

## 흑미죽의 품질 특성 및 항산화활성

이희원<sup>1</sup> · 송빛나<sup>2</sup> · 박슬기<sup>2</sup> · 이성현<sup>3</sup> · 박찬순<sup>4</sup> · 박신영<sup>5†</sup>

<sup>1</sup>농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부 발효가공식품과 전문연구원,

<sup>2</sup>농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부 발효가공식품과 연구원,

<sup>3</sup>농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부 기능성식품과 농업연구관,

<sup>4</sup>농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부 발효가공식품과 농촌지도관,

<sup>5</sup>농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부 발효가공식품과 농업연구사

## Quality Characteristics and Antioxidant Activity of Black Rice Porridge

Hee-Won Lee<sup>1</sup>, Bit-Na Song<sup>2</sup>, Seul-Ki Park<sup>2</sup>, Sung-Hyen Lee<sup>3</sup>, Chan-Soon Park<sup>4</sup>  
and Shin-Young Park<sup>5†</sup>

<sup>1</sup>Professional Researcher, Fermented Processing Food Science Division, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Republic of Korea

<sup>2</sup>Researcher, Fermented Processing Food Science Division, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Republic of Korea

<sup>3</sup>Senior Researcher, Functional Food Division, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Republic of Korea

<sup>4</sup>Rural Leader, Fermented Processing Food Science Division, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Republic of Korea

<sup>5</sup>Agricultural Researcher, Fermented Processing Food Science Division, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Republic of Korea

### ABSTRACT

This study evaluated the quality of black rice porridge by comparing changes in the proximate components and free amino acid contents. Three varieties of black rice were included in the study, and the factors were examined according to the variety and germination period. On the 3<sup>rd</sup> day of germination, the protein content of Cheongpung Heukchal (CBR-3) black rice was 10.37 g/100 g, whereas the highest crude fat content at 3.44~3.46 g/100 g was obtained on the 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> days of germination. The highest total free amino acid increase rate was 68.38~588.24% obtained for Cheongpung Heukchal (CBR), followed by 39.87~507.38% for Jindo No. 1 (JB1) and 33.03~542.84% for Jindo 2 (JB2). Thin rice gruel, half rice porridge, and whole rice porridge were prepared to determine the morphological characteristics of the porridge. The viscosity of germinated black rice porridge was 427~977 cP, which was lower than the non-germinated porridge (620~1313 cP). Evaluation of the antioxidant activity, revealed that the ABTS radical scavenging ability of non-germinated whole rice porridge was 76.34%, and germinated porridge was 81.38%. These values differed depending on the germinated form.

**Key words:** Cheongpung Heukchal, amino acids, black rice, thin rice gruel, variety

### 서 론

현대사회에서 고령 인구의 증가에 따라 건강과 질병 예방에 영향을 주는 기능성 소재와 식품에 관한 관심이 주목되고 있으며, 이에 따라 주식인 쌀 중 영양학적 특성을 고려하여 재배되고 있는 유색미에 관한 관심이 높아지고 있다(Ryu SN 등 2005; Park BH 등 2012). 유색미 중 하나인 흑미는 겉껍

질만 제거한 상태로 특유의 색과 향미를 가지고 있어 다양한 식품 형태로 가공되고 있다(Choi OJ 등 2015). 흑미 속에는 안토시아닌, 탄닌 성분 같은 페놀화합물 등 여러 기능성 성분과 단백질, 섬유소, 비타민, 무기질 등의 영양소 함량이 높으며 강한 항산화 활성이 있어 영양적 가치가 풍부하다고 보고되어 있다(Kim OS 등 2012; Hou Z 등 2013). 흑미의 쌀겨층은 다른 곡류에 비하여 flavonoid 및 anthocyanin 함량이 높다. 흑미에 존재하는 자홍색 색소인 anthocyanin은 cyanidin, pheonidin, malvidin, pelargonidin, delphinidin flavylum 및 cyanidin-3-glucoside, malvidin-3-glucoside와 같은 배당체를

† Corresponding author : Shin-Young Park, Tel: +82-63-238-3643, Fax: +82-63-238-3641, E-mail: soyoenj@korea.kr

주성분으로 구성되어있으며, 항산화 활성뿐만 아니라 항균 활성, 항변이원성, 혈전용해활성, 노화방지 효과 등 다양한 생리활성이 있는 것으로 보고된 바 있다(Kong SH 등 2008; Park JY 등 2015).

곡류의 종자 발아는 씨눈과 배젖에 있는 비활성 상태의 DNA 유전정보와 각종 효소, 영양소 등이 외적 환경이 좋아지면 활성화되어 식물로서의 생명을 시작하는 것이다(Kim HY 등 2011). 발아되면서 단백질과 아미노산, 지방산, 탄수화물, 비타민, 미네랄 식이섬유 등이 변화하며,  $\gamma$ -oryzanol이나 arabinoxylane, GABA, vitamin E 등의 생리활성 성분들도 증가하고 발아 중에 효소가 활성화됨으로써 영양성분들의 체내 흡수가 용이하게 되는 것으로 알려져 있다(Lee YR 등 2007a). 여러 영양소 즉 각종 비타민, 무기질, 효소, 아라비녹실란, 아미노산,  $\gamma$ -aminobutyric acid(GABA) 등의 함량이 발아 후 증가되는 것으로 보고되고 있다(Oh SH & Choi WG 2000). 또한, 발아로 인해 종실에 생화학적, 이화학적 변화를 초래하여 소화 능력을 향상시키고 생리활성이 높아진다. 곡류의 발아에 의한 주요한 변화 중 하나가 가수분해 효소의 합성으로 이는 곡류의 주성분으로 알려진 전분을 분해하는 당화에 관여하며(Lee HM 등 2013), 이에 따라 곡류를 발아시켜 이용되는 식품, 주류 등의 가공에 널리 사용되고 있다.

죽은 쌀이 주식인 우리나라의 경우 한 끼 식사로 적합하며, 유통되고 있는 상품죽은 만족감과 편이성, 메뉴 다양성 및 영양적인 면을 충족시켜 줌으로써 과거 제한된 소비대상이 일반인으로 확대되는 계기를 마련해 주었다(Park HY 등 2021). 죽은 곡물 등에 물을 넣어 혼합한 뒤 오랫동안 전분을 완전히 호화시켜 제조되며, 죽의 종류는 다양한 곡류와 조리 방법 및 입자크기에 따라 옹근죽(통쌀죽), 원미죽(반쌀죽), 무리죽(미음) 등으로 나눌 수 있다(Kim HR 등 2010). 죽은 쌀 입자의 크기에 따라 수분 결합 능력 및 호화 특성 등이 다르며, 죽의 특성이 달라지는 것으로 보고되고 있다(Yang YH 등 2007). 또한, 소비 연령층이 다양해진 만큼 상품죽의

가치로써 가공기술과 메뉴 개발의 한계를 넘어설 수 있는 기능성과 영양적 특성을 고려하여 적합 원료를 선택할 수 있는 기준을 확립하는 것이 필요한 실정이다(Park HY 등 2021).

따라서 본 연구에서는 죽 제조 시 흑미가 색과 향미, 기능성을 높일 수 있는 소재로 가치가 충분할 것으로 판단되며, 확보된 흑미 세 가지 품종을 발아시켜 이들의 영양성분과 기능성 성분을 비교하고 선정된 품종으로 죽을 제조하여 품질 특성 분석을 한 후 향후 죽 소재의 기초자료로 활용하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

본 실험의 발아에 사용된 흑미의 품종은 Fig. 1과 같다. 청풍흑찰(CBR), 진도1호(JB1), 진도2호(JB2)이며 국립식량과학원 남부작물부 논이용작물과에서 제공받아 실험에 사용하였다. 본 실험에 사용된 용매와 시약은 Sigma- Aldrich사(St. Louis, MO, USA)에서 일급 또는 특급시약을 구입하여 사용하였다.

### 2. 발아 흑미 제조

발아 흑미 제조방법은 Fig. 2와 같으며, 발아용 흑미를 각각 500 g 씩 3회 수세한 후 20℃에서 24시간 수침하여 발아기(SC-9000TS, Shinchang INC, Osan, Korea)에 얇게 흑미를 펴서 0시간, 24시간, 48시간, 72시간 발아시킨 후 발아된 흑미를 수세하여 열풍건조를 한 후 분쇄기(KEM-BR3600SB, Kitchen Flower, Gimpo, Korea)로 10분간 분쇄 후 60 mesh체를 통과시켜 사용하였다.

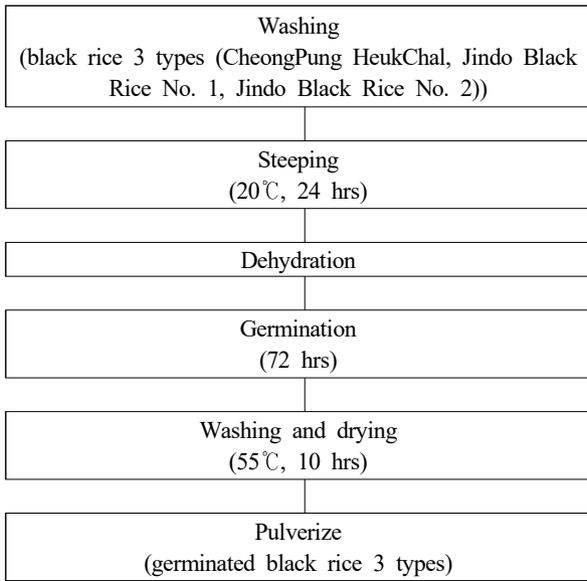
### 3. 발아 흑미의 일반성분 분석

품종 및 발아기간에 따른 발아 흑미의 일반성분은 AOAC 법(AOAC 2005)에 따라 조단백질, 조지방, 조회분, 탄수화



Fig. 1. Photographs of black rices.

CBR, CheongPung HeukChal; JB1, Jindo Black Rice No. 1; JB2, Jindo Black Rice No. 2.



**Fig. 2. Process for the preparation of pulverized black rice during germination period.**

물을 분석하였다. 회분함량은 550°C 직접회화법, 조단백질은 Semimicro-Kjeldahl법으로 자동 단백질 분석기(Kjeltec 2400 AUT, Foss Teacator, Eden Prairie, MN, USA)를 사용하였고, 조지방은 Soxhlet 추출기(Kjeltec 2400 AUT, Foss Teacator, Eden Prairie, MN, USA)를 사용하였다. 한편 탄수화물의 함량은 검체 100 g 중에서 수분, 단백질, 지방 및 회분의 함량을 감한 차감 계산법으로 산출하였다.

#### 4. 발아 흑미의 유리아미노산 분석

흑미의 유리아미노산 함량은 Henderson JW 등(2000)의 방법에 준하여 분석하였다. 흑미에 0.1M perchloric acid, 0.1% meta-phosphoric acid를 각각 시료량의 10배를 넣어 1시간 초음파 추출 후 1시간 상온에서 교반하여 0.2 µm PVDF 필터(Millipore, Darmstadt, Germany)로 여과하여 이를 흑미 추출물로 사용하였다. 분석기기는 HPLC(Ultimate 3000, Dionex, USA)를 이용하여 다음과 같은 조건으로 분석하였다. Column은 Inno C18 column(4.6 mm × 150 mm, 5 µm, Younjinbiochrom, Korea)을 사용하였으며, 이동상 A는 40 mM Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>(pH 7), B는 증류수 : Acetonitrile : Methanol = 10 : 45 : 45(v/v/v%)를 제조하여 사용하였다. Amino acid standard(1 nM/µL)를 사용하였고 Borate buffer, OPA reagent, FMOC solution를 각각 유도체로 사용하였다.

#### 5. 발아 흑미죽의 제조

발아 흑미죽의 제조를 위하여 선발된 품종은 유리아미노산의 증가율이 가장 높았던 발아 3일차 청풍흑찰 품종이었

으며, 비발아 흑미를 대조군으로 사용하였다. 죽의 형태는 쌀의 입자 크기에 따라 무리죽(미음), 반쌀죽, 통쌀죽으로 제조하였으며, 무리죽의 발아 흑미는 믹서기로 10분, 약 60 mesh로 분쇄하였으며 반쌀죽은 5분, 약 30 mesh로 분쇄하여 준비하였다. 흑미 100 g에 물 500 mL를 넣고, 믹서(무리죽, 반쌀죽)에 균질 후 1시간 반 동안 죽 제조기(HC-PM1000G, Aigis 21, Gimhae, Korea)로 조리하여 제조하였다.

#### 6. 발아 흑미죽의 이화학적 특성

시료는 증류수로 10배 희석하여 30초간 균질화하고(homogenizer, Ultra-Turrax T25, IKA Labortechnik Co., Staufen, Germany), 원심분리(15,000 rpm, 15분) 후 상등액을 분석하였다. pH는 상등액을 pH meter(Mettler-Toledo AG, Switzerland)로 측정하였고, 총산도는 상등액 10 mL에 증류수 40 mL를 넣고 희석한 후 pH meter로 3회 반복 측정하였으며 상등액의 pH가 8.3까지 도달하는데 필요한 NaOH량을 citric acid 함량(%)으로 환산하여 표시하였다. 흑미죽의 환원당은 dinitrosalicylic acid(DNS)법(Lee EJ 등 2020)에 따라 분말화한 죽을 시료로 DNS에 의한 비색법으로 분광광도계를 사용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선을 glucose를 농도별로 반응시켜 작성하였다.

#### 7. 발아 흑미죽의 점도

흑미죽의 점도는 시료 100 g을 비커에 담고 점도계(RVT DV-II, Brookfield Co., MA, USA)를 이용하여 spindle No. 4로 1분간 측정하였으며, 회전속도는 20 rpm으로 3회 반복 측정하여 평균값과 표준편차로 표시하였다.

#### 8. 발아 흑미죽의 색도

발아 흑미죽의 색도는 지름 40 mm의 투명용기에 넣은 후 색차계(Chroma Meter, CR-300, Minolta Co., Tokyo, Japan)를 이용하였고 L(Lightness), a(redness) 및 b(yellowness)를 3회 이상 반복 측정하여 나타내었다. 표준편 값은 L=94.52, a=-0.16 및 b=2.7이었다.

#### 9. 발아 흑미죽의 ABTS Radical 소거 활성

흑미죽의 ABTS radical 소거활성은 Hong JJ 등(2017)의 방법을 변형하여 사용하였다. ABTS 7.4 mM과 potassium persulphate 2.6 mM을 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4~1.5가 되도록 물 흡광계수( $\epsilon=3.6 \times 10^4 \text{M}^{-1}\text{cm}^{-1}$ )를 이용하여 메탄올로 희석하였다. 희석된 ABTS용액 950 µL에 시료 50 µL를 가하여 암소에서 10분간 반응시킨 다음 microplate reader(Biotek Synergy Mx, Biotek Instruments, Winooski,

VT, USA)로 흡광도를 측정하여 나타내었다.

$$\text{ABTS 라디칼 소거능 (\%)} = [1 - (\text{시료첨가구의 흡광도} / \text{무첨가구의 흡광도})] \times 100$$

10. 통계분석

통계분석은 SPSS 25.0 program(IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 이용하여 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하고 처리간의 차이 유무를 ANOVA(Analysis of variation)로 분석한 뒤 Duncan's multiple range test를 이용하여 각 평균치 간의 유의적 차이를 검증하였다( $p < 0.05$ ).

결과 및 고찰

1. 발아 흑미의 일반성분 분석

흑미의 품종 및 발아기간에 따른 흑미를 이용한 일반성분 분석 결과는 Fig. 3과 같다. 조단백질의 함량을 측정할 결과

는 발아 0일차 청풍흑찰(CBR)과 진도 1,2호(JB1, 2)의 함량이 각각  $10.13 \pm 0.11\%$ ,  $9.83 \pm 0.04\%$ ,  $9.70 \pm 0.04\%$ 로 나타났다 ( $p < 0.05$ ). 발아 후 흑미의 단백질 함량은 진도 1, 2호(JB1, 2)와 다른 일차에 비해 발아 3일차의 청풍흑찰(CBR-3) 품종이  $10.37 \pm 0.04\%$ 로 유의적으로 높게 나타났다( $p < 0.05$ ). 이와 같은 결과는 Kim CY(1999)의 연구 결과에서 유색미 품종의 발아 시 화학성분변화에서 현미 과피에 비해 유색 과피 품종이 단백질 함량이 높았으며, 발아기간이 경과함에 따라서도 유사한 차이를 유지하였다고 보고한 바와 유사한 경향으로 나타났다. 따라서 흑미의 품종별 발아기간에 의해 아미노산 등이 영향을 받아 단백질 함량이 증가한 것으로 사료된다(Fig. 4). 흑미의 품종 및 발아 일차에 따른 조지방의 함량도 청풍흑찰의 발아 2, 3일차(CBR-2, 3)에서 3.44~3.46%로 높게 나타났으며( $p < 0.05$ ), Kim SL 등(2001)의 연구 결과에서 조지방의 경우 분해속도가 상대적으로 느리기 때문에 지방산 등이 조지방의 함량에 영향을 주는 것으로 보고하였다. 본 연구에서도 품종에 따라 지방의 함량이 각각 다를 뿐만 아니라 발

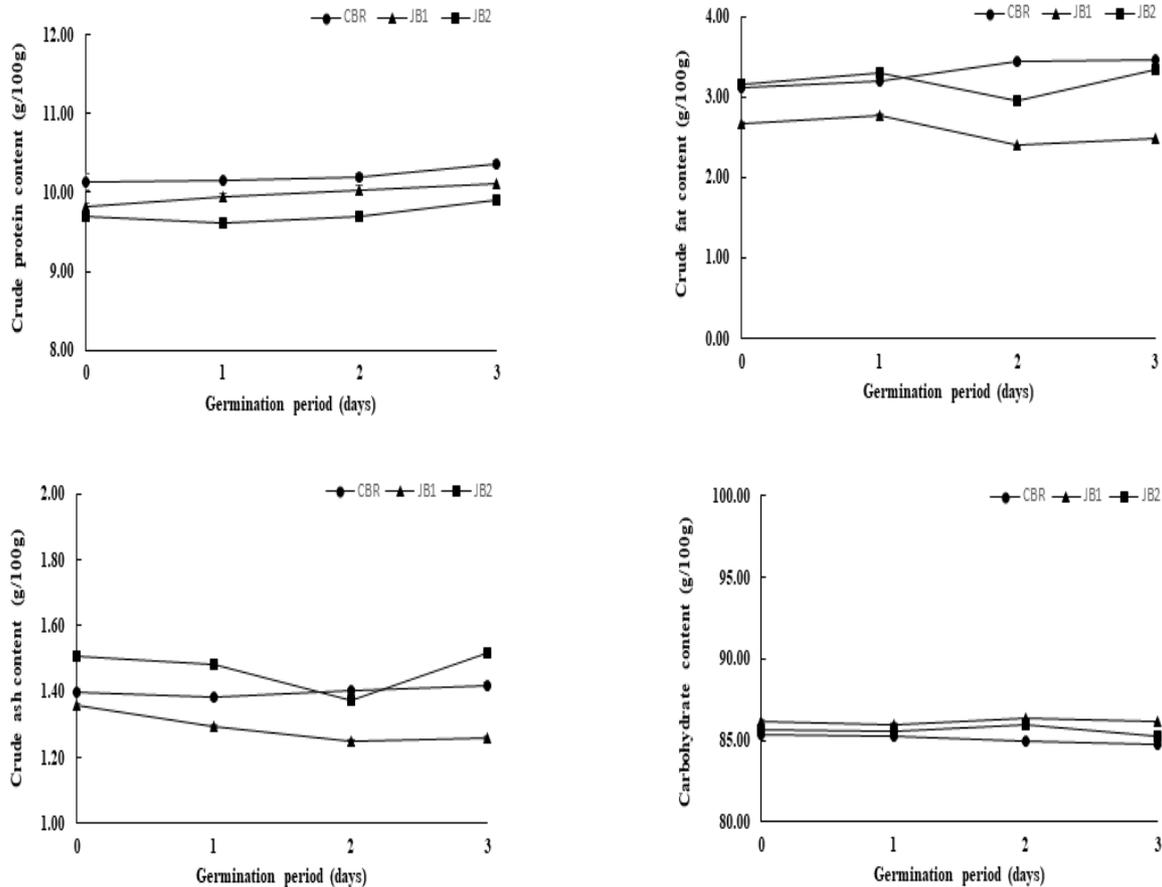
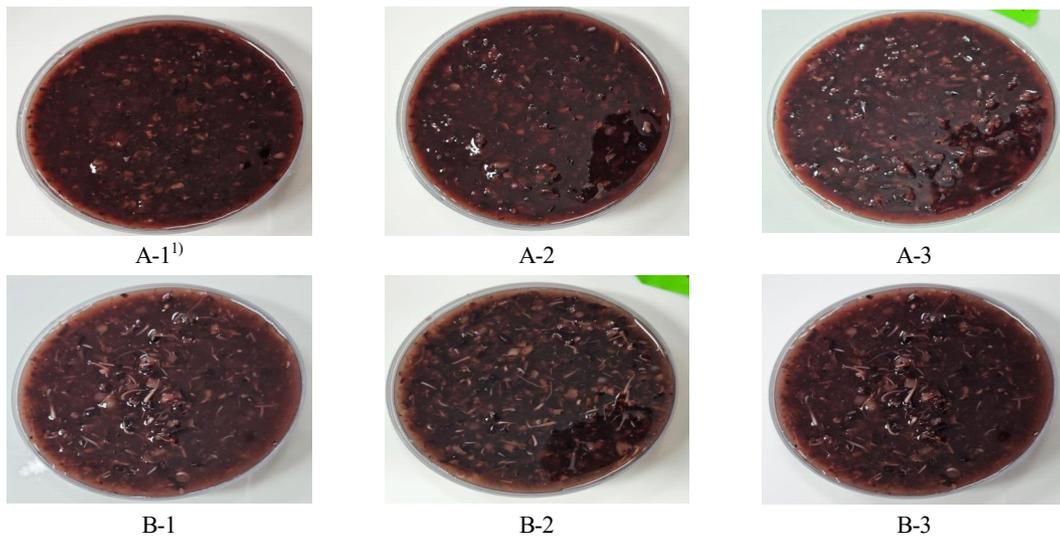


Fig. 3. Proximate composition of black rices during germination period. CBR, CheongPung HeukChal; JB1, Jindo Black Rice No. 1; JB2, Jindo Black Rice No. 2.



**Fig. 4. Appearance of Cheongpung Heukchal porridge by different types of rice.**

<sup>1)</sup> A-1: Non-germinated thin rice gruel, A-2: Non-germinated half rice porridge, A-3: Non-germinated whole rice porridge, B-1: Germinated thin rice gruel, B-2: Germinated half rice porridge, B-3: Germinated whole rice porridge.

아의 기간이 경과함에 지방 함량이 증가한 것으로 보아 분해 속도가 상대적으로 느리게 나타나 지방산 등이 조지방 함량에 영향을 준 것으로 사료된다. 흑미의 품종 및 발아기간에 따른 회분은 진도 2호가 발아 3일차(JB2-3)에  $1.52 \pm 0.00\%$ 로 가장 높았던 반면, 진도 1호(JB1)는  $1.26 \pm 0.00\%$  가장 낮은 수준을 나타내었다( $p < 0.05$ ). Lee YR 등(2007b)은 벼에서 발아 후 조회분이 증가하였으나 대체로 유의적인 차이는 없었다고 보고하였으며, Park YH 등(2018)은 유색 과피에서 발아 4일차까지 감소하다가 다시 증가하는 결과를 보였다고 보고하여 각각 다른 결과를 나타내었다. 이와 같이 본 연구에서도 흑미 품종들이 발아 기간에 따라 진도 2호와 진도 1호가 발아 2일차(JB1-2, JB2-2), 청풍흑찰이 발아 1일차(CBR-1)까지 감소하였다가 다시 증가하는 경향을 보였다. 흑미의 품종 및 발아기간에 따른 탄수화물 함량은 청풍흑찰(CBR), 진도 1호(JB1), 진도 2호(JB2) 발아 0일차에 각각  $85.35 \pm 0.10\%$ ,  $86.16 \pm 0.06\%$ ,  $85.64 \pm 0.02\%$ 로 청풍흑찰(CBR) 품종이 탄수화물 함량이 가장 낮게 나타났다( $p < 0.05$ ). 최종 발아 3일차에서 각각  $84.76 \pm 0.03\%$ ,  $86.15 \pm 0.02\%$ ,  $85.23 \pm 0.05\%$ 로 발아 0일차에 비해 모든 흑미의 품종이 낮은 수준의 탄수화물의 함량을 나타내었는데( $p < 0.05$ ), 이는 Kim SL 등(2001)의 연구 결과 수침과 발아 중 다양한 효소들에 의한 대사에 의해서도 영양성분의 변화가 발생한다고 보고한 바와 같이 탄수화물의 함량이 변화된 것으로 사료된다.

## 2. 발아 흑미의 유리아미노산 함량

쌀이 함유한 아미노산, 지질, 무기질 및 기타 미량 원소의

함유량에 따라 영양적으로 우수한 양질미인지 알 수 있다(Kim CE 등 2008). 또한 아미노산은 필수 아미노산인 Valine, Tryptophan, Phenylalanine, Isoleucine, Threonine, Leucine, Methionine, Lysine 등과 비 필수아미노산인 Histidine, Glycine, Aspartic acid, Glutamic acid, Asparagine, Serine, Glutamine, Arginine, Alanine, Tyrosine, Proline 등이 있다(Kim EO 등 2008; Park YO 2016). 본 연구에서 흑미의 품종 및 발아 기간에 따른 흑미의 영양적 품질의 변화를 비교하기 위하여, 유리아미노산의 함량을 비교한 결과는 Table 1과 같다.

발아 기간에 따라 세 품종 모두 필수 아미노산과 비 필수 아미노산의 함량이 증가되었으며, 필수 아미노산의 경우 청풍흑찰(CBR) 품종의 발아 0일차의 Leucine의 함량은  $37.82 \pm 4.60$  mg/kg, 1, 2, 3일 차에는 각각  $111.78 \pm 12.43$  mg/kg,  $349.96 \pm 6.75$  mg/kg,  $538.53 \pm 17.38$  mg/kg으로 Leucine 함량이 증가되었다( $p < 0.05$ ). 진도 1호(JB1)와 진도 2호(JB2)는 0일차에는 Lysine 함량이 각각  $47.33 \pm 4.59$  mg/kg,  $57.03 \pm 3.13$  mg/kg, 1일차에는 Valine이 각각  $92.97 \pm 4.51$  mg/kg,  $97.34 \pm 2.96$  mg/kg, 3일차에는 진도 1호(JB1)와 진도 2호(JB2)가 동일하게 Leucine 함량이 높았으며, 각각  $427.83 \pm 25.80$  mg/kg과  $535.24 \pm 17.38$  mg/kg으로 나타났다( $p < 0.05$ ). 비 필수아미노산에서 청풍흑찰(CBR)과 진도 1호(JB1) 진도 2호(JB2) 품종은 발아 0일차에서 Alanine, Arginine, Asparagine 함량이 높게 나타났다. 청풍흑찰(CBR)과 진도 2호(JB2)는 발아 1일차에 Alanine, Arginine이 높게 나타났으며, 진도 1호(JB1)는 Alanine, Tyrosine이 높게 나타났다. Lee MK 등(2012)이 보고한 바와 같이 Alanine의 함량은 진도 흑미가 청

Table 1. Amino acid content of black rices during germination period

AA	Germination period (days)											
	CBR <sup>1)</sup>				JB1				JB2			
	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
Valine	30.85± 1.82 <sup>(d)(5)</sup>	83.56± 6.41 <sup>c</sup>	237.28± 0.55 <sup>b</sup>	379.75± 6.35 <sup>a</sup>	34.53± 1.86 <sup>d</sup>	92.97± 4.51 <sup>c</sup>	205.71± 5.24 <sup>b</sup>	380.71± 20.31 <sup>a</sup>	38.80± 0.63 <sup>d</sup>	97.34± 2.96 <sup>c</sup>	257.46± 12.44 <sup>b</sup>	516.73± 24.39 <sup>a</sup>
Tryptophan	22.99± 9.03 <sup>d</sup>	41.43± 1.65 <sup>c</sup>	118.71± 9.72 <sup>b</sup>	164.27± 5.08 <sup>a</sup>	21.20± 1.23 <sup>d</sup>	38.74± 0.67 <sup>c</sup>	96.99± 6.00 <sup>b</sup>	176.57± 10.80 <sup>a</sup>	26.37± 2.47 <sup>d</sup>	41.69± 1.76 <sup>c</sup>	106.98± 7.54 <sup>b</sup>	219.03± 17.30 <sup>a</sup>
Phenylalanine	26.36± 2.99 <sup>d</sup>	77.31± 8.83 <sup>c</sup>	239.00± 7.68 <sup>b</sup>	378.27± 17.78 <sup>a</sup>	30.01± 4.62 <sup>d</sup>	69.66± 5.59 <sup>c</sup>	173.14± 0.74 <sup>b</sup>	311.68± 21.28 <sup>a</sup>	30.59± 1.56 <sup>d</sup>	71.71± 4.00 <sup>c</sup>	221.18± 6.19 <sup>b</sup>	408.51± 5.09 <sup>a</sup>
Isoleucine	13.59± 0.48 <sup>d</sup>	42.42± 3.20 <sup>c</sup>	137.97± 1.08 <sup>b</sup>	223.32± 2.53 <sup>a</sup>	14.97± 0.51 <sup>d</sup>	32.65± 1.95 <sup>c</sup>	95.61± 1.58 <sup>b</sup>	198.19± 10.53 <sup>a</sup>	16.34± 0.50 <sup>d</sup>	35.71± 0.92 <sup>c</sup>	131.07± 4.58 <sup>b</sup>	252.31± 10.33 <sup>a</sup>
Threonine	24.64± 0.96 <sup>d</sup>	57.19± 4.23 <sup>c</sup>	138.19± 1.53 <sup>b</sup>	201.55± 3.12 <sup>a</sup>	24.38± 0.77 <sup>d</sup>	36.21± 2.03 <sup>c</sup>	83.68± 3.25 <sup>b</sup>	172.85± 9.94 <sup>a</sup>	29.83± 0.94 <sup>d</sup>	43.24± 1.27 <sup>c</sup>	125.26± 5.51 <sup>b</sup>	204.11± 4.79 <sup>a</sup>
Leucine	37.82± 4.60 <sup>d</sup>	111.78± 12.43 <sup>c</sup>	349.96± 6.75 <sup>b</sup>	538.53± 17.38 <sup>a</sup>	42.75± 6.53 <sup>d</sup>	85.16± 7.75 <sup>c</sup>	222.46± 4.07 <sup>b</sup>	427.83± 25.80 <sup>a</sup>	43.44± 1.01 <sup>d</sup>	93.52± 3.28 <sup>c</sup>	298.07± 18.17 <sup>b</sup>	535.24± 10.19 <sup>a</sup>
Methionine	12.87± 0.57 <sup>d</sup>	37.18± 3.15 <sup>c</sup>	93.34± 1.31 <sup>b</sup>	130.06± 2.83 <sup>a</sup>	14.73± 1.13 <sup>d</sup>	25.96± 1.32 <sup>c</sup>	55.41± 2.68 <sup>b</sup>	95.56± 6.89 <sup>a</sup>	15.63± 0.37 <sup>d</sup>	27.49± 0.17 <sup>c</sup>	83.38± 4.63 <sup>b</sup>	117.32± 5.83 <sup>a</sup>
Lysine	47.34± 5.08 <sup>d</sup>	78.24± 11.82 <sup>c</sup>	201.70± 13.38 <sup>b</sup>	285.42± 18.89 <sup>a</sup>	47.33± 4.59 <sup>(cd)</sup>	55.61± 6.72 <sup>c</sup>	112.39± 2.80 <sup>b</sup>	213.69± 23.01 <sup>a</sup>	57.03± 3.13 <sup>d</sup>	68.74± 5.69 <sup>c</sup>	157.08± 3.60 <sup>b</sup>	237.66± 12.09 <sup>a</sup>
EAA <sup>2)</sup> (mg/kg)	216.46	529.13	1,516.14	2,301.17	229.90	436.97	1,045.39	1,977.07	258.02	479.45	1,380.47	2,490.91
Histidine	24.02± 0.99 <sup>d</sup>	46.48± 3.34 <sup>c</sup>	85.67± 0.81 <sup>b</sup>	126.92± 4.96 <sup>a</sup>	26.19± 0.60 <sup>d</sup>	48.46± 1.92 <sup>c</sup>	88.80± 4.07 <sup>b</sup>	149.20± 9.55 <sup>a</sup>	30.14± 1.18 <sup>d</sup>	54.92± 2.41 <sup>c</sup>	112.70± 7.67 <sup>b</sup>	193.84± 13.53 <sup>a</sup>
Glycine	33.40± 1.00 <sup>d</sup>	47.45± 2.47 <sup>c</sup>	98.06± 2.07 <sup>b</sup>	133.63± 2.21 <sup>a</sup>	31.63± 1.22 <sup>d</sup>	39.60± 1.35 <sup>c</sup>	83.86± 0.94 <sup>b</sup>	157.71± 9.26 <sup>a</sup>	41.38± 1.31 <sup>d</sup>	47.59± 1.32 <sup>c</sup>	113.71± 3.30 <sup>b</sup>	192.03± 5.81 <sup>a</sup>
Aspartic acid	48.37± 1.40 <sup>d</sup>	75.74± 3.96 <sup>d</sup>	117.17± 0.80 <sup>b</sup>	171.94± 2.61 <sup>a</sup>	30.89± 2.51 <sup>(bc)</sup>	23.05± 1.70 <sup>d</sup>	35.86± 3.12 <sup>b</sup>	76.32± 7.69 <sup>a</sup>	43.23± 1.24 <sup>c</sup>	32.33± 4.22 <sup>d</sup>	74.79± 0.51 <sup>b</sup>	87.77± 7.11 <sup>a</sup>
Glutamic acid	27.49± 3.01 <sup>d</sup>	52.39± 5.75 <sup>c</sup>	203.35± 2.50 <sup>b</sup>	359.82± 9.36 <sup>a</sup>	27.43± 1.87 <sup>d</sup>	36.87± 3.91 <sup>c</sup>	141.36± 3.42 <sup>b</sup>	301.87± 20.1 <sup>(ac)</sup>	21.15± 0.68 <sup>d</sup>	30.75± 3.20 <sup>c</sup>	134.37± 12.02 <sup>b</sup>	318.33± 7.64 <sup>a</sup>
Asparagine	86.89± 2.76 <sup>c</sup>	55.37± 3.04 <sup>d</sup>	103.08± 0.98 <sup>b</sup>	179.51± 3.03 <sup>a</sup>	57.34± 2.17 <sup>a</sup>	20.66± 2.20 <sup>c</sup>	33.25± 0.69 <sup>b</sup>	56.72± 4.80 <sup>a</sup>	84.22± 3.32 <sup>a</sup>	30.47± 1.99 <sup>d</sup>	57.81± 1.98 <sup>c</sup>	76.43± 2.64 <sup>b</sup>

Table 1. Continued

AA	Germination period (days)											
	CBR <sup>1)</sup>				JB1				JB2			
	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
Serine	22.61± 1.57 <sup>d</sup>	31.52± 2.84 <sup>c</sup>	64.47± 2.21 <sup>b</sup>	92.60± 4.37 <sup>a</sup>	15.56± 1.58 <sup>cd</sup>	11.67± 2.52 <sup>d</sup>	23.81± 1.46 <sup>b</sup>	43.61± 5.64 <sup>a</sup>	25.37± 0.28 <sup>c</sup>	18.61± 1.46 <sup>d</sup>	41.79± 0.94 <sup>b</sup>	53.46± 3.79 <sup>a</sup>
Glutamine	43.07± 5.40 <sup>d</sup>	72.38± 10.62 <sup>c</sup>	239.70± 24.23 <sup>b</sup>	391.31± 41.28 <sup>a</sup>	39.97± 4.18 <sup>cd</sup>	35.83± 5.95 <sup>d</sup>	70.84± 4.92 <sup>b</sup>	142.05± 19.35 <sup>a</sup>	50.53± 2.96 <sup>c</sup>	40.52± 4.63 <sup>d</sup>	130.95± 6.26 <sup>b</sup>	193.82± 17.32 <sup>a</sup>
Arginine	73.66± 3.95 <sup>d</sup>	90.91± 7.89 <sup>c</sup>	182.63± 9.78 <sup>b</sup>	373.42± 23.41 <sup>a</sup>	79.68± 3.64 <sup>c</sup>	68.06± 11.61 <sup>d</sup>	131.30± 0.9 <sup>b</sup>	226.36± 21.35 <sup>a</sup>	88.03± 1.44 <sup>d</sup>	95.94± 2.26 <sup>c</sup>	258.99± 10.44 <sup>b</sup>	314.02± 13.97 <sup>a</sup>
Alanine	100.98± 3.11 <sup>cd</sup>	106.70± 8.44 <sup>c</sup>	235.00± 4.18 <sup>b</sup>	336.58± 6.70 <sup>a</sup>	70.81± 3.04 <sup>d</sup>	86.76± 3.74 <sup>c</sup>	188.80± 2.77 <sup>b</sup>	370.60± 19.99 <sup>a</sup>	81.31± 1.64 <sup>c</sup>	80.07± 0.21 <sup>c</sup>	250.10± 9.52 <sup>b</sup>	432.88± 13.01 <sup>a</sup>
Tyrosine	28.13± 2.71 <sup>d</sup>	78.72± 7.43 <sup>c</sup>	253.34± 3.72 <sup>b</sup>	405.82± 11.53 <sup>a</sup>	34.14± 3.60 <sup>d</sup>	77.27± 4.05 <sup>c</sup>	197.54± 4.67 <sup>b</sup>	350.89± 19.96 <sup>a</sup>	35.82± 1.27 <sup>d</sup>	79.45± 1.02 <sup>c</sup>	232.68± 11.88 <sup>b</sup>	437.75± 12.36 <sup>a</sup>
Proline	30.11± 2.46 <sup>d</sup>	51.07± 0.2 <sup>c</sup>	116.15± 3.46 <sup>b</sup>	186.38± 2.96 <sup>a</sup>	29.85± 0.75 <sup>d</sup>	56.68± 9.00 <sup>c</sup>	131.24± 8.67 <sup>b</sup>	237.65± 10.74 <sup>a</sup>	33.50± 2.73 <sup>d</sup>	64.40± 3.32 <sup>c</sup>	150.24± 8.17 <sup>b</sup>	304.51± 25.00 <sup>a</sup>
NEAA <sup>3)</sup> (mg/kg)	518.73	708.74	1,698.62	2,757.91	443.50	504.91	1,126.64	2,113.00	534.67	575.04	1,558.12	2,604.84
Total AA (mg/kg)	735.19	1,237.87	3,214.76	5,059.08	673.4	941.88	2,172.03	4,090.07	792.69	1,054.49	2,938.59	5,095.75
Ratio (%/0 day)		68.38	337.27	588.24		39.87	222.55	507.38		33.03	270.71	542.84

<sup>1)</sup> CBR, CheongPung HeukChal; JB1, Jindo Black Rice No. 1; JB2, Jindo Black Rice No. 2.

<sup>2)</sup> EAA, Essential amino acid.

<sup>3)</sup> NEAA, Non-essential amino acid.

<sup>4)</sup> All values are mean±S.D.

<sup>5)</sup> Values with different superscripts in the same row are significantly different at  $p<0.05$  by Duncan's multiple range test.

풍후찰에 비해 높게 나왔다. 발아 2일차에서 Aspartic acid 등 일부 비 필수 아미노산의 함량이 일시적으로 감소하였지만, 대부분의 발아기간 동안 흑미의 유리아미노산의 함량은 증가하여, 발아 3일차에 대부분의 유리아미노산이 유의적인 수준으로 증가하였다. 특히 청풍후찰(CBR) 발아 3일차는 Aspartic acid, Glutamic acid, Asparagine, Serine, Glutamine, Arginine 등 비 필수아미노산의 총 함량이 2,757.91 mg/kg으로 유의적으로 높으며( $p<0.05$ ), Aspartic acid, Glutamic acid, Arginine의 함량이 많을수록 밥맛이 좋다는 Choi HC 등(1997)의 선행 연구결과가 있었다. 유리아미노산의 함량은 품종 별로 비교하였을 때 진도 2호가 5,095.75 mg/kg으로 가장 높게 나타났다. 그러나, 발아 일차로 비교하여 비율로 보았을 때 청풍후찰(CBR) 68.38~588.24%, 진도 1호(JB1) 39.87~507.38%, 진도 2호(JB2) 33.03~542.84%로 청풍후찰(CBR)의 증가율이 가장 높게 나타났다( $p<0.05$ ). 따라서 발아 3일차의 청풍후찰(CBR)이 Aspartic acid, Glutamic acid, Arginine 등의 아미노산이 골고루 많이 분포되어 있고, 일반 성분에서 조단백질의 함량이 10.37±0.04%로 유의적으로 높게 나타나 죽 제조 시 영양의 보충뿐만 아니라 관능적 특성도 좋게 할 것으로 사료된다.

### 3. 발아 흑미죽의 이화학적 특성

흑미의 발아 여부 및 흑미죽의 형태에 따른 pH, 총산도, 환원당을 분석한 결과는 Table 2와 같다. pH가 감소할수록 죽의 품질이 저하되며(Lee GC 등 2004), 발아 흑미죽과 비발아 흑미죽의 pH는 Table 2와 같다. 발아 흑미죽의 pH는 6.44~6.66 값을 보였고 비발아 흑미죽(A)은 6.21~6.26으로 나타났다( $p<0.05$ ). Kim HJ 등(2021)이 연구한 품종별 유색미를 첨가한 현미죽에서 pH는 6.73~6.96 범위로 나타났으며,

Park HY 등(2019)은 시판 쇠고기죽 실험 결과에서 pH가 6.27~6.43의 범위였다고 보고하여 본 연구결과와 유사한 경향을 보였다. 또한, 발아 죽의 pH가 비발아 죽의 pH보다 높게 나타났는데 이는 발아과정에서 단백질과 아미노산, 지방산, 탄수화물, 비타민, 미네랄, 식이섬유 등이 변화하며, 효소의 영향이 있는 것으로 사료된다. 산도는 비발아 흑미죽(A)은 0.06~0.08%, 발아 죽은 0.08~0.10%로 나타났다( $p<0.05$ ). 환원당은 발아 죽에서 무리죽(B-1)이 396.23±2.93 mg/100g, 통쌀죽(B-3)은 382.84±2.94 mg/100 g으로 나타났으며, 비발아죽에서 무리죽(A-1)이 411.21±2.91 mg/100 g, 통쌀죽(A-3)이 404.52±5.04로 나타났다( $p<0.05$ ). Park HY 등(2019)은 죽은 첨가하는 곡물 재료의 종류, 부재료 종류나 첨가량, 가수량 등에 따라 환원당의 함량이 다르게 난다고 보고하였으며, Yang YH 등(2007)은 쌀의 입자 크기가 작을수록 환원당의 함량이 증가하였다는 연구결과와 유사하게 본 연구에서도 영향이 있는 것으로 사료된다.

### 4. 발아 흑미죽의 점도

점도를 분석한 결과 Table 3과 같다. 죽의 주원료인 쌀은 쌀의 성상, 물의 첨가량, 가열시간 및 주·부재료의 배합비 등에 영향을 받아 서로 다른 점도와 특성을 나타낸다(Lee HJ & Jum Ji 2000). 발아죽(B)에서 무리죽(B-1)의 점도가 426.72±47.32 cP였으며, 비발아죽(A) 무리죽(A-1)의 점도는 620.01±52.91 cP로 나타났다( $p<0.05$ ). 비발아 흑미죽이 발아된 흑미죽의 점도보다 높게 나타났으며, Yang YH 등(2007)은 입자크기가 작을수록 호화도가 높아진다고 보고하였으며 본 연구에서도 발아 과정에서 분비된 효소의 영향으로 영양성분의 변화 및 성분별 분자량 등 특성 변화와 제조된 죽의 쌀의 입자 크기에 기인한 것으로 사료된다.

Table 2. pH, total acidity and reducing sugar content of black rice porridge

Sample <sup>1)</sup>	pH	Total acidity (%)	Reducing sugar content (mg/100 g)
A	A-1	6.26±0.01 <sup>2)a3)</sup>	411.21±2.91 <sup>ab</sup>
	A-2	6.21±0.01 <sup>b</sup>	412.07±7.17 <sup>a</sup>
	A-3	6.22±0.01 <sup>b</sup>	404.52±5.04 <sup>b</sup>
B	B-1	6.66±0.02 <sup>a</sup>	396.23±2.93 <sup>a</sup>
	B-2	6.47±0.01 <sup>b</sup>	384.57±5.02 <sup>b</sup>
	B-3	6.44±0.01 <sup>c</sup>	382.84±2.94 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup> A-1: Non-germination thin rice gruel, A-2: Non-germination half rice porridge, A-3: Non-germination whole rice porridge, B-1: Germinated thin rice gruel, B-2: Germinated half rice porridge, B-3: Germinated whole rice porridge.

<sup>2)</sup> All values are mean±S.D.

<sup>3)</sup> Values with different superscripts in the same column are significantly different at  $p<0.05$  by Duncan's multiple range test.

**Table 3. The viscosity of black rice porridge**

Sample <sup>1)</sup>		Viscosity (cP)
A	A-1	620.01±52.91 <sup>2)bc3)</sup>
	A-2	1,260.04±26.54 <sup>a</sup>
	A-3	1,313.37±45.15 <sup>a</sup>
B	B-1	426.72±47.32 <sup>c</sup>
	B-2	780.03±20.08 <sup>b</sup>
	B-3	976.75±40.44 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> A-1: Non-germination thin rice gruel, A-2: Non-germination half rice porridge, A-3: Non-germination whole rice porridge, B-1: Germinated thin rice gruel, B-2: Germinated half rice porridge, B-3: Germinated whole rice porridge.

<sup>2)</sup> All values are mean±S.D.

<sup>3)</sup> Values with different superscripts in the same column are significantly different at  $p<0.05$  by Duncan's multiple range test.

### 5. 발아 흑미죽의 색도

발아 여부 및 죽의 형태별 흑미죽의 색도를 비교한 결과 Table 4와 같다. 비발아 죽의 명도(L\*)는 57.26~57.74, 적색도(a\*)는 0.36~0.47, 황색도(b\*)는 8.95~9.19의 값을 보였으며, 발아 죽이 명도(L\*)는 57.53~57.98, 적색도(a\*)는 0.29~0.38, 황색도(b\*)는 8.83~9.94의 값으로 나타났다( $p<0.05$ ). 죽 제조 시 주·부재료로부터 유출되는 색소, 첨가량뿐만 아니라 가수량, pH, 당의 양, 온도 등에 의하여 죽의 색도에 영향을 미칠 수 있다고 하였다(Kim JS & Kwak EJ 2011; Kim MJ & Kim AJ 2017). 따라서 본 연구에서도 흑미의 발아로 인해 구성 성분의 변화 및 발아 과정 중 색소의 소실로 적색도(a\*)와 황색도(b\*)의 감소가 발생한 것으로 사료된다.

**Table 4. The color values of black rice porridge**

Sample <sup>1)</sup>		L*	a*	b*
A	A-1	57.34±0.01 <sup>2)bc3)</sup>	0.47±0.02 <sup>a</sup>	9.19±0.03 <sup>a</sup>
	A-2	57.74±0.03 <sup>a</sup>	0.36±0.01 <sup>b</sup>	8.95±0.03 <sup>b</sup>
	A-3	57.26±0.04 <sup>c</sup>	0.36±0.02 <sup>b</sup>	9.11±0.05 <sup>a</sup>
B	B-1	57.98±0.02 <sup>a</sup>	0.29±0.01 <sup>b</sup>	8.83±0.02 <sup>b</sup>
	B-2	57.53±0.01 <sup>b</sup>	0.32±0.02 <sup>b</sup>	8.94±0.02 <sup>a</sup>
	B-3	57.97±0.01 <sup>a</sup>	0.38±0.01 <sup>a</sup>	8.83±0.05 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup> A-1: Non-germination thin rice gruel, A-2: Non-germination half rice porridge, A-3: Non-germination whole rice porridge, B-1: Germinated thin rice gruel, B-2: Germinated half rice porridge, B-3: Germinated whole rice porridge.

<sup>2)</sup> All values are mean±S.D.

<sup>3)</sup> Values with different superscripts in the same column are significantly different at  $p<0.05$  by Duncan's multiple range test.

**Table 5. The ABTS radical scavenging assay of black rice porridge**

Sample <sup>1)</sup>		ABTS radical scavenging assay (%)
A	A-1	70.60±0.98 <sup>2)bc3)</sup>
	A-2	72.88±0.57 <sup>b</sup>
	A-3	76.34±0.31 <sup>a</sup>
B	B-1	75.39±0.57 <sup>c</sup>
	B-2	81.38±0.48 <sup>a</sup>
	B-3	78.62±0.66 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup> A-1: Non-germination thin rice gruel, A-2: Non-germination half rice porridge, A-3: Non-germination whole rice porridge, B-1: Germinated thin rice gruel, B-2: Germinated half rice porridge, B-3: Germinated whole rice porridge.

<sup>2)</sup> All values are mean±S.D.

<sup>3)</sup> Values with different superscripts in the same column are significantly different at  $p<0.05$  by Duncan's multiple range test.

### 6. 발아 흑미죽의 ABTS Radical 소거 활성

흑미죽의 ABTS radical 소거활성을 살펴본 결과 Table 5와 같다. 비발아 죽의 라디칼 소거능은 통쌀죽이 76.34±0.31%로 높게 나타났으며, 반면 발아 죽은 반쌀죽의 라디칼 소거능이 81.38±0.48%로 죽 형태적 특성에 따라 다르게 나타났다( $p<0.05$ ). Lee YR 등(2007a)과 Kim HY 등(2011)이 벼의 발아에 따라 증가된 페놀 화합물로 인해 발아 후 벼 추출물의 항산화 활성이 크게 증가된다고 보고하였는데 본 연구에서도 증가하였다. 또한, 발아 죽이 비발아 죽에 비하여 2~5%가 더 높게 나타났는데 이는 발아 과정에서 흑미의 영양 성분 및 생리활성 물질이 생성되어 흑미죽의 radical 소거활성 증가에 영향을 준 것으로 사료된다.

## 결론

본 연구에서 흑미의 세 가지 품종을 발아시켜 영양성분과 기능성 성분을 비교한 결과, 발아 후 흑미의 일반성분 중 단백질 함량은 3일차의 청풍흑찰(CBR-3)이 10.37%, 조지방의 함량도 청풍흑찰의 발아 2, 3일차(CBR-2, 3)에서 3.44~3.46%로 나타났으며, 회분은 진도 2호가 발아 3일차(JB2-3)에 1.52%로 가장 높았던 반면, 진도 1호(JB1)는 1.26%로 가장 낮은 수준을 나타내었다. 발아 0일차에 비해 모든 흑미의 품종이 낮은 수준의 탄수화물의 함량을 나타내었는데 그 중 청풍흑찰(CBR) 품종이 발아 3일차에 84.76±0.03%로 탄수화물 함량이 가장 낮게 나타났다. 유리아미노산 중 발아 3일차 청풍흑찰(CBR-3)이 밥의 관능적 특성에 좋은 Aspartic acid, Glutamic acid, Asparagine, Serine, Glutamine, Arginine 등 비필수아미노산의 총 함량이 2,757.91 mg/kg으로 다른 시료구들에 비해 높게 나타났으며, 총 유리아미노산의 증가율은 진도 1호(JB1)가 39.87~507.38%, 진도 2호(JB2)는 33.03~542.84%, 청풍흑찰(CBR)은 68.38~588.24%로 증가율이 가장 높게 나타났다. 따라서 영양적 및 관능적 특성과 연관된 단백질 함량과 아미노산 함량 증가율이 가장 높았던 청풍흑찰(CBR) 품종을 죽 소재로 선정하였다. 죽 제조는 죽의 형태적 특성에 따라 무리죽, 반쌀죽, 통쌀죽을 제조하였으며, 흑미의 발아 여부 및 흑미죽의 형태에 따른 발아 흑미죽의 pH는 6.44~6.66 값을 보였고 비발아 흑미죽은 6.21~6.26으로 나타났다. 발아 죽은 점도가 427~977 cP로 비발아 죽 620~1313 cP 보다 낮은 점도를 나타내었으며, 색도 중 명도는 57.34~57.98, 적색도는 발아 죽이 0.29~0.38로 비발아 죽에 비하여 유의적으로 낮았으며, 황색도 또한 발아 죽이 8.83~8.94로 나타났다. ABTS radical 소거활성은 비발아 죽의 라디칼 소거능은 통쌀죽이 76.34%로 높게 나타났으며, 반면 발아 죽은 반쌀죽의 라디칼 소거능이 81.38%로 발아된 형태에 따라 다르게 나타났다. 따라서 본 연구에서 품종별 흑미 발아 시 일반성분과 유리아미노산의 증가율로 보았을 때 청풍흑찰의 영양적 품질이 가장 우수한 것으로 판단되며, 죽의 항산화 및 형태적 특성을 고려해본 결과 발아 3일차 청풍흑찰 품종의 무리죽과 반쌀죽이 다양한 소비 연령층의 적합한 죽의 소재인 것으로 사료된다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구사업(과제번호: PJ01586304)의 지원에 의해 이루어진 것이며 이에 감사드립니다.

## REFERENCES

- AOAC (2005) Official Methods of Analysis. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC. Method 970.59.
- Choi HC, Hong HC, Nahm BH (1997) Physicochemical and structural characteristics of grain associated with palatability in japonica rice. *Korean J Breed* 29(1): 15-27.
- Choi OJ, Jung HN, Shin SH, Kim YD, Shim JH, Shim KH (2015) Quality characteristics of gluten-free rice bread formulated with soft-type rice flour mixed with black-rice flour. *Korean J Community Living Sc* 62(3): 447-456.
- Henderson JW, Ricker RD, Bidlingmeyer BA, Woodward C (2000) Rapid, accurate, sensitive, and reproducible HPLC analysis of amino acids. Agilent Technologies Application Note Publication No: 5980-1193.
- 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(2): 691-697.
- Hong JJ, Seol HG, Oh JY, Jeong EH, Chang YH (2017) Effective component contents and antioxidative activities of unripe apple by extraction method. *Korean J Food Nutr* 34(2): 174-180.
- Kim CE, Cho MK, Kang MY (2008) Properties of endosperm components of two pigmented rice varieties. *J East Asian Soc Dietary Life* 18(5): 760-765.
- Kim CY (1999) A study on the growth characteristics and analysis of chemical compounds of grains as affected by cultivation method in colored and aromatic rice varieties. PhD Thesis Chung Nam National University, DaeJeon. p 112.
- Kim EO, Oh JH, Lee KT, Im JG, Kim SS, Suh HS, Choi SW (2008) Chemical compositions and antioxidant activity of the colored rice cultivars. *Korean J Food Preserv* 15(1): 118-124.
- Kim HJ, Park HY, Kim MY, Lee JY, Lee JH, Lee JY, Lee YY, Lee BW, Kim MH, Lee BK (2021) Physicochemical characteristics of brown rice porridge added with colored rice cultivars. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 50(3): 279-284.
- 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(1): 70-75.
- Kim HY, Hwang IG, Kim TM, Park DS, Kim JH, Kim DJ,

- Lee YR, Lee JS, Jeong HS (2011) Changes in chemical composition of rough rice (*Oryza sativa* L.) according to germination period. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40(9): 1265-1270.
- Kim JS, Kwak EJ (2011) Quality characteristics of gruel with added yam. *Korean J Soc Food Cult* 26(2): 184-189.
- Kim MJ, Kim AJ (2017) Quality characteristics of functional *Nokdujuk* prepared with optimum mixing ratio of mulberry leaf and fruit powder by response surface method. *Korean J Food Sci Technol* 49(6): 699-709.
- Kim OS, Park SS, Sung JM (2012) Antioxidant activity and fermentation characteristics of traditional black rice wine. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41(12): 1693-1700.
- Kim SL, Son YK, Son JR, Hur HS (2001) Effect of germination condition and drying methods on physicochemical properties of sprouted brown rice. *Korean J Crop Sci* 46(3): 221-228.
- Kong SH, Choi YM, Lee SM, Lee JS (2008) Antioxidant compounds and antioxidant activities of the methanolic extracts from milling fractions of black rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37(7): 815-819.
- Lee EJ, Lee DB, Song BN, Park BR, Lee SH, Choi JH, Park SY (2020) Physicochemical properties and anti-inflammatory effects of *Astragalus membranaceus* (Fisch.) bunge fermented by *Aspergillus awamori*. *Korean J Medicinal Crop Sci* 28(5): 347-353.
- Lee GC, Kim JE, Kim SJ (2004) Quality characteristics of *tarakjuk* (milk-rice porridge) with different roasting conditions during refrigerated storage. *Korean J Food Cookery Sci* 20(4): 342-351.
- Lee HJ, Jurn JI (2000) Research of kinds of rice porridges and recipes of it. *Korean J Food Nutr* 13(3): 281-290.
- Lee HM, Im JS, Park JD, Kum JS, Lee HY, Lee YT (2013) Amylolytic activity of brown rice and black rice during germination. *Korean J food Technol* 45(3): 333-338.
- Lee MK, Kim YM, Park JS, Na HS (2012) Nutritional characteristics of pigmented rice. *Korean J Food Preserv* 19(2): 235-242.
- Lee YR, Kim JY, Woo KS, Hwang IG, Kim KH, Kim KJ, Kim JH (2007b) Changes in the chemical and functional components of Korean rough rice before and after germination. *Food Sci Biotechnol* 16(6): 006-1010.
- Lee YR, Woo KS, Kim KJ, Son JR, Jeong HS (2007a) Antioxidant activities of ethanol extracts from germinated specialty rough rice. *Food Sci Biotechnol* 16(5): 765-770.
- Oh SH, Choi WG (2000) Production of the quality germinated brown rices containing high  $\gamma$ -aminobutyric acid by chitosan application. *Korean J Biotechnol Bioeng* 15(6): 615-620.
- Park BH, Jeon ER, Kim SD, Cho HS (2012) Cooking quality characteristics of cooked rice of *YenipSambab* with pigmented rice. *Korean J Food Preservation* 19(2): 185-192.
- Park HY, Lee CK, Sim EY, Kim HJ, Jeon YH, Kwak J, Woo KS (2019) Physicochemical properties of commercial beef porridge in Korea. *Korean J Food Nutr* 32(3): 226-235.
- Park HY, Lee JY, Ahn EK, Kim HJ, Choi HS, Park JY, Sim EY, Song HN, Kim HS (2021) A comparison of quality characteristics of rice porridges made from different cultivars. *Korean J Food Nutr* 34(5): 458-467.
- Park JY, Han SI, Hur YJ, Lee YY, Lee BW, Sim EY, Ham HM, Kim BJ, Lee CW, Lee SJ, Oh SH (2015) Changes in physicochemical properties and antioxidant activities according to different harvest times in black rice (*Oryza sativa* L.). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44(11): 1653-1659.
- Park YH, Kim BR, Ryu SN (2018) Changes in chemical components of pigmented rice during germination. *Korean J Crop Sci* 63(1): 18-24.
- Park YO (2016) Quality characteristics of fermented vinegars using pear. *Korean J Food Preserv* 23(6): 778-787.
- Ryu SN, Park SZ, Kang SS (2005) Studies on Exploration and Expansive Use of Genetic Variation of Functional Substances in Rice. Rural Development Administration, Suwon, Korea.
- Yang YH, Oh SH, Kim MR (2007) Effect of grain size on the physicochemical properties of rice porridge. *Korean J Food Cookery Sci* 23(3): 314-320.

---

Date Received Nov. 15, 2022  
 Date Revised Dec. 15, 2022  
 Date Accepted Dec. 19, 2022