

## 유색미 품종의 발아 시 화학성분의 변화

박영희<sup>1</sup> · 김보라<sup>1</sup> · 류수노<sup>1,†</sup>

## Changes in Chemical Components of Pigmented Rice during Germination

Young-hie Park<sup>1</sup>, Bo Ra Kim<sup>1</sup>, and Su-Noh Ryu<sup>1,†</sup>

**ABSTRACT** This study was conducted to use fundamental data about functional foods based on pigmented rice varieties—2 types of normal rice, 6 types of black rice—to analyze changes in chemical component activity during germination. The results are summarized as follows: Germination rates of the pigmented rice varieties were the highest at 30°C. There was a tendency for crude protein contents to increase under the influence of germination periods, and the crude protein contents were the highest on the 6<sup>th</sup> day. Crude fat contents were the highest on days 6–8. Nevertheless, the crude fat contents in pigmented rice decreased during the first 2 days, and subsequently, the contents increased steadily. Crude fiber contents were the highest on the 8<sup>th</sup> day. However, there was no meaningful tendency. Sucrose, glucose, and fructose contents in the pigmented rice increased during germination. In normal rice, glucose content increased up to the 8<sup>th</sup> day. It was higher than that of brown rice. However, sucrose and fructose contents showed no meaningful tendency. There was a general tendency for GABA, alanine, glutamic acid, asparagine, aspartic acid, and lysine contents in the pigmented rice to increase under the influence of germination periods. Aspartic acid and asparagine contents were shown to decrease, compared with that in pre-germinated normal rice. In all varieties, lysine was detected from the second germination day onwards, and on the 6<sup>th</sup> day after germination, its contents were 6.24 mg/100 g and 15.58 mg/100 g in normal rice and pigmented rice, respectively.

**Keywords** : chemical component, free sugar, free amino acid, germination, pigmented rice

벼는 세계 3대 작물 중 하나이며, 우리나라를 비롯한 아시아, 아프리카 및 라틴아메리카 지역에서 주식으로 이용되는 것으로 특히 아시아 지역에서는 하루 열량의 절반 이상을 섭취하고 있는 중요한 곡류이다(Kim *et al.*, 2012).

현미는 배아, 배유 및 미강(과피, 종피, 호분층)으로 이루어진 벼 열매로서 백미에 비하여 영양분의 손실이 적으며 지방, 단백질, 비타민, 식이섬유 및 각종 무기질 등이 풍부하여 영양성과 기능성이 뛰어나다(Mo *et al.*, 2006). 특히 배아 부분에 영양소가 집중되어 있고, 발아 시 여러 가지 건강 기능성 물질이 증가하는 것으로 보고되고 있다(Sung *et al.*, 2013). 하지만 현미가 갖는 뛰어난 영양성과 기능성에도 불구하고 현미에 비하여 백미를 주식으로 하는 이유는 현미의 단단한 껍질과 피틴산 등으로 인하여 소화 흡수성이 떨어지고 조리가 어려우며 식미가 떨어지기 때문이다. 이러한 현미의 단점을 극복하기

위하여 발아시킨 현미를 이용하고자 하는 노력이 이루어지고 있다(Kim *et al.*, 2011a). 종자의 발아는 씨눈과 배젖에 있는 비활성 상태의 DNA 유전정보가 각종 효소, 영양소 등이 외적 환경이 좋아지면 활성화되어 식물로서의 생명을 시작하는 것으로 발아 시 각종 영양소가 갖추어지게 된다(Kim *et al.*, 2011b). 씨눈 부분이 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 *et al.*, 2007). 최근 식품의 고급화, 다양화 추세가 증대되고, 기능성 식품에 대한 소비자의 관심이 높아짐에 따라 쌀에 있어서도 색깔이 있는 기능성 쌀의 소비가 크게 증가하고 있다(Ryu *et al.*, 2005). 벼의 종피색은 주로 흰색이나 담갈색이지만 일부는 갈

<sup>1</sup>서울특별시 종로구 대학로86(동승동) 한국방송통신대학교 (Korea National Open University, 86 Daehak-ro, Jongro-gu, Seoul Korea)

<sup>†</sup>Corresponding author: Su-Noh Ryu; (Phone) +82-2-3668-4100; (E-mail) ryusn@knou.ac.kr

<Received 12 March, 2018; Revised 19 March, 2018; Accepted 19 March, 2018>

색이나 적색, 자색을 나타내는데, 이는 종피에 함유된 색소성분에 기인한다. 유색미 종피가 흑색 및 흑자색을 띠는 것은 안토시아닌계 색소가 포함되어 있기 때문이며, 적색 및 적갈색을 띠는 것은 탄닌계 색소가 함유되어 있기 때문으로 밝혀졌다(Kim, 2012b). 이 중 흑자색미에 함유된 안토시아닌은 항산화 활성, 항염 효과, 항암, 항아토피, 항당뇨 및 심혈관계 질병 등의 예방과 치료에 효과가 있는 것으로 밝혀진 성분이다(Kim, 2012a). 지금까지 다양한 식물 종자에서 나타나는 발아에 따른 성분 및 생리활성 변화에 대한 연구가 보고되었고(Ko *et al.*, 2011; Lee *et al.*, 1994; Lee & Kim, 2008; Chung & Kim, 1998; Kim *et al.*, 1988a; Kim *et al.*, 1988b; Kim *et al.*, 1997; Choi & Kim, 1985), 벼의 발아에 있어서도 발아 중 일반성분의 함량 변화와 생리활성의 변화, 그 외 각종 효소 활성의 변화 등에 관한 많은 연구가 보고되었다(Sung *et al.*, 2013; Kim *et al.*, 2012; Kim *et al.*, 2011a; Kim *et al.*, 2011b; Jung *et al.*, 2008). 그러나 유색미의 발아에 따른 성분변화에 대한 연구는 미미한 실정이다.

따라서 기능성 성분을 가진 유색미의 발아 기간에 따른 화학성분의 함량의 변화를 살펴보고, 이를 통하여 발아에 따른 일반미와 유색미의 특성을 비교하며, 기능성 식품으로서의 이용을 위한 기초자료를 제공하고자 본 연구를 실시하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험에 사용된 시료는 한국방송통신대학교 농학과에서 2012년 및 2013년에 재배 생산되어 4℃, 습도 35% 저온고에 보관하였던 벼 품종 8가지를 분양받아 시험용 제현기(Ssang Yong Machinery Industry Co. SYTH-88, Korea)를 이용하여 제현한 현

미를 사용하였다. 흰색 과피 품종은 니폰바레(Nipponbare) 및 대립벼1호(Daeripbyeo 1)를 사용하였고, 흑자색 과피 품종은 흑진주벼(Heugjinjubyeo), 대립자미(Daeripjami), 큰눈자미(Keunnunjami), 슈퍼자미(Superjami), 빠른슈퍼자미(Pareunsuperjami), 늦은슈퍼자미(Neugensuperjami)를 사용하였다(Table 1).

### 발아검정

현미를 물 1 L에 스포탁유제 1 mL와 다이아톤 1.25 mL를 넣은 종자소독액에 실온에서 24시간 동안 담가 소독한 뒤, 물 1 L에 스위퍼 1.25 mL를 넣은 침종액에 32℃에서 48시간 침종하였다. 그 후 지름이 90 mm인 petridish에 Whatman No.2 여과지를 2장 깔고 100립씩 치상하였으며, 1일 1회 물을 교환해주었다. 20℃, 25℃, 30℃ 및 35℃의 온도에서 치상 후 8일까지 매일 발아 개체수를 조사하여 발아율을 조사하였다.

### 성분분석

발아 시 현미의 일반성분, 유리당, 유리아미노산의 변화와 DPPH 항산화 효과의 변이현미의 일반성분, 유리당을 성분분석을 위한 시료로 사용하기 위하여 위의 발아시험에서와 같은 방법으로 소독 및 침종한 후 발아기에서 온도를 30℃로 유지하며 8일간 발아하였다. 시료는 발아 0일, 2일, 4일, 6일 및 8일 차에 채취하여 동결건조기(FD5512, Ilshin Lab Co., Ltd., Korea)에서 5일간 동결건조한 후 분쇄기(Cyclotec™ 1093, FOSS Co., Denmark)로 분쇄하여 4℃ 저온고에 보관하며 사용하였다.

### 일반성분

일반성분은 AOAC법에 의하여 분석하였다. 회분 함량은 550℃ 직접회화법, 조단백질 함량은 micro-Kjeldahl법, 조지방은 Soxhelt 추출법으로 분석하여 백분율로 나타내었다.

**Table 1.** Characteristics of tested brown rice varieties.

	Heading date	Moisture content (%)	1,000 grain weight (g)	Length (mm)	Width (mm)	L/W	Volume (mm <sup>3</sup> )	Density (g/mm <sup>3</sup> )	C3G content (mg/100 g)
Nipponbare	8/20	12.77 <sup>a</sup>	22.04 <sup>d</sup>	5.19 <sup>e</sup>	2.90 <sup>c</sup>	1.79 <sup>e</sup>	22.80 <sup>cd</sup>	0.97 <sup>a</sup>	0.00
Daeripbyeo 1	8/15	12.57 <sup>ab</sup>	35.87 <sup>a</sup>	6.30 <sup>bc</sup>	3.45 <sup>a</sup>	1.83 <sup>e</sup>	39.14 <sup>a</sup>	0.92 <sup>ab</sup>	0.00
Heugjinjubyeo	7/25	12.47 <sup>abc</sup>	20.32 <sup>e</sup>	6.30 <sup>bc</sup>	2.59 <sup>e</sup>	2.43 <sup>b</sup>	22.20 <sup>de</sup>	0.92 <sup>ab</sup>	104.80
Daeripjami	8/15	12.40 <sup>bc</sup>	27.18 <sup>c</sup>	6.73 <sup>a</sup>	2.99 <sup>bc</sup>	2.25 <sup>c</sup>	31.57 <sup>b</sup>	0.86 <sup>bc</sup>	371.14
Keunnunjami	8/9	12.00 <sup>d</sup>	18.83 <sup>f</sup>	6.01 <sup>d</sup>	2.53 <sup>e</sup>	2.38 <sup>b</sup>	20.15 <sup>e</sup>	0.93 <sup>ab</sup>	212.56
Superjami	8/25	12.13 <sup>cd</sup>	28.59 <sup>b</sup>	6.66 <sup>a</sup>	3.01 <sup>b</sup>	2.22 <sup>cd</sup>	31.53 <sup>b</sup>	0.91 <sup>abc</sup>	1066.09
Pareunsuperjami	7/30	11.57 <sup>e</sup>	19.13 <sup>f</sup>	6.37 <sup>b</sup>	2.49 <sup>e</sup>	2.56 <sup>a</sup>	20.74 <sup>de</sup>	0.92 <sup>ab</sup>	750.00
Neugeunsuperjami	8/26	12.33 <sup>bcd</sup>	20.50 <sup>e</sup>	6.12 <sup>cd</sup>	2.78 <sup>d</sup>	2.21 <sup>cd</sup>	24.68 <sup>c</sup>	0.83 <sup>c</sup>	844.52

\*\*\*p<0.001

Means in a column by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range test.

**유리당 함량**

현미 발아 기간에 따른 유리당 함량의 분석 조건은 Table 2와 같고, 표준물질은 glucose, fructose, 및 sucrose (Sigma Chemical Co. USA)를 사용하였다.

**유리아미노산 함량**

발아 기간에 따른 유리아미노산의 분석은 다음과 같은 방법으로 수행하였다. 시료 1 g을 70% EtOH에 넣어 60분간 초음파 추출한 후, 24시간 상온에서 추출하였고, 0.2 µm filter를 통과시킨 후 Table 3의 조건에 따라 HPLC로 분석하였다. 반응 프로토콜에 따라 Pre Amino acids 반응이 자동 수행되었으며, 적은 양의 Borate buffer, OPA/MPA, FMOC 시약과 함께 시료를 단계적으로 혼합한 후 반응을 종결하였다. 시료 및 시약은 Agilent사의 1nmol/µl Amino Acid standard (5061-3330), Borate

buffer (5061-3339), OPA reagent (5061-3335) 및 FMOC solution (5061-3337)을 사용하였다.

**결과 및 고찰**

**발아검정**

현미 과피색에 따라 20~35 °C에서 5 °C 간격으로 4처리에서 조사된 발아율은 30 °C에서 흰색 과피 품종이 98.5%, 흑자색 과피 품종이 98.2%로 가장 높은 발아율을 보였고 35 °C에서 가장 낮게 나타내었다(Table 4). 20 °C와 25 °C에서는 흑자색 과피 품종의 발아율이 조금 높은 것으로 조사되었으나 유의한 차이는 없었다.

**일반성분**

현미의 조단백 함량은 흰색 과피 품종이 7.63%, 유색 과피

**Table 2.** Analytical conditions for HPLC in free sugar analysis.

Instrument	Dionex ultimate 3000 (USA / pump, autosampler, oven)
Column	Sugar-pak (Waters, 300*6.5 mm)
Detector	Shodex RI-101 (Japan)
Oven Temp	80 °C
Eluent	Deionized water
flow rate	0.5 ml/min
Injection volume	10 µl

**Table 3.** Analytical conditions for HPLC in free amino acid analysis.

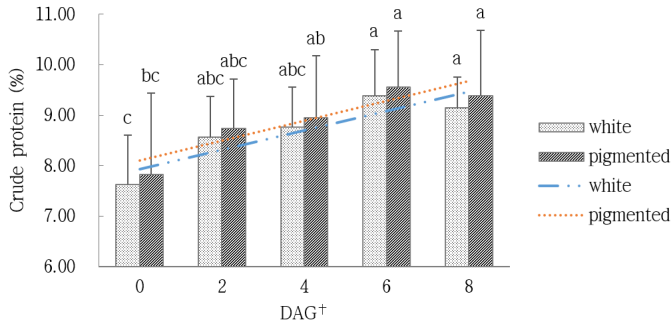
Instrument	Dionex ultimate 3000 (USA / pump, autosampler, oven)
FL Detector	Emission 450 nm, Excitation 340 nm (OPA) Emission 305 nm, Excitation 266 nm (FMOC)
UV Detector	338 nm
Column	C <sub>18</sub> column (4.6 mm*150 mm, 5 µm)
Mobile Phase A	20 mM Sodium phosphate monobasic, pH 7.8
Mobile Phase B	Water / Acetonitrile / Methanol (10 : 45 : 45 v/v%)
Injection Volume	0.5 µl
Column Temperature	40 °C
Sample Temperature	20 °C

**Table 4.** Germination rate of brown rice with different pericarp colors at different temperatures.

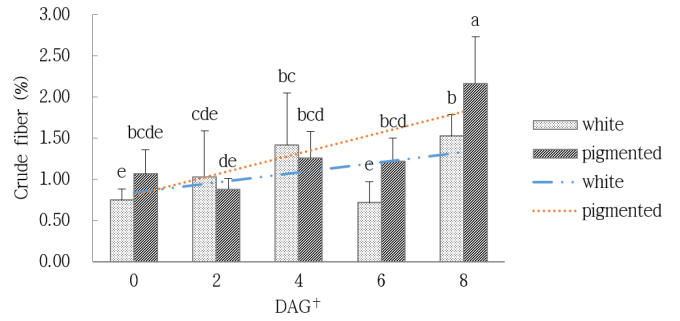
Pericarp color	Germination temperature (°C)			
	20	25	30	35
Normal	93.5 <sup>a</sup>	96.0 <sup>a</sup>	98.5 <sup>a</sup>	87.5 <sup>b</sup>
Black	96.0 <sup>a</sup>	97.5 <sup>a</sup>	98.2 <sup>a</sup>	86.5 <sup>b</sup>
Red	90.0 <sup>a</sup>	95.5 <sup>a</sup>	97.5 <sup>a</sup>	97.0 <sup>a</sup>

NS: no signification \*\*p<0.01

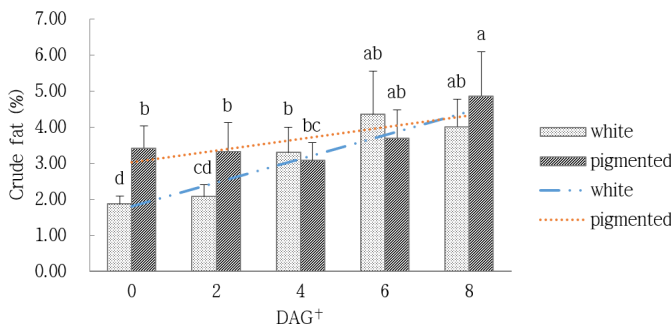
Means in a row by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range test. Means in a column by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range test.



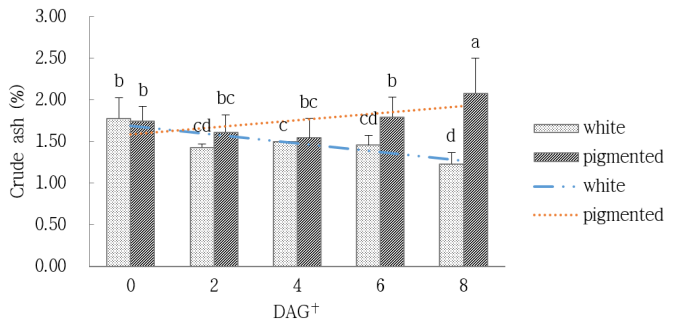
**Fig. 1.** Changes in crude protein contents in brown rice with different pericarp colors during germination.  
<sup>†</sup>DAG: Days after germination.



**Fig. 3.** Changes in crude fiber contents in brown rice with different pericarp colors during germination.  
<sup>†</sup>DAG: Days after germination.



**Fig. 2.** Changes in crude fat contents in brown rice with different pericarp colors during germination.  
<sup>†</sup>DAG: Days after germination.



**Fig. 4.** Changes in crude ash contents in brown rice with different pericarp colors during germination.  
<sup>†</sup>DAG: Days after germination.

품종이 7.87%로 유색 과피 품종이 약간 높았으며 발아기간이 경과함에 따라서도 유사한 차이를 유지하였다(Fig. 1). 발아 현미의 조단백 함량은 발아 6일째에 가장 높게 나타났으며 발아기간이 경과함에 따라 증가하다가 8일째에는 감소하였다. 이와 같은 결과는 유색 과피 품종이 흰색 과피 품종에 비하여 조단백 함량이 많은 경향을 보였다고 보고한 Kim (1999)의 연구와 발아기간에 따른 대두 품종별 이소플라본 및 영양성분 변화(Jeon *et al.*, 2005), 발아기간에 따른 벼의 화학성분 변화 (Kim *et al.*, 2011b) 및 한국산 발아벼의 이화학적 성분 변화 (Kim, 2008)에서도 조단백 함량이 지속적으로 증가한다고 보고하여 본 실험과 같은 경향을 보였다.

현미의 조지방 함량은 유색 과피 품종이 3.54%, 흰색 과피 품종이 1.87%로 유색 과피 품종에서 뚜렷하게 많았지만 발아 4일차와 6일차에는 흰색 과피 품종이 함량이 높아졌으나, 8일차에는 유색 과피 품종이 4.99%, 흰색과피 품종이 4.01%였으며, 유의한 차이는 인정되지 않았다(Fig. 2).

흰색 과피 품종과 유색 과피 품종의 현미에서 각각 0.75%, 1.00% 함유되어 있던 조섬유 함량이 발아 후 8일째에 1.52%, 2.25%까지 약 2배씩 유의적으로 증가하였으나(p<0.05) 발아 기간 내에 과피 색에 따른 일정한 경향은 없었다(Fig. 3).

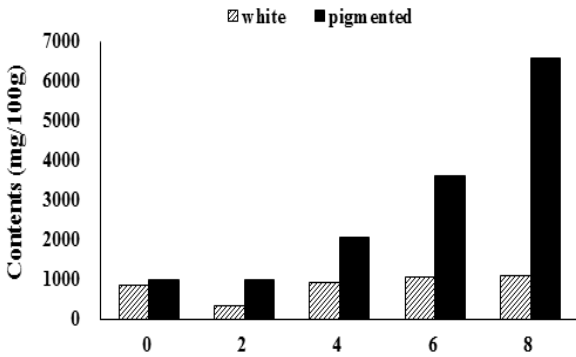
현미의 조회분 함량과 발아 기간에 따른 발아 현미 조회분 함량 간에 일정한 경향은 보이지 않았다(Fig. 4). Kim *et al.* (2011b)은 발아 기간에 따라 조회분 함량이 약간 감소하였지만 유의하지 않았다고 보고하였고, Lee *et al.* (2007)은 벼에서 발아 후 조회분이 증가하였으나 대체로 유의적인 차이는 없었다고 보고하였으며, 발아에 따른 몇 가지 맥류의 화학성분 변화를 연구한 Kim *et al.* (2010)은 발아 전 후 조회분의 유의적인 차이가 없다고 보고하여 연구자에 따라 각기 다른 결과를 보였다. 본 연구에서도 흰색 과피 품종의 경우 조회분 함량이 발아 기간에 따라 감소하는 경향을 보였으나, 유색 과피에서는 발아 4일차까지 감소하다가 다시 증가하는 결과를 보였다.

**유리당 함량**

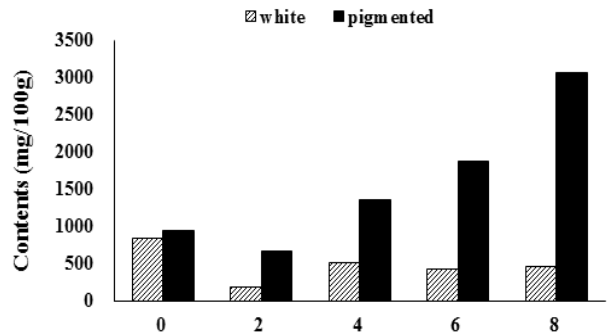
발아 전 현미 상태에서 유리당 함량은 흰색 과피 품종은 872.66 mg/100 g, 유색 과피 품종은 980.44 mg/100 g으로 비슷한 수준이었으나, 발아 기간이 경과함에 따라 흰색 과피 품종에서는 비슷한 수준을 유지하였으나, 유색 과피 품종에서 유의하게 증가하여 발아 전에 비해 발아 8일째에는 6,591.76 mg/100 g으로 약 6.7배 증가하였다(Fig. 5-a).

유리당 중 sucrose의 함량 변화를 살펴보면 발아 전 현미의

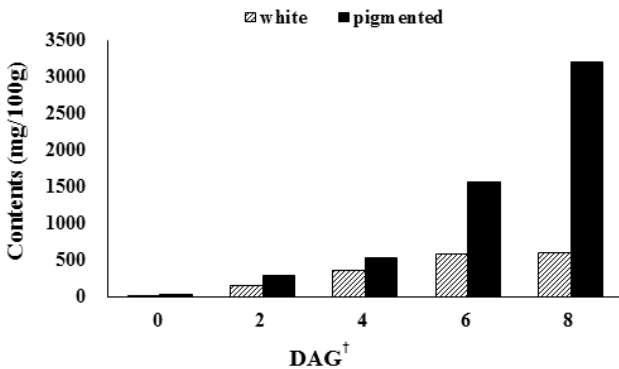
a) Total free sugar



b) Sucrose



c) Glucose



d) Fructose

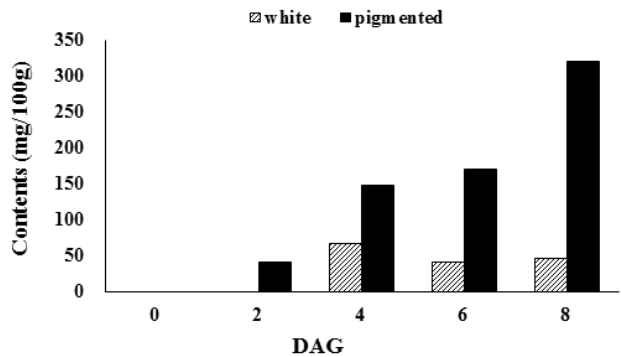


Fig. 5. Changes in free sugar contents in brown rice with different pericarp colors during germination.

†DAG: Days After Germination

함량과는 관계없이 발아 후 2일째에 모든 과피색 품종군에서 감소하다가 흰색 과피 품종은 발아 기간이 경과함에 따라 현미 함량보다 낮은 수준에서 증감하였으나, 흑자색 과피 품종은 계속 증가하여 950.26 mg/100 g에서 발아 8일째는 3061.54 mg/100 g으로 약 3.2배 증가하였다(Fig. 5-b). Kim et al. (2001)은 발아 초기에 sucrose와 glucose가 유리당의 주종을 이루고 있으나 발아가 진행될수록 감소한다고 하였는데, 본 실험에서도 이와 유사하게 발아 후 2일째에 sucrose 함량이 감소하는 것은 발아 초기에 종실에 함유되어 있던 sucrose가 호흡의 기질로 이용되기 위하여 glucose와 fructose로 가수분해되기 때문인 것으로 생각된다.

Glucose 함량은 과피색에 관계없이 발아 기간이 경과함에 따라 증가하는 경향을 보였는데 흰색 과피 품종은 26.8배, 적색 과피 품종은 106.3배로 유색품종에서 증가폭이 더 뚜렷하였다(Fig. 5-C).

Fructose의 함량 변화를 살펴보면 현미 상태에서는 검출되지 않았고, 흰색 과피 품종은 발아 4일차에 검출되어 발아 기간이 경과할수록 감소하였으나 유의한 차이는 없었고, 유색 과피 품종에서는 발아 2일차에 검출되어 증가하는 경향이였다(Fig. 5-d).

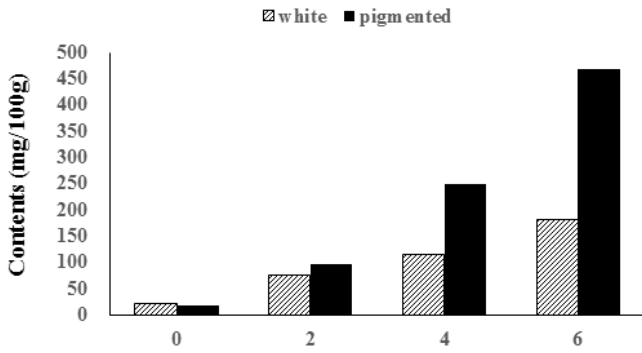
이상의 유리당의 함량 변화를 종합해 보면 흰색 과피 품종은 glucose 함량이 현미 상태보다 증가하는 경향이었고 sucrose와 fructose는 일정한 경향이 없었으며, 유색 과피 품종은 발아 기간이 경과할수록 증가하였는데, Kim (2008)의 연구에서는 glucose, fructose, maltose, 및 전당 함량이 발아 후 증가하여 본 실험과 같은 경향이였다.

**유리 아미노산 함량**

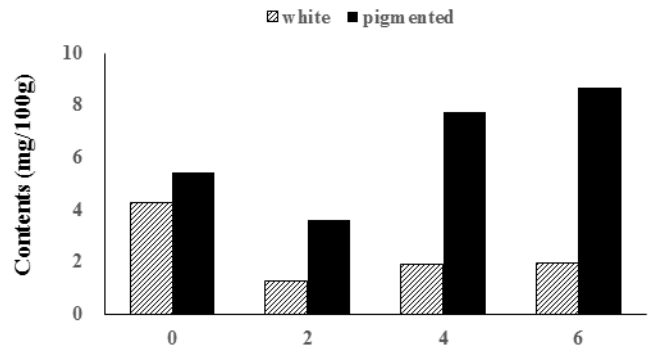
흰색 과피와 유색 과피 품종 현미의 발아 기간이 경과함에 따라 유리 아미노산 총량이 증가하였는데, 흰색 과피 품종에 비하여 유색 과피 품종에서 증가량이 많았고, 발아 4일째부터 급격히 증가하였다(Fig. 6). 현미 함량에 비해 발아 6일째 함량의 증가율을 보면 GABA 172.3배, glutamic acid 4.1배, asparagine 1.6배, aspartic acid 1.6배였으며 lysine은 현미에서는 검출되지 않았으나 발아 후 8일째에 15.58 mg/100 g까지 증가되었다.

한편 흰색 과피 품종에서의 함량 변화를 보면 현미의 함량보다 발아 6일째 증가율이 GABA 107.3배, glutamic acid 1.7

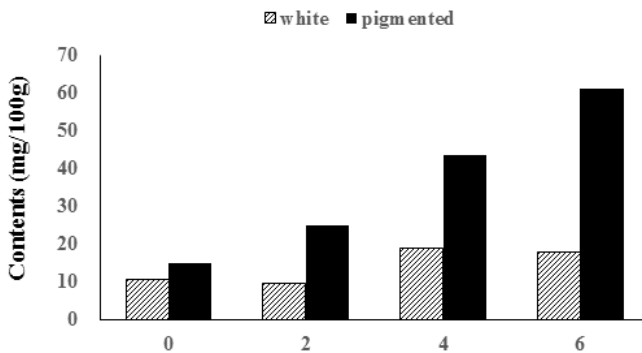
a) Total amino acid



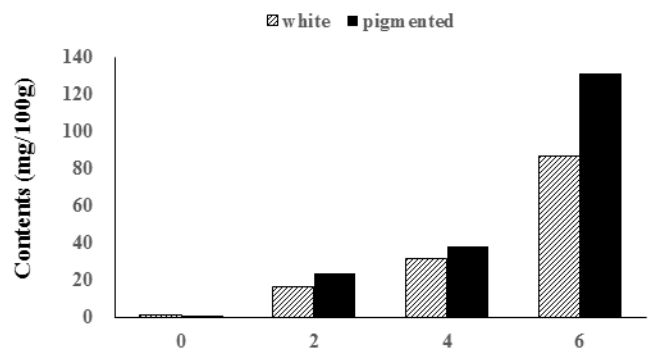
b) Aspartic acid



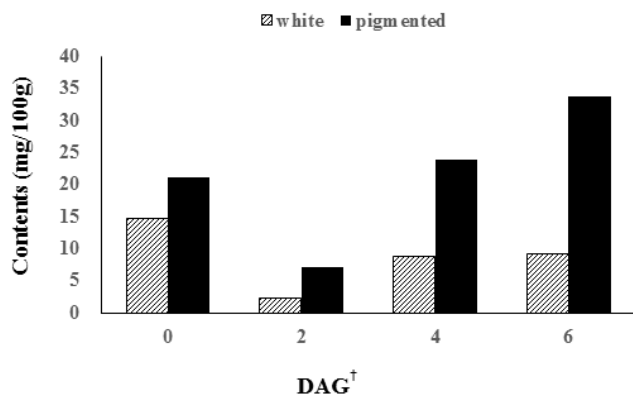
c) Glutamic acid



d) GABA



e) Asparagine



f) Lysine

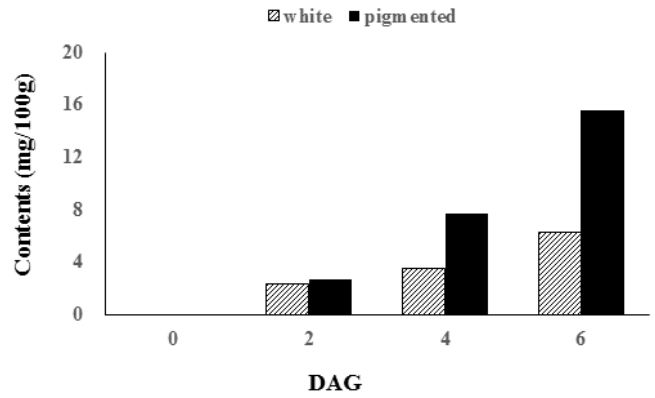


Fig. 6. Changes in free amino acid contents in brown rice with different pericarp colors during germination. †DAG: Days After Germination

배 증가하였고, asparagine 0.6배, aspartic acid 0.5배로 감소하였다. lysine은 현미에서는 검출되지 않았으나 발아 후 6일째에 6.24 mg/100 g으로 증가되었다(Fig. 6).

적 요

본 연구는 유색 과피 품종의 발아 기간에 따른 화학성분 함량 변화를 조사하여 기능성 식품으로 활용할 기초자료를 제공

하기 위하여 흰색 과피 2품종과 흑자색 과피 6품종에 대하여 성분 변화를 분석한 결과는 다음과 같다.

발아 기간이 경과함에 따라 조단백질 함량은 증가하는 경향으로 발아 6일째에 가장 높았다. 조지방 함량은 흰색 과피 품종에서는 발아 후 6일에 가장 높았으나, 흑자색 과피 품종에서는 발아 4일째 감소 후 계속 증가하여 8일에 가장 높았다. 조섬유 함량은 발아 후 8일째까지 가장 높았으나 발아 기간 중 경향이 일정하지 않았다. 유색 과피 품종의 sucrose, glucose 및 fructose

함량은 발아 기간이 경과할수록 증가하였으나, 흰색 과피 품종에서는 glucose 함량이 발아 후 8일에 현미 상태보다 증가하였고 sucrose와 fructose는 일정한 경향이 없었다. 흑자색 과피 품종의 발아현미 GABA, alanine, glutamic acid, asparagine, aspartic acid은 발아 기간이 경과할수록 증가하는 경향이다. 특히 GABA는 172배 증가하였다. 흰색 과피 품종에서는 aspartic acid와 asparagine은 발아 전 현미 함량보다 감소하였다. Lysine은 모든 품종에서 발아 전에는 검출되지 않았으나 발아 2일부터 검출되었는데, 발아 6일에 흰색 과피 품종에서는 6.24 mg/100 g, 유색 과피 품종에서는 15.58 mg/100 g로 증가하였다.

## 사 사

이 논문은 농촌진흥청 차세대바이오그린21(식물분자유종 사업단 PJ01314002)의 지원에 의해 이루어진 것임

## 인용문헌(REFERENCES)

- Choi, K. S. and Z. U. Kim. 1985. Changes in lipid components during germination of mung bean. *Korean J. Food Sci. Technol.* 17(4).
- Chung, D. S. and H. K. Kim. 1998. Changes of protein and lipid composition during germination of *Perilla frutescens* seeds. *Korean J. Life Science.* 8(3) : 318-325.
- Jeon, S. H., K. A. Lee, and K. E. Byoun. 2005. Studies on Changes of Isoflavone and Nutrients during Germination of Soybean Varieties. *Korean Journal of Human Ecology.* 14(3) : 485-489.
- Jung, H. Y., D. H. Lee, H. Y. Baek, and Y. S. Lee. 2008. Pre- and post-germination changes in pharmaceutical compounds of fermented brown rice. *Korean J. Crop Sci.* 53(S) : 37-43.
- Kim, C. Y. 1999. A Study on the Growth Characteristics and Analysis of Chemical Component of Grains as Affected by Cultivation Methods in the Colored Rice and Aromatic Rice Varieties. PhD Thesis, Chung Nam National University.
- Kim, D. J., S. K. Oh, M. R. Yoon, A. R. Chun, I. S. Choi, D. H. Lee, J. S. Lee, K. W. Yu, and Y. K. Kim. 2011a. The change in biological activities of brown rice and germinated brown rice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 40(6) : 781-789.
- Kim, H. Y. 2012. Identification and chemopreventive effects of bioactive compounds from germinated rough rice (*Oryza sativa* L.). PhD Thesis, Chungbuk National University.
- Kim, H. Y., S. H. Lee, I. G. Hwang, T. M. Kim, D. S. Park, J. H. Kim, D. J. Kim, J. S. Lee, and H. S. Jeong. 2012. Antioxidant activity and anticancer effects of rough rice (*Oryza sativa* L.) by germination periods. *J. Korean Soc Food Sci Nutr.* 41(1) : 14-19.
- Kim, H. Y., I. G. Hwang, T. M. Kim, D. S. Park, J. H. Kim, D. J. Kim, Y. R. Lee, J. S. Lee, and H. S. Jeong. 2011b. 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, H. Y., I. G. Hwang, K. S. Woo, K. H. Kim, K. J. Kim, C. K. Lee, J. S. Lee, and H. S. Jeong. 2010. Chemical Components Changes of Winter Cereal Crops with Germination. *J. Korean Soc Food Sci Nutr.* 39(11), 1700-1704.
- Kim, I. S., S. H. Han, and K. W. Han. 1997. Study on the chemical change of amino acid and vitamin of rapeseed during germination. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 26(6) : 1058-1062.
- Kim, I. S., T. B. Kwon, and S. K. Oh. 1988a. Study on the chemical change of general composition, fatty acids and minerals of rapeseed during germination. *Korean J. Food Sci. Technol.* 20(2) : 188-193.
- Kim, I. S., T. B. Kwon, and S. K. Oh. 1988b. Study on the compositional change of free sugars and glucosinolates of rapeseed during germination. *Korean J. Food Sci. Technol.* 20(2) : 194-199.
- Kim, J. Y. 2008. Changes in Chemical Components of Korean Rough Rice During Germination. Master Thesis, Chung Buk National University.
- Ko, J. Y., S. B. Song, J. S. Lee, J. R. Kang, M. C. Seo, B. G. Oh, D. Y. Kwak, M. H. Nam, H. S. Jeong, and K. S. Woo. 2011a. Changes in chemical components of foxtail millet, proso millet, and sorghum with germination. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 40(8) : 1128-1135.
- Kim, K. B. 2012. Physicochemical properties of Superjami and quality characteristics of cooked rice and seolgitteok using Superjami. PhD Thesis, Kyung Hee University.
- Kim, S. L., Y. K. Son, J. R. Son, and H. S. Hur. 2001. Effect of Germination Condition and Drying Methods on Physicochemical Properties of Sprouted Brown Rice. *Korean J. Crop Sci.* 46(3) : 221-228
- Lee, E. H. and C. J. Kim. 2008. Nutritional changes of buckwheat during germination. *Korean J. Food Culture.* 23(1) : 121-129.
- Lee, M. H., H. S. Son, O. K. Choi, S. K. Oh, and T. B. Kwon. 1994. Changes in physico-chemical properties and mineral contents during buckwheat germination. *Korean J. Food & Nutrition.* 7(4) : 267-273.
- Lee, Y. R., J. Y. Kim, K. S. Woo, I. G. Hwang, K. H. Kim, K. J. Kim, and J. H. Kim. 2007. Changes in the chemical and functional components of Korean rough rice before and after germination. *Food Sci. Biotechnol.* 16(6) : 1006-1010.
- Mo, K. H., Y. M. Choi, S. G. Choi, and J. S. Lee. 2006. The change of some compounds in brown rice germinated by filtrate of loess suspension. *J. Agriculture and Life Sciences.* 40(2) : 41-48.
- Ryu, S. N., S. Z. Park, and S. S. Kang. 2005. Studies on exploration and expansive use of genetic variation of functional substances in rice. RDA report.
- Sung, J. H., J. S. Lee, S. K. Oh, J. S. Lee, and W. S. Choi. 2013. Changes in phytochemical content and antiproliferative activity of germinated Geunnun and Ilpum rice varieties. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 42(7) : 1157-1161.