

## 하이아미의 정조 및 현미 추출물의 *in vitro* 항산화 및 항암활성

우관식<sup>1\*</sup> · 천아름<sup>1</sup> · 오세관<sup>1</sup> · 김기종<sup>1</sup> · 김대중<sup>1</sup> · 양창인<sup>1</sup> · 김연규<sup>1</sup> · 김재현<sup>2</sup> · 정헌상<sup>3</sup>

<sup>1</sup>농촌진흥청 국립식량과학원

<sup>2</sup>국립농업과학원

<sup>3</sup>충북대학교 식품공학과

## Antioxidant and Antitumor Activities of Ethanol Extracts from Unhulled and Hulled Rice *Hiami* (*Oryza sativa* L. cv. *Hiami*)

Koan Sik Woo<sup>1\*</sup>, Areum Chun<sup>1</sup>, Sea Kwan Oh<sup>1</sup>, Kee Jong Kim<sup>1</sup>, Dae Jung Kim<sup>1</sup>,  
Chang Ihn Yang<sup>1</sup>, Yeon Gyu Kim<sup>1</sup>, Jae Hyun Kim<sup>2</sup>, and Heon Sang Jeong<sup>3</sup>

<sup>1</sup>National Institute of Crop Science and <sup>2</sup>National Academy of Agricultural Science,  
Rural Development Administration, Gyeonggi 441-857, Korea

<sup>3</sup>Dept. of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Chungbuk 361-763, Korea

### Abstract

To evaluate the antioxidant and antitumor potential of a newly bred rice, *Hiami* (*Suweon*-511), total polyphenol content,  $\gamma$ -oryzanol content, radical scavenging activities, and antitumor activities were measured (control: *Ilpum*). Total polyphenol contents were 6.31 and 3.75 mg/g for unhulled (UHR) and hulled rice (HR) of *Hiami*, which was higher than that of *Ilpum* (5.66 and 3.47 mg/g). The  $\gamma$ -oryzanol contents were 33.53 and 39.47 mg/100 g for UHR and HR of *Hiami*, which was higher than that of *Ilpum* (24.33 and 28.68 mg/100 g). DPPH radical, hydrogen peroxide, superoxide radical and hydroxyl radical scavenging activities of 70% ethanol extracts of *Hiami* were higher compared to *Ilpum*, and UHR was higher than those of HR. Antitumor activities of the 70% ethanol extracts of *Hiami* and *Ilpum* were increased with a dose-dependent manner. The extracts of *Hiami* have higher activities of antitumor activities on gastric and breast cancer cell lines compared to other cancer cell lines, and *Ilpum* has higher activities of antitumor activities on colon and liver cancer cell lines.

**Key words:** *Hiami* (*Suweon*-511), *Oryza sativa* L., polyphenol, antioxidant activity, antitumor activity

### 서 론

쌀의 지방은 대부분 산화되기 쉬운 불포화 지방산으로 구성되어 있으나 현미 중에는 포함된 ferulic acid 같은 강한 항산화제가 다량 함유되어 있어 쉽게 산화하지 않는 것으로 알려져 있다(1). 최근 들어 쌀의 기능적 우수성에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 쌀의 항산화활성에 대한 연구로는 시판 쌀의 메탄올 추출물에 대해 항혈전과 항산화활성을 측정된 결과 우수한 활성을 나타내었고(2), 거대배아미의 에탄올 추출물에 대한 항산화활성과 항변이원성을 측정된 결과 일반미 품종에 비해 높은 활성을 보이는 것으로 보고되었다(3). 또한 도정분획별 쌀의 항돌연변이 및 항산화활성을 측정된 연구에서 백미보다 미강이, 도정도가 낮을수록 항산화활성이 큰 것으로 보고하였고(4), 백미에 비해 유색미의 항산화활성이 강한 것으로 보고하였다(5).

쌀은 많은 나라에서 수세기 동안 중요한 식량자원으로 이

용되어 왔다. 최근 사회 전반에 걸쳐 일어나고 있는 well-being 붐을 타고 천연 유래의 건강기능성 식품에 대한 소비자의 기호성의 증대로 보다 영양성과 기능성이 강화된 새로운 쌀 품종의 개발이 요구되고 있다(6). 이러한 추세에 맞춰 주식으로서 생리활성효과가 기대되는 기능성 쌀에 대한 관심이 높아지면서 쌀의 생리활성에 대한 다양한 연구가 이루어지고 있다(7). 주로 미강층에 생리활성물질(식이섬유, 피틴산, 오리지놀, 옥타코사놀, 토코페롤 등)이 다량 함유되어 있는데(8), 이에 따른 항산화활성(9), 항암활성(10) 등 여러 가지 생리활성효과에 대한 연구가 진행되었다. 그러나 기능성 벼 품종 및 신소재개발을 위하여 다양한 육종 소재가 요구되나 이에 대한 연구 보고는 많지 않은 실정이다(11). 이러한 측면에서 하이아미 품종은 진미벼와 계화벼의 교잡을 통하여 함량 아미노산 영양미로 육성된 품종으로 메티오닌 및 시스테인의 함량이 높으며 계통명은 수원 511호(*Suweon*-511)이다(12). 본 연구에서는 일품벼를 대조구로 하이아미

\*Corresponding author. E-mail: wooks@korea.kr  
Phone: 82-55-350-1269, Fax: 82-55-352-3059

의 정조와 현미상태에 대해 항산화성분의 함량과 에탄올 추출물에 대한 *in vitro* 항산화활성 및 항암활성을 측정하여 감소 추세에 있는 쌀의 이용 증진을 위한 자료로 활용하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료 및 추출수율 측정

본 연구에 사용된 시료는 2008년에 농촌진흥청 국립식량과학원에서 재배, 수확된 하이아미를 시료로 사용하였으며, 일품벼를 대조구로 설정하여 정조와 현미를 시료로 사용하였다. 시료를 분쇄기(Micro hammer-cutter mill, Type-3, MHK Trading Co., Bucheon, Korea)로 분쇄하여 50 mesh의 체에 통과시키고 걸리는 것은 다시 분쇄하여 체에 완전히 통과시킨 후 시료로 사용하였다. 본 실험에 사용한 Folin-Ciocalteu reagent, gallic acid, DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl), hydrogen peroxide, ABTS(2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid), peroxidase, xanthine oxidase, EDTA(ethylenediaminetetraacetic acid), 2-deoxyribose, TCA(trichloroacetic acid), TBA(tribromoacetic acid) 등은 Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA) 제품을, HPLC 분석을 위한 methanol, acetonitrile, DW, n-hexane, isopropanol 등은 J.T. Baker(Phillipsburg, NJ, USA) 제품을 사용하였으며, 모든 시약은 특급시약을 사용하였다. 시료의 추출은 70% 에탄올을 이용하여 환류추출방법으로 70°C에서 3회 반복 실시하였으며, 3회 추출한 추출물을 모아 회전진공농축기(Eyela N-1000, Tokyo, Japan)로 40°C에서 농축한 후 감압건조(Townson Mercer Ltd., Manchester, UK) 및 냉동건조(Modulyod-115, Thermo Electron Co., Waltham, MA, USA)하여 추출수율을 측정하였으며, -20°C 냉동고에 보관하면서 시료로 사용하였다.

### 총 폴리페놀 함량 분석

시료의 총 폴리페놀 함량은 Dewanto 등(13)의 방법에 따라 Folin-Ciocalteu reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다. 추출물 100 µL에 2% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액 2 mL를 가한 후 3분간 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent 100 µL를 가하였다. Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액을 가한 30분 후 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 gallic acid를 사용하였으며, 총 폴리페놀 함량은 검량선( $y=2.5287x-0.0038$ ;  $R^2=0.9984$ )을 작성한 후 시료 g 중의 µg gallic acid로 나타내었다.

### γ-Oryzanol 함량 측정

시료의 γ-oryzanol 함량은 Rogers 등(14)의 방법을 변형하여 측정하였다. 시료 10 g을 0.01% BHT를 첨가한 isopropanol 20 mL에 첨가하여 13,000 rpm에서 homogenizer(Brinkmann, Westbury, NY, USA)로 5분간 균질화시킨 후

2시간 동안 진탕추출(WiseCube™ Fuzzy Control System, Daihan Scientific Co. Ltd., Seoul, Korea)하였다. 원심분리하여 상등액을 0.45 µm syringe filter(Millipore, Billerica, MA, USA)로 여과한 다음 HPLC(Thermo Separation Products, San Jose, CA, US)로 분석하였다. 칼럼은 C<sub>18</sub>(4.6×250 mm, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)을 사용하였으며, 이동상은 85:15(v/v)의 methanol 및 acetonitrile을 1.5 mL/min으로 흘려주었다. 주입량은 20 µL로 하였고 검출기는 UV(325 nm) 검출기를 사용하였다. 표준물질은 Wako Pure Chemical Ind.(Osaka, Japan)의 γ-oryzanol을 이용하여 총 함량에 대한 검량선을 작성한 후 정량하였으며, 각각의 peak에 대한 함량은 전체 함량에 대한 면적비로 표현하였다.

### 70% 에탄올 추출물의 radical 소거활성 측정

DPPH radical 소거활성은 Blois(15)의 방법을 변형하여 측정하였다. 추출물 0.2 mL에 0.2 mM DPPH 용액(99.9% ethanol에 용해) 0.8 mL를 가한 후, Vortex mixer로 10초간 진탕하고 30분 후에 분광광도계(UV-1650PC, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. Hydrogen peroxide 소거활성은 Müller 방법(16)에 의해 10 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 20 µL, 0.1 M phosphate buffer 100 µL에 추출물을 첨가하고 37°C에서 5분간 반응시켜 1.25 mM ABTS 30 µL, peroxidase(1 unit/mL)를 첨가하여 37°C에서 10분간 반응시킨 후 405 nm에서 흡광도를 측정하였다. Superoxide radical 소거활성(17)은 시험관에 추출물 100 µL와 0.1 mM NBT 혼합액 900 µL를 넣고 xanthine oxidase(0.05 unit/mL)를 0.05 mM EDTA가 포함된 50 mM potassium phosphate(pH 7.4) 100 µL를 첨가하여 37°C에서 20분 동안 반응시켰다. 2 N HCl을 400 µL를 첨가하여 반응을 중지시키고 560 nm에서 흡광도를 측정하였다. Hydroxyl radical 소거활성은 Halliwell 등(18)의 방법에 의거하여 10 nM FeSO<sub>4</sub> · EDTA 200 µL, 10 mM 2-deoxyribose 200 µL, 0.1 M 인산 완충액 1.39 mL에 추출물 10 µL를 넣고 200 µL의 10 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 용액으로 라디칼 생성을 유도하여 37°C에서 4시간 반응하였다. 2.8% TCA로 반응을 정지시키고 0.8% TBA용액을 첨가하여 10분간 끓여 발색한 뒤 반응액을 냉각하여 532 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 모든 실험은 3회 반복 측정하였다.

### 70% 에탄올 추출물의 *in vitro* 항암활성 측정

하이아미 및 일품벼의 정조 및 현미 70% 에탄올 추출물의 항암활성을 측정하기 위하여 MTT assay를 실시하였다. Cell line은 인체 대장암세포(HCT-116), 폐암세포(H-460), 위암세포(MKN-45), 유방암세포(MCF-7) 및 간암세포(Hep-G2)를 사용하였으며(American Type Culture Collection; Cryosite, Lane Cove NSW, Australia), cancer cell을 적정 배지를 이용하여 37°C, 5% CO<sub>2</sub>가 공급되는 incubator

에서 배양하였다. 96-well plate에 cell suspension(5,000 cells/well) 100 mL씩 각 well에 seeding한 후 37°C, 5% CO<sub>2</sub>가 공급되는 incubator에 24시간 동안 배양시켰다. 하루가 지난 후 medium을 제거하고 새로운 medium에 추출물을 혼합하여, 보고자 하는 농도로 각 well에 100 mL를 맞춰 분주한 후 37°C, 5% CO<sub>2</sub>가 공급되는 incubator에 배양시키면서 12~48시간 동안 cell viability를 측정하였다. Cell viability를 측정하는 kit는 CCK-8(cell counting kit-8; Dojindo, Gaithersburg, MD, USA)을 사용하였고 각 well에 10 mL씩 분주하여 1~4시간 동안 배양하고 clean bench에서 CCK-8을 처리한 각 well에서 90 mL씩 채취하여 다른 96 well plate에 옮겨 micro-plate absorbance reader(Sunrise, Tecan, Switzerland)로 450 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 3회 반복하여 측정하였다. Cell viability를 나타내는 graph는 시료를 처리하지 않은 부분의 absorbance를 100%로 하여 시료를 처리한 부분의 흡광도 비율을 %로 나타내었다.

통계처리

각각의 조건에서 얻어진 데이터의 통계분석은 SAS 프로그램(Statistical Analysis System, SAS version 9.1, SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하여 5% 유의수준에서 Duncan의 다중검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

추출수율 및 총 폴리페놀 함량

하이아미와 일품벼 정조와 현미를 70% 에탄올로 추출하여 용매를 완전히 제거하고 추출수율을 측정한 결과 하이아미 정조는 5.80%, 현미는 6.12%로 나타났으며, 일품벼는 각각 5.47 및 3.18%로 나타났다. 전보(12)에서 백미상태에서의 추출수율은 하이아미와 일품쌀이 각각 1.16 및 1.02%로 나타났는데 백미보다는 높은 수율을 보였다. Lee 등(19)의 보고에 의하면 고아미2호벼, 큰눈벼 및 흑광벼를 70% 에탄올로 추출하여 추출수율을 측정한 결과 각각 3.42, 3.50 및 3.02%로 보고하였는데, 본 연구에서는 높은 추출수율을 보이는 것으로 나타났다. 시료의 총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 분석한 결과 Fig. 1에서 보듯이 하이아미의 정조 및 현미 추출물의 총 폴리페놀 함량은 각각 6.31 및 3.75 mg/g으로 나타났으며, 일품은 각각 5.66 및 3.47 mg/g으로 나타나 하이아미가 약간 높은 것을 알 수 있었다. 이는 전보(12)에서 하이아미와 일품쌀에서 각각 0.32 및 0.22 mg/g으로 나타났는데 마찬가지로 일품보다는 하이아미의 총 폴리페놀 성분의 함량이 높은 것으로 나타났다. 페놀성 화합물은 식물계에 널리 분포되어 있는 물질로 다양한 구조와 분자량을 가지며 페놀성 화합물의 phenolic hydroxyl기가 단백질과 같은 거대분자와의

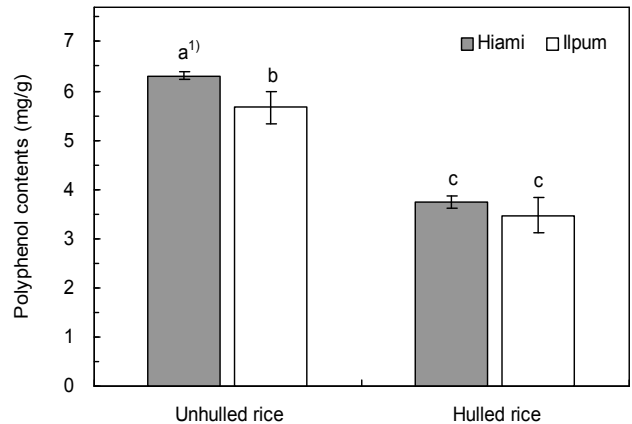


Fig. 1. The total polyphenol contents of unhulled and hulled rice on rice cultivar *Hiami* and *Ilpum*. <sup>1)</sup>Values with different superscripts are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple ranged test.

결합을 통해 항산화, 항암 및 항균 등의 생리기능을 가지는 것으로 알려져 있다(20). Lee 등(19)의 보고에 의하면 고아미 2호벼, 큰눈벼 및 흑광벼의 경우 2.6, 2.1 및 4.9 mg/g으로 보고하였는데 이와 비슷하거나 약간 높은 경향을 보였는데 이는 시료의 재배 시기나 환경 등의 조건 차이에 의해 나타난 것으로 생각된다. 이러한 페놀성 화합물이 쌀에 함유되어 있는 양이 소량이기에는 하나 주식으로 매일 섭취하고 백미보다는 현미상태로 섭취할 경우 페놀성 화합물의 여러 효능을 볼 수 있을 것으로 생각된다.

γ-Oryzanol 함량

γ-Oryzanol은 plasma lipid 패턴의 개선, plasma-cholesterol 감소, HDL-cholesterol의 증가 및 혈소판 응집 억제 등과 같은 인체에 유익한 영향을 주는 것으로 보고되었으며(21), 적어도 10개 이상의 phytosteryl ferulate의 혼합물로 밝혀졌고 약 80% 정도는 cycloartenyl ferulate, 24-methylenecycloartenyl ferulate 및 campesteryl ferulate 등이 차지하는 것으로 알려져 있다(22,23). 하이아미 및 일품벼의 정조와 현미에 대한 γ-oryzanol 함량을 HPLC로 측정한 결과 Fig. 2와 같이 나타났다. 하이아미의 정조와 현미 추출물의 γ-oryzanol 함량은 각각 33.53 및 39.47 mg/100 g으로 나타났으며, 일품의 경우 각각 24.33 및 28.68 mg/100 g으로 나타나 일품에 비해 하이아미에서 높은 함량을 보이는 것으로 나타났다. 전보(12)에서 하이아미와 일품의 백미상태에서 각각 7.66 및 0.78 mg/100 g으로 나타났는데 백미보다는 정조나 현미에서 높은 함량을 보였고 일품보다는 하이아미의 γ-oryzanol 함량이 높은 것으로 나타났다.

70% 에탄올 추출물의 radical 소거활성

하이아미와 일품벼 정조 및 현미의 70% 에탄올 추출물에 대한 DPPH radical, hydrogen peroxide, superoxide radical 및 hydroxyl radical 소거활성을 5 mg/mL의 농도에서 측정한 결과 Fig. 3과 같이 나타났다. 두 품종의 항산화성분은

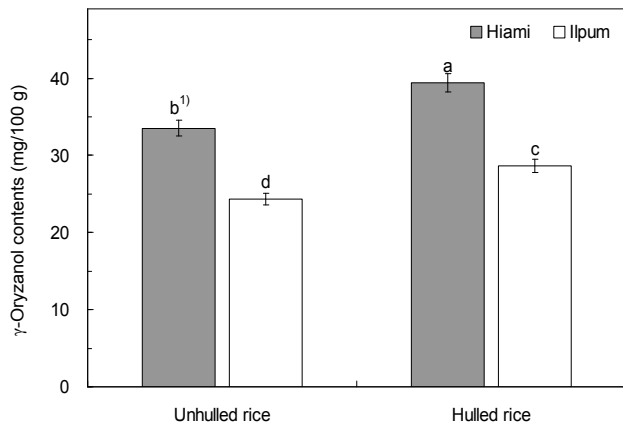


Fig. 2. The  $\gamma$ -oryzanol contents of unhulled and hulled rice on rice cultivar *Hiami* and *Ilpum*. <sup>1</sup>Values with different super-scripts are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple ranged test.

하이아미가 일품에 비해 높은 것으로 나타났는데(Fig. 1 및 2), 70% 에탄올 추출물의 항산화활성 또한 하이아미가 높은 것으로 나타났다. 쌀에서 항산화활성을 내는 성분으로는 오리자놀, 피틴산, 카로테노이드, 폴리페놀 등과 같은 성분으로 쌀의 항산화물질은 대부분 미강층에 존재하거나(8,19), 유색미에 다량 함유되어 있는 것으로 알려져 있다(6). 하이아미 정조 및 현미 추출물의 DPPH radical 소거활성은 각각 57.31 및 44.75%를 나타내었고 일품은 각각 44.60 및 42.35%를 나타내어 일품보다 하이아미 추출물의 DPPH radical 소거활성이 높은 것으로 나타났다. 전보(12)에서 하이아미 및 일품벼의 백미 추출물은 42.00 및 30.10%로 나타났는데 이보다 높은 경향을 보였으며, Lee 등(19)은 고아미 2호벼, 큰눈벼 및 흑광벼의 70% 에탄올 추출물이 5 mg/mL의 농도에서 22.6, 26.3 및 32.5%의 활성을 가지는 것으로 보고하였는데 하이아미의 경우 이보다 조금 높은 활성을 가지는 것으로 나타났다.

Hydrogen peroxide 소거활성은 하이아미 정조 및 현미 추출물에서 각각 41.09 및 24.48%를 나타내었고 일품은 각각 24.30 및 14.54%를 나타내어 일품보다 하이아미 추출물

의 hydrogen peroxide 소거활성이 높은 것으로 나타났다. 전보(12)에서 하이아미 및 일품벼의 백미 추출물은 17.13 및 18.08%로 나타났는데 이보다 높은 경향을 보였다. 활성산소종과 superoxide radical과 hydroxyl radical과 같은 free radical, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>와 일중항산소와 같은 non-free radical 등은 많은 만성질환의 원인이 되는 것으로 알려져 있다(24).

Superoxide radical 소거활성은 xanthine-xanthine oxidase system에 의해 발생하는 superoxide radical을 항산화제가 제거시키는 정도를 확인하는 실험으로서 nitro blue tetrazolium(NBT)의 감소 정도를 통하여 항산화활성을 측정하는 것이다(17). Superoxide radical 소거활성은 하이아미 정조 및 현미 추출물에서 각각 49.84 및 30.72%를 나타내었고 일품은 각각 18.03 및 17.08%를 나타내어 일품보다 하이아미 추출물의 superoxide radical 소거활성이 높은 것으로 나타났다. 전보(12)에서 하이아미 및 일품벼의 백미 추출물은 23.27 및 25.18%로 나타났는데 이보다 높은 경향을 보였으며, Lee 등(19)은 고아미 2호벼, 큰눈벼 및 흑광벼의 70% 에탄올 추출물이 5 mg/mL의 농도에서 25.4, 29.0 및 32.9%의 활성을 가지는 것으로 보고하였는데 하이아미 추출물은 더 높은 활성을 가지는 것으로 나타났다. Superoxide radical은 hydroxyl radical보다 강한 작용을 하는 것은 아니지만 생체거대분자에 직·간접적으로 영향을 줄 수 있다(25). Superoxide radical은 간접적으로 superoxide와 hydrogen peroxide가 일중항산소와 hydroxyl radical에 전구체로 작용하여 지질산화를 일으킨다(6).

Hydroxyl radical은 생물체에서 형성되는 극히 민감한 free radical로서 세포에 손상을 주어 질병을 일으키는 것으로 알려져 있으며(26), DNA의 파괴, 돌연변이 및 세포독성 등에 영향을 주고 불포화지방산에서 지질과산화의 진행을 촉진하는 물질 중에 하나로 보고하였다(27). Hydroxyl radical 소거활성은 하이아미 정조 및 현미 추출물에서 각각 33.59 및 19.13%를 나타내었고 일품은 각각 27.45 및 17.27%를 나타내어 일품보다 하이아미 추출물의 hydroxyl radical 소거활성이 높은 것으로 나타났다. 전보(12)에서 하이아미

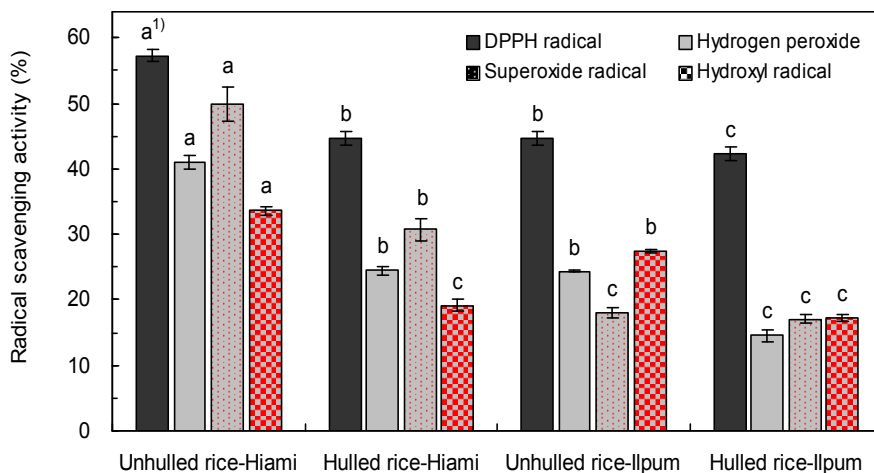


Fig. 3. DPPH radical, hydrogen peroxide, superoxide radical and hydroxyl radical scavenging activity on 70% ethanol extraction of unhulled and hulled rice on rice cultivar *Hiami* and *Ilpum*. <sup>1</sup>Values with different super-scripts are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple ranged test.

및 일품벼의 백미 추출물은 21.59 및 22.37%로 나타났는데 차이가 나는 이유는 재배조건 등의 차이로 인한 것으로 보인다. Lee 등(19)은 고아미 2호벼, 큰눈벼 및 흑광벼의 70% 에탄올 추출물이 5 mg/mL의 농도에서 38.9, 41.8 및 45.7%의 활성을 가지는 것으로 보고하였는데 하이아미와 일품 추출물의 경우 이보다 낮은 활성을 가지는 것으로 나타났다. 또한 radical 소거활성이 현미보다 정조추출물이 높게 나타났는데 이러한 이유는 쌀의 항산화물질인 phenol 성분과 oryzanol 등(Fig. 1 및 2)에 의한 것으로 보이며, Muramoto와 Kawamura(28)의 보고에 따르면 쌀의 항산화물질인  $\alpha$ -tocopherol과 oryzanol에 의존하고 벼의 가장 바깥 부위에 외부로부터 가해지는 활성산소로부터 종자를 보호하기 위해 미강에 함유되어 있지 않는 항산화성분인 isovitexin이 왕겨에 함유되어 있는 것으로 보고하였다. 또한 Bae 등(29)은 왕겨 및 미강에 대해 전자공여능과 hydrogen peroxide, superoxide 및 hydroxyl radical에 대한 소거활성을 측정한다

결과 미강에 비해 왕겨의 활성이 큰 것으로 보고하였다.

70% 에탄올 추출물의 *in vitro* 항암활성

하이아미 및 일품벼의 정조 및 현미의 70% 에탄올 추출물에 대한 항암활성을 알아보기 위하여 대장암세포(HCT-116), 폐암세포(H-460), 위암세포(MKN-45), 유방암세포(MCF-7) 및 간암세포(Hep-G2)에 처리하여 암세포 성장억제 정도를 확인하였다. 추출물을 125, 250, 500, 1,000  $\mu$ g/mL의 농도로 cell growth inhibition을 측정한 결과 Fig. 4와 같이 나타났다. 대장암세포(HCT-116) 및 간암세포(Hep-G2)의 경우에는 일품벼 정조 추출물을 처리할 경우 IC<sub>50</sub>(50% inhibition concentration)이 각각 843.29 및 239.54  $\mu$ g/mL로 나타났으며, 폐암세포(H-460)는 일품벼 현미 추출물을 처리할 경우 IC<sub>50</sub>이 531.98  $\mu$ g/mL로 나타나 다른 처리보다 높은 억제활성을 나타내었다. 위암세포(MKN-45) 및 유방암세포(MCF-7)의 경우 하이아미 정조 추출물을 처리할 경우 IC<sub>50</sub>

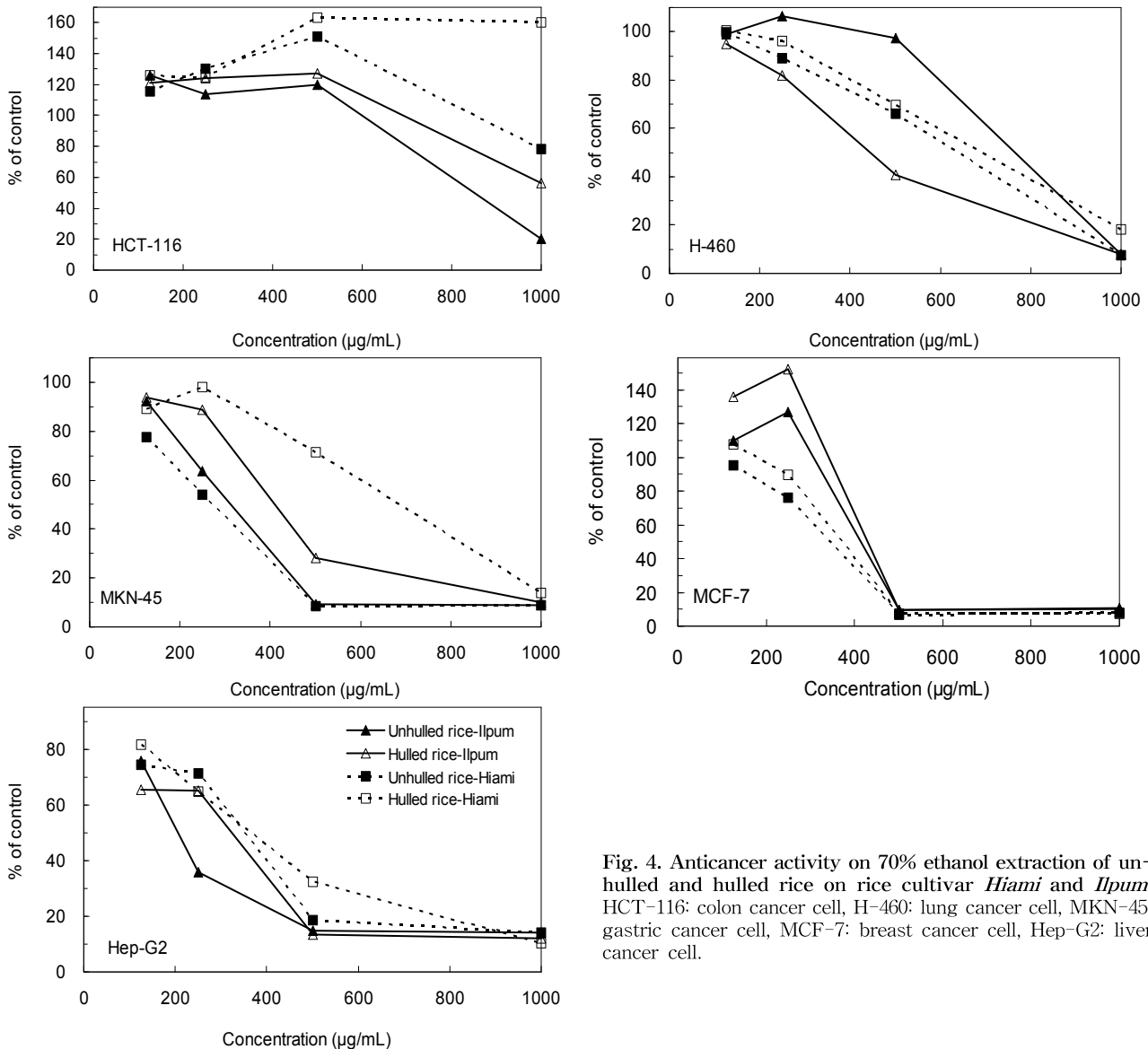


Fig. 4. Anticancer activity on 70% ethanol extraction of unhulled and hulled rice on rice cultivar *Hiamii* and *Ilpum*. HCT-116: colon cancer cell, H-460: lung cancer cell, MKN-45: gastric cancer cell, MCF-7: breast cancer cell, Hep-G2: liver cancer cell.

이 각각 274.17 및 330.40  $\mu\text{g/mL}$ 로 나타나 다른 처리보다 높은 억제활성을 나타내었다. 정조 및 현미 추출물의 암세포에 대한 억제활성은 용량 의존적으로 증가하는 것으로 나타났으며, 특히 하이아미 추출물은 위암 및 유방암세포에 높은 활성을 보였으며, 일품 추출물은 대장암 및 간암세포에 대해 높은 활성을 보였다. 처리별 활성은 대장암 및 간암은 일품 정조 추출물이, 폐암은 일품 현미 추출물이, 위암 및 유방암은 하이아미 정조 추출물이 활성이 높은 것으로 나타났다. Lee 등(11)의 연구보고에 의하면 일품 품종의 현미 상태 시료를 80% 메탄올로 추출하여 인체 폐암세포(A549 cell line)와 쥐 흑색종 세포(B16-F10 cell line)로 항암활성을 측정할 결과  $IC_{50}$ 이 각각 156.40 및 201.67  $\mu\text{g/mL}$ 로 보고하였는데 폐암세포(H-460)에 일품 현미 추출물을 처리할 경우  $IC_{50}$ 이 531.98  $\mu\text{g/mL}$ 로 나타나 차이를 보이는 것으로 나타났는데 이는 cell line의 종류와 원료 상태의 차이에 의한 것으로 생각된다.

## 요 약

하이아미의 정조와 현미상태에 대해 일품벼를 대조구로 하여 항산화성분의 함량과 에탄올 추출물에 대한 *in vitro* 항산화활성 및 항암활성을 측정하였다. 하이아미의 정조 및 현미 추출물의 총 폴리페놀 함량은 각각 6.31 및 3.75 mg/g으로 나타났으며, 일품은 각각 5.66 및 3.47 mg/g으로 나타나 하이아미가 약간 높은 것을 알 수 있었다. 하이아미의 정조와 현미 추출물의  $\gamma$ -oryzanol 함량은 각각 33.53 및 39.47 mg/100 g으로 나타났으며, 일품의 경우 각각 24.33 및 28.68 mg/100 g으로 나타나 일품에 비해 하이아미에서 높은 함량을 보이는 것으로 나타났다. 하이아미와 일품벼 정조 및 현미의 70% 에탄올 추출물에 대한 DPPH radical, hydrogen peroxide, superoxide radical 및 hydroxyl radical 소거활성을 5 mg/mL의 농도에서 측정할 결과 하이아미가 일품에 비해 높은 것으로 나타났으며, 정조 추출물이 현미 추출물보다 높은 radical 소거활성을 보이는 것으로 나타났다. 70% 에탄올 추출물에 대한 *in vitro* 항암활성을 측정할 결과 정조 및 현미 추출물의 억제 활성은 용량 의존적으로 증가하는 것으로 나타났으며, 특히 하이아미는 위암 및 유방암세포에 높은 활성을 보였으며, 일품은 대장암 및 간암세포에 대해 높은 활성을 보였다.

## 문 헌

- Na GS, Lee SK, Kim SY. 2007. Antioxidative effects and quality characteristics of the rice cultivated by organic farming and ordinary farming. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 50: 36-41.
- Sohn HY, Kwon CS, Son KH, Kwon GS, Kwon YS, Ryu HY, Kum EJ. 2005. Antithrombosis and antioxidant activity of methanol extract from different brands of rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 593-598.
- Kang MY, Lee YL, Go HJ, Nam SH. 2004. Antioxidative and antimutagenic activity of ethanolic extracts from giant embryonic rices. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 47: 61-66.
- Chun HS, You JE, Kim IH, Cho JS. 1999. Comparative anti-mutagenic and antioxidative activity of rice with different milling fractions. *J Korean Food Sci Technol* 31: 1371-1377.
- Choi Y, Jeong HS, Lee J. 2007. Antioxidant activity of methanolic extracts from some grains consumed in Korea. *Food Chem* 103: 130-138.
- 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: 118-124.
- Cho MH, Paik YS, Yoon HH, Hahn TR. 1996. Chemical structure of the major color component from a Korean pigmented rice variety. *Agric Chem Biotech* 39: 304-308.
- Chung YA, Lee JK. 2003. Antioxidative properties of phenolic compounds extracted from black rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 948-951.
- Tian S, Nakamura K, Kayahara H. 2004. Analysis of phenolic compounds in white rice, brown rice and germinated brown rice. *J Agric Food Chem* 52: 4808-4813.
- Fan H, Morioka T, Ito E. 2000. Induction of apoptosis and growth inhibition of cultured human endometrial adenocarcinoma cells (Sawano) by an antitumor lipoprotein fraction of rice bran. *Gynecol Oncol* 76: 170-175.
- Lee D, Kim KH, Kang JH, Lee YS, Kim HW. 2006. Antioxidant and anticancer activities of methanolic extracts in grains of the Korean rice landraces. *Korean J Intl Agric* 18: 264-269.
- Woo KS, Jeong EG, Suh SJ, Yang CI, Jeong HS, Kim KJ. 2008. Antioxidant components and antioxidant activities of 70% ethanolic extracts on *Suweon-511* and *Ilpum* rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 1223-1230.
- Dewanto V, Xianzhong W, Liu RH. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50: 4959-4964.
- Rogers EJ, Rice SM, Nicolosi RJ, Carpenter DR, McClelland CA, Romanczyk Jr LJ. 1993. Identification and quantitation of  $\gamma$ -oryzanol components and simultaneous assessment of tocopherols in rice bran oil. *J Am Oil Chem Soc* 70: 301-307.
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1203.
- Müller HE. 1985. Detection of hydrogen peroxide produced by microorganism on an ABTS peroxidase medium. *Zentralbl Bakteriol Mikrobiol Hyg A* 259: 151-154.
- Aruoma OI, Halliwell B, Dizdaroglu M. 1989. Iron independent modification of bases in DNA by the superoxide radical generating system hypoxanthine/xanthine oxidase. *J Biol Chem* 264: 13024-13030.
- Halliwell B, Gutteridge JMC, Aruoma OI. 1987. The deoxyribose method; a simple test tube assay for determination of rate constants for reaction of hydroxyl radicals. *Anal Biochem* 165: 215-219.
- Lee YR, Woo KS, Kim KJ, Son JR, Jeong HS. 2007. Antioxidant activities of ethanol extracts from germinated specialty rough rice. *Food Sci Biotechnol* 16: 765-770.
- Choi Y, Kim MH, Shin JJ, Park JM, Lee J. 2003. The antioxidant activities of the some commercial teas. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 723-727.
- Wennermark B, Ahlmen H, Jagerstad M. 1994. Improved vitamin E retention by using freshly milled whole-meal

- wheat flour during drying. *J Agric Food Chem* 43: 1348-1351.
22. Xu Z, Hua N, Godber JS. 2001. Antioxidant activity of tocopherols, tocotrienols, and  $\gamma$ -oryzanol components from rice bran against cholesterol oxidation accelerated by 2,2'-azobis(2-methylpropionamide) dihydrochloride. *J Agric Food Chem* 49: 2077-2081.
23. Chien JT, Wang HC, Chen BH. 1998. Kinetic model of the cholesterol oxidation during heating. *J Agric Food Chem* 46: 2572-2577.
24. Pyo YH, Lee TC, Logendra L, Rosen RT. 2004. Antioxidant activity and phenolic compounds of Swiss chard extracts. *Food Chem* 85: 19-26.
25. Cotelle N, Bernier JL, Henichart JP, Catteau JP, Gaydou E, Wallet JC. 1992. Scavenger and antioxidant properties of tensynthetic flavonoid. *Free Radic Biol Med* 13: 211-219.
26. Bloknina O, Virolainen E, Fagerstedt KV. 2003. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress. *Ann Bot* 91: 179-194.
27. Hochstein P, Atallah AS. 1988. The nature of oxidant and antioxidant systems in the inhibition of mutation and cancer. *Mutat Res* 202: 363-375.
28. Muramoto G, Kawamura S. 1991. Rice protein and anti-hypertensive peptide (angiotensin converting enzyme inhibitor) from rice. *Nippon Shokuhin Kogyo* 34: 18-26.
29. Bae SM, Kim JH, Cho CW, Jeong TJ, Ha JU, Lee SC. 2001. Effect of microwave treatment on the antioxidant activity of rice processed by-products. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 1026-1032.

(2009년 9월 7일 접수; 2009년 10월 14일 채택)