 ^{ab}	3.47±0.01 ^c	7.80±0.05 ^b

Values are mean±S.D. of three replicates.

^{a-f} Different small letters in the same items indicate a significant difference ($p<0.05$) among cultivars of colored rice.

이는 유색미에 함유되어 있는 안토시아닌, 프로안토시아닌 및 탄닌과 같은 색소성분의 함량 차이에서 비롯된 것으로 생각된다(Choi & Oh 1996). 유색미의 색소에 대한 연구는 다양하게 보고되고 있는데, 흑미의 색소는 안토시아닌계 색소로서 그 주성분이 Cyanidin-3-glucoside이며, 적미는 탄닌계 색소인 것으로 알려져 있고(Choi & Oh 1996), 품종에 따른 색도 및 색소성분의 차이는 가공제품을 제조하였을 때의 기능성 및 기호성에 영향을 줄 것으로 판단된다.

6. 경도 및 소화율

품종에 따른 유색미의 경도 및 소화율은 Fig. 1과 같다. 품종별 유색미 원료곡의 경도 변화를 측정된 결과, 13,673.25~16,745.00 g으로 나타났으며, 조생흑찰, 흑진주벼 및 흑진미가 각각 13,905.75, 13,673.25 및 14,017.25 g으로 다른 품종에 비해 낮았고($p<0.05$), 적미 품종 중에는 건강홍미가 14,604.75 g으로 낮게 나타났고($p<0.05$). 이러한 결과는 흑미, 적미 및 녹미 등 유색미의 경도가 10.75~14.64 kg/cm² 범위를 보인다는 Lee 등(2012)의 연구 결과와 유사하였다. 또한, 품종에 따른 유색미의 소화율은 Fig. 1과 같이 조생흑찰, 홍진주 및 건강홍미가 5.44, 5.33 및 5.31 glucose mg/g으로 유의적으로 높게 나타났으며, 적진주, 흑진미, 조은흑미 및 흑진주벼 품종은 각각 5.28, 5.22, 5.21 및 4.95 glucose mg/g의 소화율을 보여 찰벼와 적미품종이 대체로 전분 가수분해 효율이 우수한 것을 확인하였다.

이러한 결과는 *in vitro* 소화율이 아밀로스 함량 및 경도와 부의 상관관계를 보이며, 아밀로펙틴함량과는 정의 상관관계를 보인다는 Svihus 등(2005)의 연구 결과와 일치하여 아밀로

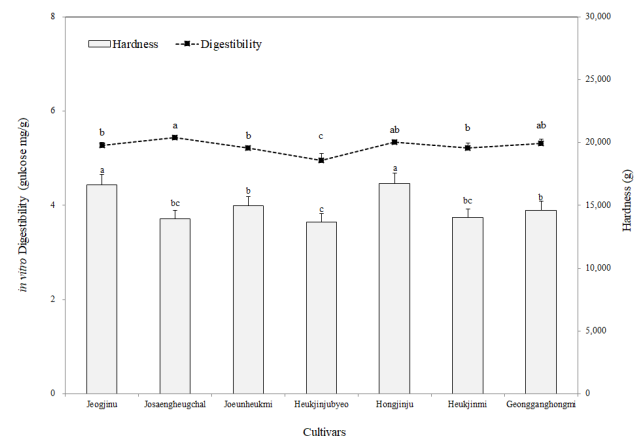


Fig. 1. Hardness and *in vitro* digestibility of colored rice depending on cultivars. Values are mean±S.D. of three replicates. ^{a-c} Different small letters in the same items indicate a significant difference ($p<0.05$) among cultivars of colored rice.

스 함량과 경도가 낮은 조생흑찰이 가장 우수한 소화율을 보인 것으로 생각된다. 하지만, 아밀로스 함량이 비교적 높은 흥진주는 경도와 소화율이 높게 나타나고, 흑진주벼는 경도와 소화율이 모두 낮게 나타나, 아밀로스, 경도 및 소화율의 관계가 일부 품종에서는 명확하게 나타나지 않았다. Lee & Kim(1999)은 숙기가 다른 쌀의 경도를 조사하였을 때 중만생종이 중생종 및 조생종에 비해 경도가 낮게 나타나 품종 및 숙기와 같은 다양한 조건에 따라 달라진다고 보고한 것을 미루어 보았을 때, 아밀로스 함량뿐만 아니라, 품종 및 재배조건에 따라 경도 및 소화율이 변화한다고 판단된다.

일반적으로 경도가 낮고 소화율이 높은 쌀은 아밀로스가 긴 사슬 조직으로 치밀하게 결합되어 있으며, 경도가 높고 소화율이 낮은 쌀에 비하여 취반특성이 더 수월하다는 연구가 보고되어(Lee 등 2017), 경도와 소화율은 죽 제조를 위한 원료곡의 품질지표로 사용될 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구결과, 찰벼 품종인 조생흑찰이 소화율은 가장 높으면서 경도 또한 낮은 품종이었으며, 흑미 및 적미 품종에서는 각각 흑진미와 건강홍미가 경도는 낮고 소화율은 비교적 높은 품종으로 나타났다.

요약 및 결론

유색미를 이용하여 기능성 죽을 제조하기 위하여 유색미 7품종에 대한 원료곡의 품질특성을 평가하였다. 품종별 유색미의 일반성분을 분석한 결과, 수분함량, 조단백질, 조지방, 조회분 함량은 각각 10.05~11.23%, 7.72~8.69%, 2.68~3.26% 및 1.62~1.88% 범위로 분포하였다. 아밀로스 함량은 찰벼 품종인 조생흑찰은 6.29%, 그 외 품종은 17.66~20.31% 범위로 나타났으며, 손상전분 함량은 조은흑미 품종이 5.06%로 가장 낮게 나타났다. 수분결합력, 용해도 및 팽윤력은 각각 105.70~132.93%, 5.30~14.19% 및 4.96~10.40% 범위로 나타났으며, 흑진미 품종이 전체적으로 높게 나타났다. 전분의 호화 특성은 찰벼와 메벼에 따른 차이가 가장 크게 나타났으며, 조생흑찰 품종의 최고점도, 최저점도, 최종점도, 치반점도 및 호화온도가 가장 낮았다. 경도 및 소화율은 품종에 따라 각각 13,673.25~16,745.00 g 및 4.95~5.44 glucose mg/g 범위로 나타났으며, 조생흑찰이 경도가 낮고 소화율은 높게 측정되었다. 즉, 찰벼인 조생흑찰 품종이 전분의 호화특성, 경도 및 소화율 측면에서 죽 제조에 가장 적합하였는데, 전분의 호화 시 최고점도, 최저점도, 최종점도, 치반점도 및 호화온도가 가장 낮았으며, 경도가 낮고 소화율이 높아 죽 제조 시에 취반 특성이 우수할 것으로 예상된다. 또한, 메벼 품종에서는 흑진미가 수분결합력, 용해도 및 팽윤력이 높았으며, 흑진미와 건강홍미가 경도는 낮고 소화율은 비교적 높은 품종으로 나타났다. 이상의 결과

를 종합하여 볼 때 유색미를 이용한 죽 제조에 적합한 품종은 조생흑찰로 확인되었다. 하지만, 같은 쌀 품종이라도 쌀 입자 크기, 가열시간, 조리방법에 따라 죽의 품질이 결정되므로, 본 연구결과를 바탕으로 기능성 죽 제조를 위한 유색미 품종을 선별한 후, 원료의 품질특성을 고려하여 죽의 조리조건 확립에 대한 후속 연구가 필요할 것으로 생각된다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 AGENDA 연구사업(과제번호: PJ01348802)의 지원에 의해 이루어진 것임.

References

- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. 17th ed. Association of Official Analytical Communities, MD, USA. pp.1-26
- Cho DH, Park HY, Lee SK, Park J, Choi HS, Woo KS, Kim HJ, Sim EY, Ahn EK, Oh SK. 2017. Cooking and textural properties of specialty germinated brown rices. *Korean J Food Sci Technol* 49:575-583
- Choi EY, Lee JT. 2018. The effects of antioxidant and anti-aging treatment of UVB-irradiated human HaCaT keratinocytes with ethanol extracts of colored rice varieties. *Korean J Food Sci Technol* 50:653-659
- Choi HC, Oh SK. 1996. Diversity and function of pigments in colored rice. *Korean J Crop Sci* 41:1-9
- Englyst HN, Kingman SM, Cummings JH. 1992. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *Eur J Clin Nutr* 46:S33-S50
- Fitzgerald MA, Reinke RF. 2006. Rice grain quality III. RIRDC Publication No. 06/056. Rural Industries Research and Development Corporation
- Gibson TS, Solah VA, McCleary BV. 1997. A procedure to measure amylose in cereal starches and flours with concanavalin A. *J Cereal Sci* 25:111-119
- Gunaratne A, Wu K, Li D, Bentota A, Corke H, Cai YZ. 2013. Antioxidant activity and nutritional quality of traditional red-grained rice varieties containing proanthocyanidins. *Food Chem* 138:1153-1161
- Hou Z, Qin P, Zhang Y, Cui S, Ren G. 2013. Identification of anthocyanins isolated from black rice (*Oryza sativa* L.) and their degradation kinetics. *Food Res Int* 50:691-697
- Huang YP, Lai HM. 2016. Bioactive compounds and antioxidative activity of colored rice bran. *J Food Drug Anal*

- 24:564-574
- Hwang YK, Kim TY. 2000. Characteristics of colored rice bread using the extruded HeugJinJu rice. *Korean J Food Cookery Sci* 16:167-172
- Juliano BO. 1985. Polysaccharide, proteins, and lipids of rice. In *Rice: Chemistry and Technology*. pp.59-120. The American Association of Cereal Chemists Inc
- Kim DJ, Oh SK, Lee JH, Yoon MR, Choi IS, Lee DH, Kim YG. 2012. Changes in quality properties of brown rice after germination. *Korean J Food Sci Technol* 44:300-305
- Kim HR, Kim MJ, Yang YH, Lee KJ, Kim MR. 2010. Effect of grain size on the physicochemical & nutritional properties of beef porridge. *Korean J Food Culture* 25:70-75
- Kim JM, Suh DS, Kim YS, Kim KO. 2004. Physical and sensory properties of rice gruels and cakes containing different levels of ginkgo nut powder. *Korean J Food Sci Technol* 36:410-415
- Kim RY, Kim CS, Kim HI. 2009. Physicochemical properties of non-waxy rice flour affected by grinding methods and steeping times. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:1076-1083
- Kim SH, Park BW, Kim JH. 2015. Quality characteristics of *Tarakjuk* (Milk Porridge) prepared with red yeast-rice. *Korean J Food Nutr* 28:313-319
- Kim YJ, Kim MJ, Kim HB, Lim JD, Kim AJ. 2017. Processing of functional porridge with optimal mixture ratio of mulberry leaf powder and mulberry fruit powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 46:1081-1090
- Kim YS, Kim GH, Lee JH. 2006. Quality characteristics of black rice cookies as influenced by content of black rice flour and baking time. *J Korean Soc Food Sci Nutri* 35:499-506
- Kim YS, Lee YT, Seog HM. 1999. Physicochemical properties of starches from waxy and non-waxy hull-less barleys. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 42:240-245
- 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 GD, Kim HG, Kim JG, Kwon JH. 1997. Optimization for the preparation conditions of instant rice gruel using oyster mushroom and brown rice. *Korean J Food Sci Technol* 29:737-744
- Lee KH, Woo KS, Lee SK, Park HY, Sim EY, Kim S, Oh SK, Cho D, Kim HJ. 2017. Evaluation of quality characteristics of rice to select suitable varieties for porridge. *Korean J Food Nutr* 30:243-250
- Lee MK, Kim YM, Park JS, Na HS. 2012. Nutritional characteristics of pigmented rice. *Korean J Food Preserv* 19:235-242
- Lee N. 2013. Starch and quality characteristic of Korean rice cultivar with waxy and non-waxy type. *Korean J Crop Sci* 58:226-231
- Lee NY. 2012. Starch and pasting characteristics of various rice flour collected from markets. *Korean J Food Preserv* 19:257-262
- Lee SH, Han O, Lee HY, Kim SS, Chung DH. 1989. Physicochemical properties of rice starch by amylose content. *Korean J Food Sci Technol* 21:766-771
- Lee SJ, Kim SK. 1999. Hardness and effect of particle sizes on pasting properties of Korean rices differing in maturity. *J Korean Soc Agric Biotechnol* 42:45-48
- Medcalf DF. 1965. Wheat starches. I. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem* 42:558-568
- Park JY, Oh SH, Han SI, Lee YY, Lee BW, Ham H, Choi YW, Oh SK, Cho JH, Song YC. 2016. Starch structure and physicochemical properties of colored rice varieties. *Korean J Crop Sci* 61:153-162
- Park MK, Lee JM, Park CH. 2002. Comparisons on the quality characteristics of pigmented rice Cholpyon with those of brown and white rice. *Korean J Food Cookery Sci* 18:471-475
- Schoch TJ, Leach W. 1964. Whole starches and modified starches. In Whistler RL, Wolfrom ML (Eds.). *Methods in Carbohydrates Chemistry*. pp.106-108. Academic Press
- Slavin JL, Martini MC, Jacobs Jr DR, Marquart L. 1999. Plausible mechanisms for the protectiveness of whole grains. *Am J Clin Nutr* 70:459S-463S
- Suganyadevi P, Saravanakumar KM, Mohandas S. 2013. The antiproliferative activity of 3-deoxyanthocyanins extracted from red sorghum (*Sorghum bicolor*) bran through P53-dependent and Bcl-2 gene expression in breast cancer cell line. *Life Sci* 92:379-382
- Svihus B, Uhlen AK, Harstad OM. 2005. Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: A review. *Anim Feed Sci Technol* 122:303-320
- Wi E, Park J, Shin M. 2013. Comparison of physicochemical properties and cooking quality of Korean organic rice varieties. *Korean J Food Cookery Sci* 29:785-794

- Yang YH, Kim MH, Kwon OY, Lee JH, Lee KJ, Lee JW, Kim MR. 2007. Effect of soild content on the physicochemical properties of rice porridge after reheating. *Korean J Food Cookery Sci* 23:671-676
- Yao SL, Xu Y, Zhang YY, Lu YH. 2013. Black rice and anthocyanins induce inhibition of cholesterol absorption *in vitro*. *Food Funct* 4:1602-1608
- Yoon SJ, Heo WD. 2008. A study on calorie and proximate components of traditional Korea gruel. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37:879-885
- Zhang X, Lee FZ, Kum JS, Eun JB. 2002. The effect of processing condition on physicochemical characteristics in pinenut gruel. *Korean J Food Sci Technol* 34:225-231
-
- Received 05 June, 2019
Revised 03 July, 2019
Accepted 01 August, 2019