

## 현미와 흑미의 항산화 성분 및 항산화 활성

고미림 · 최혁준<sup>1</sup> · 한복경<sup>1</sup> · 유승석<sup>2</sup> · 김현석<sup>3</sup> · 최성원<sup>4</sup> · 허남윤<sup>4</sup> · 김창남<sup>5</sup> · 김병용 · 백무열\*

경희대학교 생명자원과학연구원 생명과학대학 식품공학과, <sup>1</sup>(주)비케이바이오 연구소  
<sup>2</sup>세종대학교 호텔관광대학 외식경영학과, <sup>3</sup>안동대학교 식품공학과, <sup>4</sup>오산대학교 호텔조리계열  
<sup>5</sup>혜전대학교 호텔제과제빵과

### Antioxidative Components and Antioxidative Capacity of Brown and Black Rices

Mi-Rim Ko, Hyuk-Joon Choi<sup>1</sup>, Bok-Kyung Han<sup>1</sup>, Seung-Seok Yoo<sup>2</sup>, Hyun-Seok Kim<sup>3</sup>,  
Sung-Won Choi<sup>4</sup>, Nam-Yoon Hur<sup>4</sup>, Chang-Nam Kim<sup>5</sup>, Byung-Yong Kim, and Moo-Yeol Baik\*

Department of Food Science and Biotechnology, Institute of Life Science Resources, KyungHee University

<sup>1</sup>Research & Development Department, BKbio Co. LTD.,

<sup>2</sup>Department of Culinary and Food Service Management, Sejong University,

<sup>3</sup>Department of Food Science & Technology, Andong National University

<sup>4</sup>Department of Food and Culinary Arts, Osan University

<sup>5</sup>Department of Hotel Baking Technology, Hyejeon University

#### Abstract

Physiological characteristics of brown rice and black rice were investigated to provide the fundamental information of physiological property of rice and to show the potential of rice as a functional ingredient. Bioactive compounds were extracted from brown and black rices with aqueous solvents like 80% ethanol. Total phenolics, flavonoids and antioxidative capacity of brown and black rices' extracts were determined. Brown rice showed much higher amount of total phenolics and flavonoid contents as well as antioxidative capacity than those of milled rice indicating that most of bioactive compounds are located in the bran layer. Black rice showed higher total phenolics and flavonoid contents and antioxidative capacity than those of brown rices. The highest antioxidative capacity was obtained from Heugjinju followed by Heugseol, Sinnongheug-chal, Hopum and Samkwang. This result indicated that antioxidative capacity is affected by total phenolics and flavonoid contents. Both brown and black rices contained higher amount of ferulic acid than that of *p*-coumaric acid.

**Key words:** brown rice, black rice, antioxidative components, antioxidative capacity

#### 서 론

쌀은 세계적으로 주요한 당질 급원으로 특히 아시아와 같이 쌀을 주식으로 하는 나라에서 쌀에 의존하는 영양분 비중 측면에서 중요한 주곡작물이다. 쌀의 일반 영양성분은 쌀의 품종, 재배지역 등에 따라 다소 차이는 있으나 백미 경우 가식부의 대부분이 전분으로서 약 75-80% 정도를 차지하고 있고, 단백질이 6-8%, 지방, 섬유질, 회분이 각각 1-3% 정도 함유되어 있으며 무기질로서는 인과 칼륨, 칼

슘, 마그네슘, 나트륨, 철분이 함유되어 있다. 쌀 단백질은 다른 곡류에 비하여 단백질 함량은 높지 않지만 단백질을 이루고 있는 아미노산의 조성에 있어서 필수 아미노산인 라이신(lysine) 함량이 옥수수, 조, 밀가루보다 더 높다. 또한 쌀의 지방은 대부분 산화되기 쉬운 불포화지방산으로 구성되어 있으나 현미 중에 포함된 ferulic acid 같은 강한 항산화제가 다량 함유되어 있어 쉽게 산화하지 않는 것으로 알려져 있다(Na et al., 2007). 최근 들어 쌀의 1차 기능인 에너지 공급원으로서 뿐만 아니라 특유의 색과 향을 갖는 흑미, 적미, 녹미, 고아미 및 거대배아미 등 다양한 특수미가 개발되고 이에 대한 생리적 기능에 대한 연구가 진행되고 있다(Kong et al., 2008; Anderson et al., 2003).

쌀에는 polyphenolics, flavonoids, vitamins,  $\gamma$ -oryzanol, phytic acid 등 기능성 성분들을 함유하고 있어 체내에서 항산화 기능을 나타낸다. 또한 지용성 성분으로서 강한 향

\*Corresponding author: Moo-Yeol Baik, Department of Food Science and Biotechnology, Institute of Life Science and Resources, Kyung Hee University, Yongin, Korea

Tel: +82-31-201-2625; Fax: +82-31-204-8116

E-mail: mooyeol@khu.ac.kr

Received May 1, 2011; revised June 24, 2011; accepted June 24, 2011

산화력을 나타내는 tocopherol과 tocotrienol 등의 tocol류와 체내 콜레스테롤 대사 조절에 도움을 주는 것으로 알려져 있는 beta sitosterol, stigmasterol 등과 같은 식물성 스테롤과 스쿠알렌 등도 함유되어 있으며, 이러한 성분들은 대부분 pericarp과 aleurone layer을 포함한 bran layer와 배아에 분포하고 있다(Ha et al., 2006).

또한 항산화 성분들은 singlet oxygen, superoxide anion radical, hydrogen peroxide, hydroxyl radicals 를 포함한 활성산소종(reactive oxygen species)을 효과적으로 제거한다고 보고되어 있다(Choi et al., 2007). 특히 폴리페놀 화합물은 저분자 항산화 물질로 caffeic, ferulic, p-coumaric, sinapic acid 등이 대표적이다. 이러한 phenolic acid는 분자 내 활성 수소를 가지고 있어 체내 유리 라디칼 제거에 효과적인 것으로 잘 알려져 있다(Baublis et al., 2000). 이중 최근 주목을 받고 있는 ferulic acid, p-coumaric acid 등 hydrocinnamic acid류의 페놀산들은 일부가 유리형으로 존재하고 대부분은 세포벽 다당체와 리그난에 ester 혹은 ether 결합상태이며 항산화 활성을 통하여 여러 가지 생리 기능을 발휘한다고 보고되었다(Andreason et al., 1999; Kikuzaki et al., 2002). 특히 쌀과 미강의 주요 페놀산으로 보고된 ferulic acid는 LDL 산화 억제(Andreasen et al., 2001), radicals에 의한 세포손상 보호(Ogiwara et al., 2002) 등 항산화 효과가 우수할 뿐만 아니라 항돌연변이 활성(Chun et al., 1999), UV 조사에 대한 피부 보호활성(Antella et al., 1999), 당뇨 유도 쥐의 혈중 지질 개선효과(Balashubashini et al., 2003) 등 여러 생리활성이 보고되었다. 최근에는 유리형의 ferulic acid와 ferulic acid의 dimer, 결합형의 ferulic acid 간의 bioavailability를 비교하는 연구가 보고되고 있다(Rondini et al., 2004). Phenolic acid의 분석에는 HPLC가 가장 많이 사용되고 있으며 Adom과 Rui(Adom & Rui, 2002)가 쌀, 밀, 옥수수, 귀리에 함유되어 있는 ferulic acid의 함량을 정량한 것을 비롯하여 wheat bran(Zhou et al., 2004), 보리(Batolome & Gomez-Cordoves, 1999), wild rice(Bunzel et al., 2002), 쌀과 발아현미(Tian et al., 2004) 등에 존재하는 phenolic acid의 조성 및 함량이 보고되었다. 쌀에 존재하는 유효성분은 도정률에 따라 구성성분이 달라진다. 벼로부터 나락의 왕겨층을 제거한 현미(brown rice)에는 전분 외에도 단백질, 지질, 비타민, 무기질, 효소 등 영양소가 많이 분포되어 있으나 전분 외의 성분들을 주로 쌀겨층에 함유되어 있으므로 도정률에 따라 쌀로부터 전분 외의 영양소 섭취가 달라진다. Zhou et al.(2004)은 백미보다 현미에 함유된 ferulic acid와 p-coumaric acid가 높고 현미 중 총 폴리페놀의 80-90%가 결합형 페놀산인 반면 백미에서는 53-74% 였다고 보고하였다. 국내에서는 제분 분획별 쌀의 페놀산 조성을 TLC로 분석하고 TLC scanner로 비교하여 페놀산의 구성성분을

보고한 바 있다(Kim & Chun, 1996). 한편 bound 형태로 존재하는 phenolic acid를 유리시켜 분석하기 위하여 알칼리 가수분해 또는 효소처리가 이용되고 있다(Andreason et al., 1999; Batolome & Gomez-Cordoves, 1999).

최근 들어 쌀의 기능적 우수성에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 사회 전반에 걸쳐 일어나고 있는 well-being 붐을 타고 건강에 대한 관심이 높아지면서 천연 유래의 건강 기능성식품에 대한 소비자의 기호성의 증대로 보다 영양성과 기능성이 강화된 새로운 쌀 품종의 개발이 요구되고 있다. 본 연구에서는 영양면이나 기능면에서 중요성을 인식하지 못하고 간과하게 되는 쌀의 성분 특히 total phenolics, flavonoids, phenolic acids 등의 항산화 성분의 함량과 항산화 활성을 측정하여 다양한 품종의 쌀을 비교, 분석하였다. 또한 이를 토대로 쌀의 소비 촉진을 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험 재료 및 시약

본 연구에 사용한 삼광벼(Samkwangbyeo), 호품벼(Hopum)와 신농흑찰(Sinnongheuhchal), 흑진주(Heugjinju), 흑설(Heugseol)은 농촌진흥청 국립식량과학원(Suwon, Korea)에서 재배, 수확된 것을 사용하였으며, 백미는 전북 부안에서 재배한 것을 구입하여 사용하였다. 실험에 사용된 5 가지 품종의 단백질 함량은 흑진주 7.7%, 호품 6.5%, 흑설 5.8%, 신농흑찰 5.77%, 삼광 5.7% 로 흑미에서는 흑진주가 가장 높은 함량을 보였으며 현미에서는 호품이 삼광보다 높은 단백질 함량을 나타냈다.

본 연구에서 항산화 성분 분석과 항산화 활성 측정에 사용된 시약으로 Folin-Ciocalteu's phenol reagent, DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl), gallic acid, catechin, ascorbic acid, p-coumaric, ferulic acids 등은 Sigma-Aldrich Co.(St. Louis, MO, USA) 제품을 사용하였으며, 그 밖에 사용된 추출용매 및 시약은 analytical 및 HPLC 등급을 사용하였다.

### Ethanol 추출물의 제조

쌀을 분쇄하여 시료 5 g에 80% ethanol 100 mL을 가한 뒤 2 분간 균질화시킨 후 ultrasonic bath(ESW-2825B, e-Science Inc., Seoul, Korea)를 사용하여 20 분 동안 추출하였다. 추출 후 Kimble-filtering flask에 funnel을 장착하고 여과지(Whatman No.2 Kent, UK)를 사용하여 고형분을 분리하였고 상정액은 감압농축기(BÜCHI Rotavapor R-124, BÜCHI water bath B-481, Flawil Switzerland)를 사용하여 45°C에서 감압 농축하였다. 추출물은 50% ethanol로 재용해하여 -18°C 냉동고에 보관하면서 실험에 사용하였다. 추출이 끝난 후 1 mL의 추출물을 105°C에서 건조 하향한 뒤