

## 유색미의 화학적성분 및 항산화활성

김은옥 · 오지혜 · 이기택<sup>1</sup> · 임정교<sup>2</sup> · 김성수<sup>3</sup> · 서학수<sup>3</sup> · 최상원<sup>†</sup>

대구가톨릭대학교 식품영양학과, <sup>1</sup>충남대학교 식품공학과,

<sup>2</sup>대구미래대학 제과데코레이션과, <sup>3</sup>영남대학교 자연자원대학 생물자원학부

## Chemical Compositions and Antioxidant Activity of the Colored Rice Cultivars

Eun-Ok Kim, Ji-Hae Oh, Kee-Taek Lee<sup>1</sup>, Jung-Gyo Im<sup>2</sup>, Sung-Soo Kim<sup>3</sup>  
Hak-Soo Suh<sup>3</sup> and Sang-Won Choi<sup>†</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Science and Nutrition, Catholic University of Daegu, Gyeongsan 712-702, Korea,

<sup>2</sup>Department of Food Science and Technology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

<sup>3</sup>Department of Confectionary Decoration, Daegu Mirae College, Gyeongsan 712-716, Korea

<sup>3</sup>School of Biological Resources, College of Natural Resources, Yeungnam University, Gyeongsan 712-749, Korea

### Abstract

The chemical compositions and antioxidant activities of four different colored rice cultivars (white-colored rice: WCR, brown-colored rice: BCR, brown-colored waxy rice: BCWR, black-colored rice: BKCR) were investigated to evaluate the quality characteristics of the new brown rice cultivars. There was no significant differences in chemical compositions amongst the four rice cultivars, although WCR had higher amount of carbohydrate than did the other rice cultivars. The major fatty acids in the four rice cultivars were linoleic, oleic and palmitic acids, which accounted for about 96% of total fatty acids. Of note, higher amounts of saturated fatty acids (24.8%) and lower amount of unsaturated fatty acids (75.2%) were observed in BKCR than in the other rice cultivars. Two brown-colored rice cultivars, BCR and BCWR, possessed higher amounts of linoleic acid (40.8% and 42.1%, respectively) than did the other cultivars. The highest level of  $\alpha$ -tocopherol was found in WCR (51.3 mg%), followed by BKCR (38.6 mg%), BCWR (37.2 mg%), and BCR (34.5 mg%). Free amino acid analysis showed that aspartic and glutamic acids were major amino acids of all cultivars, whereas phenylalanine, lysine, and histidine were minor. Particularly, relatively higher contents of aspartic and glutamic acids were found in BKCR, while relatively higher levels of alanine and  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA) were observed in BCR and BCWR. Also, BKCR had the highest phenolic content and antioxidant activity of any cultivar, followed by the two brown-colored rice cultivars and WCR. These results suggested that the new brown rice cultivars may possess quality characteristics intermediate between those of WCR and BCR.

**Key words :** rice cultivars, chemical compositions, antioxidant activity

### 서 론

쌀은 우리의 주된 식량자원으로서 거의 대부분 밥으로 소비되고 있으며, 술이나 떡, 쌀과자, 식혜 등과 같이 가공식품의 형태로 소비되는 양은 전체 쌀 생산량의 2~3% 정도로

매우 미미한 수준이다(1). 최근 식생활의 서구화의 추세에 따라 쌀의 소비량은 해마다 크게 감소하고 있으며, 특히 사회 전반에 걸쳐 일어나고 있는 건강지향의 well-being 봄을 타고 천연 유래의 건강식품에 대한 소비자들의 기호성의 증대에 따라 보다 영양성과 기능성이 강화된 새로운 쌀의 개발이 요구되고 있다(1,2).

국내에서의 벼 생산량은 약 550 만톤 정도로 거의 대부분

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail : swchoi@cu.ac.kr,  
Phone : 82-53-850-3525, Fax : 82-53-850-3516

일반미(백색미)가 차지하고 있는 반면, 다른 유색미, 향미 및 강화미 등의 기능성 쌀의 생산량은 아주 미비한 실정이다(3). 국내 쌀 품종 중 기능성 쌀로 알려진 것으로는 향미1호, 향미2호, 흑향미, 흑진주벼, 적진주벼, 흑남미 및 고아미 등이 있다(4). 향미는 밥을 지울 때 향기가 나는 식미 개선용 쌀이기에 진정한 기능성 쌀로 보기 어렵다. 또한, 흑진주벼, 적진주벼, 흑남미 등의 흑미는 현미의 종피색만 착색된 것으로 도정하여 먹는 밥쌀용의 기능성 쌀로 보기 어렵다. 그러나 고아미는 다른 쌀보다 아밀로스 함량이 높은(아밀로스 함량: 27%) 고아밀로스이어서 고아미로 명명된 품종으로 식이섬유 함량이 높고 소화율이 낮아서 당뇨개선 또는 다이어트 효과가 있는 것으로 알려져 있다(2,4). 그러나 생산성이 낮아 아직까지 본격적으로 널리 보급되지 못하고 있는 실정이기에 현재 고기능성의 새로운 쌀 품종의 개발이 절실히 필요한 실정이다.

쌀은 다른 곡류에 비해 당 함량이 높은 반면, 지방 및 단백질 함량이 낮고 특히 미네랄 및 비타민 함량이 매우 낮은 편이다(5,6). 그러나 최근 쌀에 함유된 쌀눈은 배유과 비교하여 양질의 단백질과 지방, 그리고 무기질 및 비타민 A, B, E 등이 함유된 좋은 영양원으로서 그 기능성을 인정받고 있으며, 아울러 쌀 기름은 oleic, linoleic 및 linoleic acids 와 같은 불포화지방산을 다량 함유하고 있을 뿐 아니라 phytosterol,  $\gamma$ -oryzanol 및 tocol 유도체와 같은 항암, 항고혈압, 항혈액응고 및 항산화물질의 함량이 높아 기능성 신소재로써 각광을 받고 있다(7-11). 또한, 발아(현)미는 항노화 및 항고혈압성 생리활성물질로 알려진  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA) 뿐만 아니라 필수아미노산인 leucine, isoleucine 및 methionine 함량이 높고 식이섬유를 다량 함유하고 있어 최근 그 소비가 크게 증가하고 있다(12-14). 그러나 이러한 쌀의 일반성분 및 기능성 성분 함량 및 조성 그리고 여러 가지 품질 특성은 쌀의 품종, 도정율, 저장 및 가공방법 그리고 재배지역에 따라 큰 차이가 있다(15-18).

본 연구는 새로 육종된 갈색미를 이용한 다양한 가공식품을 개발하기 위한 연구의 일환으로 먼저 4가지 쌀 품종(백색미, 갈색메벼, 갈색찰벼 및 흑미)의 화학적성분의 조성 및 함량과 그리고 그들 쌀추출물의 항산화활성을 3가지 *in vitro assays*을 이용하여 각각 측정하고 비교 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용한 유색미는 영남대학교 생물자원학부에서 개발한 두 가지 갈색미 즉, 갈색찰벼(품종명: 노른자찰)와 갈색메벼(품종명: 금탑), 영남농업연구소에서 육성한 흑미(품종명: 조생흑찰), 그리고 대조 품종으로서 백색미를(품종명: 주안벼) 각각 공시재료로 사용하였다. 각 시료는

실험전 벼를 소형 현미기로 (쌍용기계산업, 한국) 도정하여 현미를 만든 다음 polyethylene film에 넣어 곧바로 냉장보관하면서 실험에 사용하였다. 실험은 모두 2회 반복하여 (항산화활성은 제외) 측정한 뒤 그 평균값으로 하였다.

### 쌀의 기름 및 에탄올추출물 조제

4가지 쌀 품종 각 50 g을 coffee maker (Samsung, Korea)로 분쇄한 (20-40 mesh) 후 여기에 0.01% BHT (butylated hydroxytoluene, Jusei Chem. Co., Ltd. Japan)와 CHCl<sub>3</sub>-MeOH (2:1, v/v) 혼합용액 500 mL를 가한 후 40°C에서 3시간 동안 ultrasonicator (Bransonic, Danbury, USA)에서 2회 반복하여 기름을 추출한 후 Whatman No. 14 여과지로 여과하여 기름추출액과 탈지박을 각각 얻었다. 다음, 기름 추출액은 40°C 이하에서 김압농축한 후 다시 CHCl<sub>3</sub> 용액을 가하여 용해시킨 다음 여기에 중류수를 가하여 분획하여 하층의 CHCl<sub>3</sub>층을 얻고 무수황산나트륨으로 탈수한 후 농축하여 쌀지질을 얻었다. 또한, 앞서 얻어진 탈지박은 50°C 건조기에서 하룻밤 건조한 후 (탈지박 10 g) 여기에 50% 및 80% 에탄올수용액을 각각 200 mL를 순차적으로 가하여 ultrasonicator에서 2시간 동안 2회 반복 추출한 후 여과 및 농축하여 쌀의 탈지박 에탄올추출물을 얻었다.

### 일반성분

품종별 쌀의 일반성분 함량은 식품공전의 방법(19)에 따라 실시하였다. 수분은 105°C 상압건조법, 조지방은 Soxhlet 법, 조단백질은 micro-Kjeldahl법, 회분은 550°C 직접회화법, 그리고 조섬유는 헨네베르크 · 스토오만개량법으로 각각 측정하였다.

### 지방산 조성 분석

쌀지질의 지방산조성 함량은 Kwon 등(20)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 앞서 얻어진 쌀지질을 100 mg을 test tube (10 mL)에 넣고 6% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (in MeOH) 3 mL를 가하여 용해한 후 여기에 내부표준물질 heptadecanoic acid (1 mg/mL in *n*-hexane) 10  $\mu$ L를 넣은 후 vortex한 다음 100°C water bath에서 20분간 증탕하여 methylation 시켰다. 여기에 *n*-hexane 2 mL를 넣어서 교반한 후 얻어진 *n*-hexane 층을 무수 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 가하여 탈수한 다음 1  $\mu$ L를 Gas Chromatography(Hewlett-Packard 6890 series, USA) 사용하여 지방산을 분석하였다. 이때 column은 Supelcowax™- 10 을, column 온도는 100°C(5분간 유지시킨 후  $\rightarrow$  4°C/min 승온  $\rightarrow$  220°C에서 20분간 유지), injection 온도는 250°C, 검출기는 FID (Flame Ionized Detector, 260°C), 그리고 carrier gas는 N<sub>2</sub>(52.5 mL/min)을 각각 사용하였다.

### Tocopherol 함량 측정

쌀지질의 tocopherol 함량은 Kwon 등(20)의 방법에 따라

측정하였다. 쌀지질 0.1 g을 *n*-hexane 10 mL에 용해한 후 PTFE syringe filter (25 mm, 0.2 µm, Whatman)를 사용하여 간압여과시킨 다음 HPLC (Younglin Acme, Korea)를 사용하여 4가지 tocopherol 성분 ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - 및  $\delta$ -tocopherol)의 함량을 측정하였다. 이때, column은 LiChrosorb DIOL (5 µm, 3 × 100 mm)를, 분석용매는 *n*-hexane:acetic acid (1000:1, v/v)를 각각 사용하였으며, 그리고 파장 295 nm의 UV detector (Younglin Absorbance, Korea)와 유속은 0.5 mL/min에서 측정하였으며, 이때 sample 주입량은 10 µL이었다.

#### 유리아미노산의 함량 측정

쌀의 유리아미노산 함량은 Kwon 등(20)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 분쇄한 쌀(10 g)을 75% 에탄올수용액(100 mL)으로 환류냉각 장치가 부착된 추출기에서 2시간 동안 2회 반복 추출한 후 여과 및 농축하여 에탄올추출물을 제조하였다. 다음, 이 추출물을 다시 아미노산 분석용 완충액 (0.2 M lithium citrate buffer, pH 2.8)으로 충분히 용해한 후 하룻밤 방치하고 난 다음 여과하여 100 mL로 정용하였다. 이 액을 적당히 아미노산 완충액으로 희석하여 0.45 µm membrane filter (Gelman, Ann Arbor, MI, USA) 통과시킨 다음 HPLC (Biochrom 30, Biochrom Ltd., UK)를 이용하여 유리아미노산 함량을 측정하였다. 이때 사용한 HPLC 분석조건은 전보(20)와 동일하게 실시하였다.

#### 수용성 폐놀 함량 측정

쌀의 수용성폐놀 함량은 Folin-Ciocalteu 시약을 이용하여 Singleton & Rossi(21)의 방법에 따라 다음과 같이 실시하였다. 즉, 쌀 에탄올추출액(0.5 mL, ethanol extracts/ 100 mL)에 Folin-Ciocalteu 시약 (5 mL)을 가한 후 신속하고 충분히 혼합한 다음 다시 10% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액 (5 mL)을 가한 후 1시간 방치한 다음 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 수용성폐놀 함량은 gallic acid로 환산하여 % (dry base)로 나타내었다.

#### 항산화활성 측정

쌀의 에탄올추출물의 항산화활성은 Kwon 등(20)의 방법에 따라 3가지 *in vitro* assays를 이용하여 DPPH, superoxide anion 및 hydroxyl radical scavenging activity를 각각 측정하였다. 이때 DPPH radical 포착활성은 0.1 mM DPPH radical에 시료(1~10 mg/mL in EtOH)를 가하여 25°C에서 10 분간 반응시킨 후 516 nm에서 흡광도를 측정하였다. 또한, superoxide anion radical 포착활성은 xanthine/xanthine oxidase에 의해 유도된 superoxide anion을 NBT로 발색하여 형성된 formazan을 560 nm에서 측정하였다. 그리고 hydroxyl radical 포착활성은 Fenton 반응(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/Fe<sup>3+</sup>/L-AsA)에 의해 생성된 hydroxyl radical에 의한 2-deoxyribose

분해반응을 이용하여 측정하였다. 이때 각 라디컬에 대한 시료의 IC<sub>50</sub>치(각 라디컬의 생성을 50% 저해하는 농도)는 3가지 다른 농도에서 각각 측정하여 나온 결과를 활용하여 회귀분석그래프를 작성한 후 얻었으며, 품종간 항산화활성의 유의성 분석은 Duncan's multiple range test를 이용하여 p<0.05 수준에서 검증하였다.

## 결과 및 고찰

#### 일반성분의 함량

쌀 품종별 (백색미, 갈색메벼 및 갈색찰벼, 흑미)의 일반성분을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 먼저 백색미의 수분 함량은 12.14%, 당 (조섬유 1.78%) 76.71%, 조단백질 7.0%, 조지방 2.79%, 및 조회분 1.36%로 분석되었다. 반면, 갈색메벼는 수분 14.33%, 당 72.95% (조섬유 1.96%), 조단백질 8.20%, 조지방 3.04%, 및 조회분 1.48% 이었으며, 또한 갈색찰벼는 수분 14.08%, 당 73.41% (조섬유 1.72%), 조단백질 7.86%, 조지방 3.30%, 및 조회분 1.35% 이었고, 흑미는 수분 12.61%, 당 73.88% (조섬유 1.92%), 조단백질 8.68%, 조지방 3.35%, 및 조회분 1.48%로 나타났다. 이와같이 4가지 쌀 품종중 백색미가 다른 품종보다 당 함량이 높았으나 그 외 일반성분의 함량은 다른 유색미보다 낮은 경향을 나타내었다. 그리고 새로 육종된 갈색메벼 및 갈색찰벼는 흑미와 같이 백색미보다 당 함량이 낮았으나 조지방 및 조단백질 함량은 대체적으로 높은 경향을 나타내었다.

Table 1. Comparison of proximate compositions of four different rice cultivars

Proximate composition	Content (%)			
	White colored-rice	Brown colored-rice	Brown colored-waxy rice	Black colored-rice
Moisture	12.14 ± 0.06 <sup>b</sup>	14.33 ± 0.16 <sup>a</sup>	14.08 ± 0.11 <sup>a</sup>	12.61 ± 0.07 <sup>b</sup>
Carbohydrates	76.71 ± 0.20 <sup>a</sup> (1.78 ± 0.09) <sup>*</sup>	72.95 ± 0.11 <sup>b</sup> (1.96 ± 0.04)	73.41 ± 0.19 <sup>b</sup> (1.72 ± 0.09)	73.88 ± 0.02 <sup>b</sup> (1.92 ± 0.04)
Crude protein	7.00 ± 0.10 <sup>d</sup>	8.20 ± 0.05 <sup>b</sup>	7.86 ± 0.06 <sup>c</sup>	8.68 ± 0.03 <sup>a</sup>
Crude lipid	2.79 ± 0.05 <sup>c</sup>	3.04 ± 0.02 <sup>b</sup>	3.30 ± 0.06 <sup>a</sup>	3.35 ± 0.04 <sup>a</sup>
Crude ash	1.36 ± 0.01 <sup>b</sup>	1.48 ± 0.02 <sup>a</sup>	1.35 ± 0.06 <sup>b</sup>	1.48 ± 0.08 <sup>a</sup>

All values represent mean ± S.D. of duplicate determinations.

Values with the different superscript in each row are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

\*Content of crude fiber.

지금까지 보고된 쌀의 일반성분에 관한 연구결과에 의하면 쌀은 품종에 따라 일반성분의 함량이 차이가 있으나 일반적으로 당 함량이 74% 이상 차지하고 있으며, 그 외 단백질 6~9%, 지방 1~3% 및 조회분 0.6~1.6%로 구성되어 있으며, 또한 흑미와 같은 유색미는 당 77.8%, 단백질

6%, 지방 1.9% 및 조회분 1.1%이고, 그리고 찹쌀은 당 75%, 단백질 7%, 지방 3% 및 조회분 1.3%로서 알려져 있다(23-25). 따라서 본 연구에서 조사된 4가지 쌀 품종의 일반 성분의 함량은 그와 유사한 경향을 나타내었다.

### 지방산 조성 함량

쌀 품종별 지질의 지방산 조성을 GC로 분석한 결과는 Table 2와 같다. 먼저 백색미의 지방산조성을 보면 palmitic acid ( $C_{16:0}$ ) 19.7%, stearic acid ( $C_{18:0}$ ) 1.7%, oleic acid ( $C_{18:1}$ ) 36.8%, linoleic acid ( $C_{18:2}$ ) 39.2%, linolenic acid ( $C_{18:3}$ ) 2.1% 및 eicosenoic acid ( $C_{20:1}$ ) 0.5 mol%로 나타났다. 반면, 갈색 메벼 및 갈색찰벼는 palmitic acid ( $C_{16:0}$ ) 20.4% & 19.9%, stearic acid ( $C_{18:0}$ ) 1.7% & 1.6%, oleic acid ( $C_{18:1}$ ) 34.8% & 34.2%, linoleic acid ( $C_{18:2}$ ) 40.8% & 42.1%, linolenic acid ( $C_{18:3}$ )는 다같이 1.9%, 및 eicosenoic acid ( $C_{20:1}$ ) 0.4% & 0.3 mol%로 각각 분석되었다. 그리고 흑미는 palmitic acid ( $C_{16:0}$ ) 22.9%, stearic acid ( $C_{18:0}$ ) 1.9%, oleic acid ( $C_{18:1}$ ) 37.8%, linoleic acid ( $C_{18:2}$ ) 35.2%, linolenic acid ( $C_{18:3}$ ) 1.7% 및 eicosenoic acid ( $C_{20:1}$ ) 0.5 mol%로 나타났다.

Table 2. Comparison of fatty acid compositions of four different rice cultivars

Fatty acid	Content (Mol %)			
	White colored-rice	Brown colored-rice	Brown colored-waxy rice	Black colored-rice
Palmitic acid ( $C_{16:0}$ )	19.7 ± 0.2 <sup>c</sup>	20.4 ± 0.3 <sup>b</sup>	19.9 ± 0.3 <sup>c</sup>	22.9 ± 0.4 <sup>a</sup>
Stearic acid ( $C_{18:0}$ )	1.7 ± 0.1 <sup>b</sup>	1.7 ± 0.2 <sup>b</sup>	1.6 ± 0.1 <sup>b</sup>	1.9 ± 0.2 <sup>a</sup>
Oleic acid ( $C_{18:1}$ )	36.8 ± 0.4 <sup>a</sup>	34.8 ± 0.2 <sup>c</sup>	34.2 ± 0.3 <sup>c</sup>	37.8 ± 0.6 <sup>a</sup>
Linoleic acid ( $C_{18:2}$ )	39.2 ± 0.6 <sup>b</sup>	40.8 ± 0.7 <sup>b</sup>	42.1 ± 0.7 <sup>a</sup>	35.2 ± 0.4 <sup>c</sup>
Linolenic acid ( $C_{18:3}$ )	2.1 ± 0.1 <sup>a</sup>	1.9 ± 0.1 <sup>b</sup>	1.9 ± 0.1 <sup>b</sup>	1.7 ± 0.0 <sup>c</sup>
Eicosenoic acid ( $C_{20:1}$ )	0.5 ± 0.1 <sup>a</sup>	0.4 ± 0.1 <sup>b</sup>	0.3 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.5 ± 0.1 <sup>a</sup>
SFA <sup>1</sup>	21.4 ± 0.2 <sup>b</sup>	22.1 ± 0.2 <sup>b</sup>	21.5 ± 0.1 <sup>b</sup>	24.8 ± 0.3 <sup>a</sup>
USFA <sup>2</sup>	78.6 ± 0.3 <sup>a</sup>	77.9 ± 0.3 <sup>a</sup>	78.5 ± 0.3 <sup>a</sup>	75.2 ± 0.2 <sup>b</sup>

All values represent mean ± S.D. of duplicate determinations.

Values with the different superscript in each row are significantly different at  $p<0.05$  by Duncan's multiple range test.

<sup>1</sup>SFA: saturated fatty acid.

<sup>2</sup>USFA: unsaturated fatty acid.

이와같이 쌀의 지방산은 palmitic, oleic 및 linoleic acids, 3가지 지방산이 거의 96% 이상을 차지하고 있었으며, 특히 4가지 쌀 품종중 흑미는 palmitic, stearic 및 oleic acids 함량이 다른 3가지 쌀 품종보다 높은 반면, linoleic 및 linolenic acids 함량은 낮은 경향을 나타내었다. 그리고 새로 육종된

갈색메벼 및 갈색찰벼는 백색미보다 oleic 및 linolenic acids 함량이 낮은 반면, linoleic acid 함량은 높은 경향을 나타내었다. 한편, 지방산 중 포화지방산(saturated fatty acid: SFA) 및 불포화지방산(unsaturated fatty acid: USFA) 함량 비율을 보면 흑미 (SFA: 24.8%, USFA: 75.2%)가 백색미 (SFA: 21.4%, USFA: 78.6%), 갈색메벼 (SFA: 22.1%, USFA: 77.9%) 및 갈색찰벼 (SFA: 21.5%, USFA: 78.5%)보다 포화지방산 함량이 높은 반면, 불포화지방산 함량은 낮았다. 이와같이 쌀의 지방산 조성 함량과 품종별 (백색미 및 유색미) 함량은 앞서 연구결과(23-25)와 유사한 경향을 나타내었으나 신품종 갈색미는 지방산 중 linoleic acid 함량이 다른 품종보다 다소 높은 것이 특징이었는데 이는 쌀의 지방산 조성 함량이 품종 및 도정방법에 따라 상이하다는 전보의 연구결과(25)를 뒷받침하고 있다.

### Tocopherol 함량

쌀의 4가지 tocopherol 유도체 함량을 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. 먼저 본 연구에서는 4가지 tocopherol 유도체 중  $\alpha$ -tocopherol만 확인되었으며, 나머지 3가지 tocopherol 유도체는 검출되지 않았다. 그리고 백색미의  $\alpha$ -tocopherol 함량은 51.3 mg%(건물중)이었으나 갈색메벼, 갈색찰벼 및 흑미는 각각 34.5, 37.2, 및 38.6 mg%로서 백색미가 유색미 보다  $\alpha$ -tocopherol 함량이 높았으며, 또한 유색미 중 흑미가 새로 육종된 갈색메벼 및 갈색찰벼보다 함량이 높았다.

Kim 등(26)은 형광검출기를 사용한 HPLC 분석에서 쌀 배아유로부터 4가지 tocopherol 유도체와 3가지 tocotrienol 유도체 함량을 측정한 바가 있으며, 그들 함량은 볶은 온도와 시간이 증가함에 따라 증가함을 보고한 바가 있다. 그러나 본 연구에서는 자외선 검출기를 사용하였기에 4가지 토코페놀 유도체 중  $\alpha$ -tocopherol만 검출되었으며, 그 함량은 쌀배아가 아닌 쌀지질 중의 함량을 측정한 결과로서 지금까지 쌀의 토코페놀 함량 분석에 관한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 향후 쌀지질의 tocopherol 함량 분석에 관한 좀 더 상세한 연구가 필요하다고 생각되어 진다.

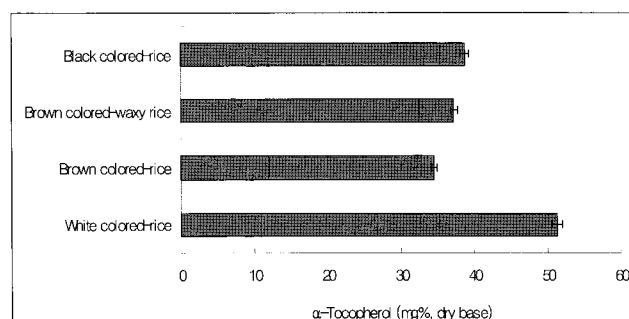


Fig. 1. Comparison of tocopherol compositions in four different rice cultivars.

### 유리아미노산 함량

쌀의 4가지 품종별 유리아미노산 조성의 함량을 측정한 결과는 Table 3과 같다. 먼저 백색미의 유리아미노산 조성을 보면 glutamic 및 aspartic acids와 같은 산성아미노산의 함량이 각각 9.48 및 7.20 mg%로서 가장 높았으며, 그 다음으로 alanine, proline, valine, arginine, 및 serine이 각각 5.58, 3.11, 2.29, 2.22 및 2.15 mg% 순으로 낮았다. 그리고 histidine 1.42, lysine 1.01, tyrosine 0.96 mg%와 항노화 및 항고혈압성 생리활성물질로 잘 알려진 감마-아미노락산( $\gamma$ -aminobutyric acid, GABA)은(27) 0.84 mg%로서 미량으로 검출되었으며, methionine, isoleucine, leucine, phenylalanine 및 tryptophane 등의 필수아미노산은 거의 검출되지 않았다. 반면, 흑미는 glutamic 및 aspartic acids 함량이 각각 14.14 및 12.69 mg%로서 백색미보다 훨씬 높은 반면, alanine (5.07 mg%), proline (1.92 mg%) 및 valine (1.85 mg%)은 백색미보다 낮았고 GABA 함량은 1.52 mg%로 약간 높았으나 methionine, isoleucine, leucine 및 tryptophane 등의 필수아미노산은 백색미와 같이 거의 검출되지 않았다. 한편, 갈색메벼 및 갈색찰벼의 유리아미노산 함량을 보면 백색미 및 흑미와 달리 alanine 및 GABA 또는 glutamic acid 함량이 각각 13.08, 6.65, 6.61 mg% 및 11.44, 8.46, 6.21 mg%으로서 가장 높았으며, 그 다음으로 serine, proline, aspartic acid 및 glycine 함량이 높았으나 methionine, isoleucine 및 leucine 등의 필수아미노산은 백색미 및 흑미와 같이 거의 검출되지 않았다. 이와같이 갈색메벼 및 갈색찰벼는 백색미 및 흑미와 달리 alanine과 GABA 함량이 높은 것이 특징이었다.

지금까지 보고된 쌀의 아미노산 함량을 보면 아미노산중 aspartic 및 glutamic acids, arginine, leucine, valine이 주된 아미노산인 반면, histidine, threonine 및 tryptophan 등이 미량 아미노산으로 보고(25,28)된 바가 있는데 이는 본 연구 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 다만, 갈색미의 아미노산 조성 및 함량은 다른 쌀과 비교해서 다름을 알 수 있었는데, 이는 아미노산의 조성 및 함량은 품종 및 도정조건에 따라 다르다는 이전의 연구결과(25,28)을 뒷받침해 준다. 그리고 지금까지 쌀의 아미노산의 함량 측정은 거의 대부분 총아미노산 함량을 측정한 것으로서 본 연구에서는 이와달리 유리아미노산 함량을 측정한 것은 신품종 갈색벼가 다른 품종보다 쌀의 고유한 구수한 맛이 더욱 진하였기 때문에(데이터 생략) 아마도 이것이 유리아미노산 구성 성분의 차이에 기인한 것이 아닌지 생각되어 분석하였다. 향후 갈색벼의 주된 향기 성분을 측정하여 다른 유색미와 비교할 예정이다.

### 수용성페놀 함량 및 항산화활성

쌀의 4가지 품종별 에탄올추출물의 수용성페놀 함량과 항산화활성을 측정하여 비교한 결과는 Fig. 2 및 Table 4와

Table 3. Comparison of free amino acid compositions of four different rice cultivars

Amino acid	Content(mg%)			
	White colored-rice	Black colored-rice	Brown colored-rice	Brown colored-waxy rice
Taur	ND*	ND	ND	1.11 ± 0.05
Asp	7.20 ± 0.41 <sup>b</sup>	12.69 ± 1.23 <sup>a</sup>	1.87 ± 0.03 <sup>d</sup>	3.82 ± 0.14 <sup>c</sup>
Thr	1.43 ± 0.06 <sup>a</sup>	1.16 ± 0.17 <sup>b</sup>	1.26 ± 0.06 <sup>b</sup>	1.32 ± 0.10 <sup>a</sup>
Ser	2.15 ± 0.11 <sup>c</sup>	3.67 ± 0.13 <sup>a</sup>	2.06 ± 0.10 <sup>c</sup>	2.99 ± 0.12 <sup>b</sup>
Glu	9.48 ± 0.73 <sup>b</sup>	14.14 ± 1.92 <sup>a</sup>	6.61 ± 1.82 <sup>d</sup>	8.46 ± 0.82 <sup>c</sup>
Sarc	0.88 ± 0.20 <sup>c</sup>	ND	1.83 ± 0.06 <sup>b</sup>	2.08 ± 0.37 <sup>a</sup>
Pro	3.11 ± 0.12 <sup>a</sup>	1.92 ± 0.02 <sup>c</sup>	2.25 ± 0.18 <sup>b</sup>	2.67 ± 0.23 <sup>b</sup>
Gly	1.43 ± 0.10 <sup>b</sup>	1.50 ± 0.03 <sup>b</sup>	2.15 ± 0.14 <sup>a</sup>	2.10 ± 0.18 <sup>a</sup>
Ala	5.58 ± 0.28 <sup>c</sup>	5.07 ± 0.18 <sup>c</sup>	13.08 ± 1.42 <sup>a</sup>	11.44 ± 1.92 <sup>b</sup>
Aaba	ND	0.43 ± 0.07	ND	ND
Val	2.29 ± 0.12 <sup>a</sup>	1.85 ± 0.04 <sup>b</sup>	1.85 ± 0.14 <sup>b</sup>	1.90 ± 0.72 <sup>b</sup>
Met	ND	ND	ND	ND
Ile	ND	ND	ND	ND
Leu	ND	ND	ND	ND
Tyr	0.96 ± 0.02 <sup>b</sup>	1.08 ± 0.03 <sup>ab</sup>	1.31 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.98 ± 0.05 <sup>b</sup>
Phe	ND	0.88 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.67 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.71 ± 0.03 <sup>b</sup>
GABA	0.84 ± 0.10 <sup>c</sup>	1.52 ± 0.05 <sup>b</sup>	6.65 ± 0.21 <sup>a</sup>	6.21 ± 0.63 <sup>a</sup>
Ethan	1.12 ± 0.03 <sup>a</sup>	1.30 ± 0.04 <sup>a</sup>	1.26 ± 0.10 <sup>a</sup>	0.92 ± 0.05 <sup>b</sup>
Amm	2.02 ± 0.04 <sup>b</sup>	2.33 ± 0.09 <sup>a</sup>	1.28 ± 0.05 <sup>c</sup>	0.91 ± 0.01 <sup>d</sup>
Orn	0.48 ± 0.02 <sup>c</sup>	0.79 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.68 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.40 ± 0.02 <sup>c</sup>
Lys	1.01 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.43 ± 0.02 <sup>c</sup>	0.98 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.69 ± 0.04 <sup>b</sup>
His	1.42 ± 0.07 <sup>a</sup>	0.50 ± 0.03 <sup>c</sup>	1.38 ± 0.04 <sup>a</sup>	1.10 ± 0.04 <sup>b</sup>
Tryp	ND	ND	ND	2.94 ± 0.16 <sup>b</sup>
Arg	2.22 ± 0.13 <sup>b</sup>	1.03 ± 0.04 <sup>c</sup>	3.85 ± 0.82 <sup>a</sup>	1.89 ± 0.05 <sup>b</sup>
Total amino acid	41.4 ± 0.12 <sup>c</sup>	51.26 ± 0.1b	47.17 ± 0.1 <sup>b</sup>	52.75 ± 0.1 <sup>a</sup>

All values represent mean ± S.D. of duplicate determinations.

Values with the different superscript in each row are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

Not detected.

같다. 먼저 4가지 쌀 품종중 흑미(2.54 %, 건물중)의 수용성페놀 함량이 가장 높았으며, 그 다음으로 갈색찰벼(1.09%) > 갈색메벼(0.69%) > 백색미(0.49%), 순으로 낮았다. 다음, 쌀 품종중 흑미는 가장 강한 DPPH ( $IC_{50}$ =90.04  $\mu$ g/mL), superoxide ( $IC_{50}$ =199.92  $\mu$ g/mL) 및 hydroxyl ( $IC_{50}$ =420.73  $\mu$ g/mL) radical scavenging activity를 나타내었으며, 그 다음으로 갈색메벼, 갈색찰벼 및 일반 백색미 순으로 감소하는 경향을 나타내었다. 그런데 흑미를 제외한 3가지 쌀 품종별 에탄올추출물의 superoxide radical scavenging activity는 농도를 증가시켜도 활성이 낮아  $IC_{50}$ 을 구할 수 없었다. 이와

같이 4가지 쌀 품종 중 흑미가 가장 많은 폐놀 함량과 강한 항산화 활성을 나타내었는데 이는 흑미가 지니고 있는 높은 함량의 항산화 성분 anthocyanin 색소에 기인된 것으로 생각된다(29,30). 그리고 갈색메벼 및 갈색찰벼는 백색미보다 항산화 활성이 대체로 강하나 흑미보다 약한 항산화 활성을 나타내는 것으로 보아 갈색미의 색소는 아마도 anthocyanin 색소가 아닌 것 같다. 따라서 현재 갈색미의 주된 색소를 분석 중에 있으며 그 결과를 향후 보고 검토할 예정이다.

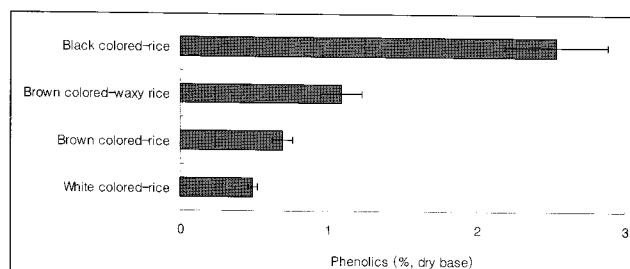


Fig. 2. Comparison of phenolic levels in four different rice cultivars.

Table 4. Radical scavenging activity ( $IC_{50}$ ) of the ethanol extracts from four different rice cultivars against DPPH radical, superoxide and hydroxyl radicals induced by enzymatic and nonenzymatic reactions, respectively

Rice cultivar	$IC_{50}$ (μg/mL)		
	DPPH radical	Superoxide radical	Hydroxyl radical
White colored-rice	306.72 ± 5.34 <sup>b</sup>	-	772.18 ± 2.65 <sup>a</sup>
Brown colored-rice	297.06 ± 2.67 <sup>b</sup>	-	615.38 ± 3.65 <sup>c</sup>
Brown colored-waxy rice	323.88 ± 2.64 <sup>a</sup>	-	722.46 ± 4.24 <sup>b</sup>
Black colored-rice	90.04 ± 1.92 <sup>c</sup>	199.92 ± 1.82	420.73 ± 3.10 <sup>d</sup>

\* $IC_{50}$  represents the concentration of samples required for 50% inhibition of the DPPH, superoxide, and hydroxyl radicals.

All values are mean ± SD of triplicate determination.

Values with the different superscript letter in each column are significantly different at  $p<0.05$  by Duncan's multiple range test.

## 요 약

신품종 갈색미를 이용한 다양한 가공식품을 개발하기 위한 연구의 일환으로 먼저 갈색미의 품질 특성을 평가하기 위해 4가지 쌀 품종(백색미, 갈색메벼, 갈색찰벼 및 흑미)의 화학적 성분 및 항산화 활성을 측정하고 비교 검토한 결과는 다음과 같다. 새로 육종된 갈색메벼 및 갈색찰벼의 일반성분은 대체적으로 백색미와 흑미의 중간 함량을 나타내는 경향이었다. 지방산 중 palmitic, oleic 및 linoleic acids 함량이 거의 96% 이상 차지하고 있었으며, 백색미, 갈색메벼 및 갈색찰벼는 linoleic acid > oleic acid > palmitic acid 순으로, 반면, 흑미는 oleic acid > linoleic acid > palmitic acid

순으로 함량이 낮았다. 백색미의  $\alpha$ -tocopherol 함량은 51.3 mg%(건물 중)이었으나 갈색메벼 및 찰벼는 각각 34.5 및 37.2 mg%, 그리고 흑미는 38.6 mg%로서 백색미보다 유색미의 함량이 낮은 경향을 나타내었다. 다음, 유리아미노산 중 glutamic 및 aspartic acids와 같은 산성아미노산의 함량이 가장 높았으며, 흑미는 백색미보다 그 함량이 훨씬 높은 반면, alanine, proline 및 valine은 백색미보다 낮았으며, GABA 함량은 약간 높았다. 한편, 4가지 쌀 품종 중 흑미(2.54%, 건물 중)의 수용성 폐놀 함량이 가장 높았으며, 그 다음으로 갈색찰벼(1.09%) > 갈색메벼(0.69%) > 백색미(0.49%), 순으로 감소하였다. 그리고 흑미는 가장 강한 DPPH( $IC_{50}=90.04 \mu\text{g/mL}$ ), superoxide ( $IC_{50}=199.92 \mu\text{g/mL}$ ) 및 hydroxyl ( $IC_{50}=420.73 \mu\text{g/mL}$ ) 라디칼 포착 활성을 나타내었으며, 그 다음으로 갈색메벼 > 갈색찰벼 > 백색미, 순으로 감소하는 경향을 나타내었다. 이상의 결과로부터 새로 육종된 신품종 갈색메벼 및 갈색찰벼는 대체적으로 백색미와 흑미의 중간적 화학적 품질 특성 및 항산화 활성을 나타내었다. 이러한 결과를 미루어 볼 때 새로 육종된 갈색미는 흑미와 함께 향후 기능성 쌀로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

## 감사의 글

본 연구는 과학기술부 21세기 프론티어 연구개발사업 작물유전체기능연구사업단의 일부 지원에 의하여 수행되었음 (과제번호 CG3114).

## 참고문헌

1. Korea Rural Economic Institute. (2002) Production and management of high quality rice, p.35
2. Chae, J.C. (2004) Present situation, research and prospect of rice quality and bioactivity in Korea. Food Sci. Indus., 37, 47-54
3. Ministry of Agricultural and Forestry (2003) Agricultural and Forestry Statistical Yearbook. National Agricultural Products Quality Management Service (NAQS) of the Ministry of Agriculture and Forestry (MAF)
4. National Institute Crop Science. (2004) <http://www.nics.go.kr>
5. Juliano, B.O. (1994) Polysaccharides, proteins, and lipids of rice, pp. 59-174. In: Rice: Chemistry and Technology. Juliano, B.O.(ed.). The American Association of Cereal Chemists, Inc., St. Paul, Minnesota, USA
6. Choi, O.K., Yun, S.K. and Hwang, S.Y. (2000) The chemical components of Korean rice germ. Korean J.

- Dietary Culture, 15, 253-258
7. Nakayama, S., Manabe, A., Suzuki, J., Sakamoto, K. and Inagake, T. (1987) Comparative effects of two forms of  $\gamma$ -oryzanol in different sterol compositions on hyperlipidemia induced by cholesterol. *Japan J. Pharmacol.*, 44, 135-143
  8. Lichtenstein, A.H., Ausman, L.M., Carrasco, W., Gaultier, L.J., Jenner, J.L., Ordovas, J.M., Nicolosi, R.J., Goldin, B.R. and Schaefer, E.J. (1994) Rice bran oil consumption and plasma lipid levels in moderately hypercholesterolemic humans. *Arterioscler. Thromb.*, 14, 549-555
  9. Kawabata, K., Tanaka, T., Murakami, T., Okada, T., Murai, H., Yamamoto, T., Hara, A., Shimizu, M., Yamada, Y., Matsunaga, K., Kuno, T., Yoshimi, N., Sugie, S. and Mori, H. (1999) Dietary prevention of azoxymethane-induced colon carcinogenesis with rice germ in F344 rats. *Carcinogenesis*, 20, 2109-2115
  10. McCaskill, D.R. and Zhang, F. (1999) Use of rice bran oil in foods. *Food Technol.*, 53, 50-52
  11. Qureshi, A.A., Mo, H., Packer, L. and Peterson, D.M. (2000) Isolation and identification of novel tocotrienols from rice bran with hypercholesterolemia, antioxidant, and antitumor properties. *J. Agric. Food Chem.*, 48, 3130-3140
  12. Saikusa, T., Horino, T. and Mori, Y. (1994) Accumulation of  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA) in the rice germ during water soaking. *Biosci. Biotech. Biochem.*, 58, 2291-2292
  13. Okada, T., Sugishita, T., Murakami, T., Mura, i H., Saikusa, T., Horino, T., Onoda, A., Kajimoto, D., Takahashi, R. and Takahashi, T. (2000) Effect of the defatted rice germ enriched with GABA for sleeplessness, depression, autonomic disorder by oral administration. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi*, 47, 596-603
  14. Kum, J.S., Choi, B.K., Lee, H.Y., Park, J.D. and Park, H.J. (2004) Physicochemical properties of germinated brown rice. *Korean J. Food Preserv.*, 11, 182-188
  15. Liroyd, B.J., Siebenmorgen, T.J. and Beers, K.W. (2000) Effects of commercial processing on antioxidants in rice bran. *Cereal Chem.*, 77, 551-555
  16. Kim, I.H., Kim, C.J., You, J.M., Lee, K.W., Kim, C.T., Chung, S.H. and Tae, B.S. (2002) Effect of roasting temperature and time on the chemical composition of rice germ oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 79, 413-418
  17. Kadlec, P., Kaasova, J. and Bubnik, Z. (2003) Chemical and physicochemical changes during microwave treatment of rice. *Food Sci. Biotechnol.*, 12, 219-223
  18. Yoon, S.H. and Kim, S.K. (2004) Physicochemical properties of rice differing in milling degrees. *Food Sci. Biotechnol.*, 13, 57-62
  19. Food code(additives). (2002) Proximate analysis method, Food Development Administration, Moonyoung Press, Seoul, p.3-36
  20. Kwon, Y.J., Lee, K.T., Yun, T.M. and Choi, S.W. (2004) Effect of heat pretreatment on the functional constituents of rice germ. *J. Food Sci. Nutr.*, 9, 330-352
  21. Singleton, V.L. and Rossi, J.A. (1965) Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.*, 16, 144-158
  22. Kwon, Y.J., Rhee, S.J., Chu, J.W. and Choi, S.W. (2005) Comparison of radical scavenging activity of extracts of mulberry juice and cake prepared from Mulberry (*Morus spp.*) fruit. *J. Food Sci. Nutr.*, 10, 111-117
  23. Son, J.R., Kum, J.H., Lee, M.H., Jung, J.H. and Oh, M.J.. (1996) Chemical properties and fatty acid composition of layers of rice grain. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 25, 497-503
  24. Food composition table(Sixth Revision) (2001) National Rural Living Science Institute, R.D.A., Sangroksa
  25. Choe, J.S., Ahn, H.H. and Nam, H.J. (2002) Comparison of nutritional compositions in Korean rices. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 31, 885-892
  26. Kim, I.H., Kim, C.J., You, J.M., Lee, K.W., Kim, C.T., Chung, S.H. and Tae, B.S. (2002) Effect of roasting temperature and time on the chemical composition of rice germ oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 79, 413-418
  27. Okada, T., Sugishita, T., Murakami, T., Murai, H., Saikusa, T., Horino, T., Onoda, A., Kajimoto, O., Takahashi, R. and Takahashi, T. (2000) Effect of the defatted rice germ enriched with GABA for sleeplessness, depression, autonomic disorder by oral administration. *Nippon Shokuhin Kagaku Kaishi*, 47, 596-603
  28. Kim, M.S., Jeong, J.I. and Jeong, Y.H. (2003) Amino acid composition of milled and brown rices. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 32, 1385-1389
  29. Tsuda, T., Watanabe, M., Ohshima, K., Norinobu, S., Choi, S.W., Kawakishi, S. and Osawa, T. (1994) Antioxidative activity of the anthocyanin pigments cyanidin 3-O- $\beta$ -D-glucoside and cyanidin. *J. Agric. Food Chem.*, 42, 2407-2410
  30. Chung, Y.A. and Lee, J.K. (2003) Antioxidative properties of phenolic compounds extracted from black rice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 32, 948-951