

## 발아 기간에 따른 벼(*Oryza sativa* L.)의 항산화활성과 *in vitro* 항암활성

김현영<sup>1</sup> · 이상훈<sup>1</sup> · 황인국<sup>2</sup> · 김태명<sup>3</sup> · 박동식<sup>2</sup> · 김재현<sup>2</sup> · 김대중<sup>3</sup> · 이준수<sup>1</sup> · 정현상<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>충북대학교 식품공학과  
<sup>2</sup>국립농업과학원 농식품자원부  
<sup>3</sup>충북대학교 수의학과

### Antioxidant Activity and Anticancer Effects of Rough Rice (*Oryza sativa* L.) by Germination Periods

Hyun Young Kim<sup>1</sup>, Sang Hoon Lee<sup>1</sup>, In Guk Hwang<sup>2</sup>, Tae Myoung Kim<sup>3</sup>, Dong Sik Park<sup>2</sup>,  
Jae Hyun Kim<sup>2</sup>, Dae Joong Kim<sup>3</sup>, Junsoo Lee<sup>1</sup>, and Heon Sang Jeong<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Chungbuk 361-763, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Agrofood Resources, NAAS, Gyeonggi 441-857, Korea

<sup>3</sup>College of Veterinary Medicine, Chungbuk National University, Chungbuk 361-763, Korea

#### Abstract

This study was conducted on the antioxidant activity and *in vitro* anticancer effects of rough rice (*Oryza sativa* L.) by germination periods. Rough rice was germinated at 37°C for 8 days and then extracted with 70% ethanol. It was then analyzed for total polyphenol content, reducing power, antioxidant activities, and *in vitro* anticancer effects. Total polyphenol content increased from 3.12 mg/g for raw rough rice to 4.05 mg/g at 4 days of germination. Also reducing power increased from 0.96 to 1.25 (p<0.05). DPPH radical scavenging activity increased from 29.25% at 0 day to 34.82% at 2 days. ABTS radical scavenging activity increased from 3.05 mg AA eq/100 g at 0 day to 3.84 mg AA eq/100 g at 4 days, and then decreased afterward. The anticancer effect of ethanol extract at 4 days on stomach cancer cell line (AGS) and colon cancer cell line (HCT-116) showed higher values compared with raw rough rice extract. These results suggest that the best germination periods for increasing biological activities may be 3~4 days.

**Key words:** rough rice, germination, antioxidant activity, anticancer effect

#### 서 론

벼(*Oryza sativa* L.)는 우리나라를 비롯한 아시아 및 아프리카 지역에서 주식으로 이용되는 곡물로 특히 아시아 지역에서는 하루 열량의 절반 이상을 섭취하고 있는 중요한 곡류이다(1). 벼는 현미 80%, 왕겨 20%로 구성되어 있으며, 현미는 과피, 종피 및 호분층으로 구성된 미강과 배아 및 배유로 이루어져 있다(2,3). 그중 미강은 외피의 주요성분인 식이섬유가 대부분이며 인체 소화효소로는 분해될 수 없는 비소화성 물질로 cellulose, hemicellulose, lignin, pectin 및 gum 등을 함유하고 있으며, 최근 연구에서는 혈중 콜레스테롤 저하효과, 항산화 효과 및 혈압상승 억제 효과가 우수하고(4) 특히 항산화력 등 생리활성이 우수한 tocopherol, phytic acid, phenolic acid, oryzanol, GABA 및 ferulic acid 등이 함유되어 있다고 보고되었다(5).

벼와 같은 식물종자는 알맞은 물, 산소, 온도가 주어지면 발아하며(6), 발아가 진행됨에 따라 생리활성이 증가되고(7)

성분변화가 발생하기 때문에 발아에 의한 영양소 이용성을 극대화 시키려는 연구가 많이 이루어지고 있다. 종자 발아에 관한 연구로는 유채(8), 대두(9) 등의 두류와 메밀(10), 현미(11) 등의 곡류를 중심으로 활발히 이루어져 왔으며 발아 중 주요 영양성분인 단백질과 아미노산(12), 지방산(13,14), 탄수화물(15), 무기질(16), 비타민(17)에 관한 보고가 대부분이며 그 밖에 효소활성 변화에 관한 연구(18)와 트립신 저해제(15) 및 phytate(3) 등의 영양적인 저해인자에 관한 연구들이 보고되었다.

최근 곡류의 기능성을 향상시키기 위하여 발아처리공정을 많이 적용하고 있으며, 벼 전곡의 발아 전후 성분 변화 및 생리활성 등의 연구는 진행되어져 왔으나 적절한 발아기간 선정에 대한 연구는 미미한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 벼 전곡의 발아 정도와 발아기간에 따른 항산화 성분과 활성의 변화 그리고 암세포주 성장 억제효과를 살펴봄으로써 생리활성이 가장 많이 증가하는 적절한 발아 기간을 선정하고자 하였다.

\*Corresponding author. E-mail: hsjeong@chungbuk.ac.kr  
Phone: 82-43-261-2570, Fax: 82-43-271-4412

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용된 시료는 농촌진흥청에서 2010년 재배 생산된 일반 벼인 일품벼(Ilpumbyeo, *Oryza sativa* L.)를 분양 받아 사용하였다.

### 벼 발아

발아는 Kim 등(19)의 방법에 따라 일품 벼 500 g을 20°C의 물로 수세하고 3일간 침지시킨 다음 발아기(TP-CB 400, Ezione Inc., Beijing, China)로 발아시켰다. 발아 온도는 37°C, 습도는 85%로 유지하였으며, 발아기간은 0일, 2일, 4일, 6일 및 8일로 하였다. 발아 기간별 발아된 벼는 50°C의 건조기(WFO-459PD, Eyela, Tokyo, Japan)에서 2일 동안 건조시킨 후 80 mesh로 분쇄하여 시료로 사용하였다.

### 추출물 제조

발아기간별 시료 10 g에 70% 에틸알코올 500 mL을 가하고 80°C에서 3시간 동안 3회 환류추출 한 후 감압 여과하여 불용성 물질을 제거하였다. 여과된 추출물은 회전진공농축기로 농축하여 용매를 완전히 제거한 다음 동결건조하여 추출물로 사용하였다.

### 총 폴리페놀 함량 측정

발아기간별 추출물에 대한 총 폴리페놀 함량은 Velioglu 등(20)의 방법에 따라 Folin-Ciocalteu reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 측정하였다. 즉, 각 추출물 100 µL에 2% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액 2 mL를 가한 후 3분 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent 100 µL를 가하였다. 실온에서 30분 방치 후 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였다. 표준물질로 tannic acid(Sigma Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 5, 10, 25 및 50배로 희석하여 사용하였으며, 검량선 작성 후 총 폴리페놀 함량은 시료 100 g 중의 mg tannic acid로 나타내었다.

### DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 라디칼 소거능 측정

발아기간에 따른 DPPH(Sigma Aldrich) 라디칼 소거능은 Tepe 등(21)의 방법에 따라 전자공여능(Electron donating ability, EDA)을 측정하였다. 즉, 0.2 mM DPPH 용액(ethanolic solution) 0.8 mL에 시료 0.2 mL를 첨가한 후 실온에서 30분 방치하여 520 nm에서 흡광도 감소치를 측정하였다. 이때 전자공여능은 시료 첨가구와 비첨가구의 흡광도 차이를 백분율로 나타내었다.

### ABTS cation decolorization assay에 의한 총 항산화력

총 항산화력은 ABTS cation decolorization assay 방법(22)에 의하여 측정하였다. 7.4 mM 2,2'-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS, Sigma Aldrich)와

2.6 mM potassium persulphate를 하루 동안 암소에서 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4가 되도록 물 흡광계수( $\epsilon=3.6 \times 10^4 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$ )를 이용하여 증류수로 희석하였다. 희석된 ABTS 용액 1 mL에 추출액 50 µL를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 60분 후에 측정하였으며, 표준물질로서 L-ascorbic acid(AA, Sigma Aldrich)를 동량 첨가하였다.

### 환원력 측정

환원력은 Mau 등(23)의 방법에 의해 측정하였다. 추출물 250 µL에 0.2 M sodium phosphate buffer(pH 6.6) 250 µL, 1% potassium ferricyanide[K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub>] 250 µL를 각각 혼합하여 50°C에서 20분 동안 반응시킨 후 1% trichloroacetic acid(CCl<sub>3</sub>COOH, w/v)를 가하였다. 위 반응액을 1000 rpm에서 10분간 원심분리 하여 상정액 500 µL에 증류수 500 µL를 혼합하고, 0.1% ferric chloride(FeCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O) 100 µL를 가하여 반응액의 흡광도 값을 700 nm에서 측정하였다.

### 암세포주 배양

본 실험에서 사용한 암세포주는 대장암세포주(HCT-116, colorectal carcinoma: KCLB 10247) 및 위암세포주(AGS, stomach adenocarcinoma: KCLB 21739)이었으며, 한국세포주은행(KCLB)에서 분양 받아 사용하였다. 각각의 세포는 10% fetal bovine serum(FBS)과 100 U/mL penicillin G, 50 µg/mL streptomycin을 첨가한 RPMI-1640(Gibco Co., Grand Island, NY, USA)과 DMEM(Gibco Co.)을 사용하여 5% CO<sub>2</sub>, 37°C 배양기에서 배양하였으며, 세포 밀도가 높아지면 5분간 trypsin-EDTA를 처리하여 계대배양을 실시하였다.

### 암세포주 성장억제 효과 측정

발아기간에 따른 벼 추출물의 암세포 성장억제 효과를 측정하기 위해 Ishiyama 등(24)의 방법에 따라 MTT(3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyl tetrazolium bromide) assay로 측정하였다. 즉,  $1 \times 10^5$  cell/well 농도로 96 well plate에 100 µL씩 분주한 후 37°C, 5% CO<sub>2</sub> 배양기에서 24시간 배양 후, 전 배양에 사용된 배지를 제거하고 배지에 동결 건조된 추출물을 100% dimethyl sulfoxide(DMSO, Sigma Aldrich)에 100 mg/mL 농도로 용해한 후 일정 농도(62, 125, 250, 500 µg/mL)로 희석하여 각 well 당 100 µL를 첨가하여 다시 24시간 배양하였다. 배양 완료 후 2 mg/mL 농도의 MTT시약을 well 당 10 µL씩 분주한 다음 37°C, 5% CO<sub>2</sub> 배양기에서 4시간 후 MTT시약이 포함된 배지를 제거하고 DMSO 100 µL를 가한 후 상온에서 발색시키고, ELISA microplate reader(ELx808, Bio-tek® Inc., Winooski, VT, USA)를 이용, 540 nm에서 흡광도를 측정하였다. 각각의 암세포증식 억제율은 생존율로 표시하였다.

### 통계분석

통계분석은 SPSS(Statistical package for the social sci-

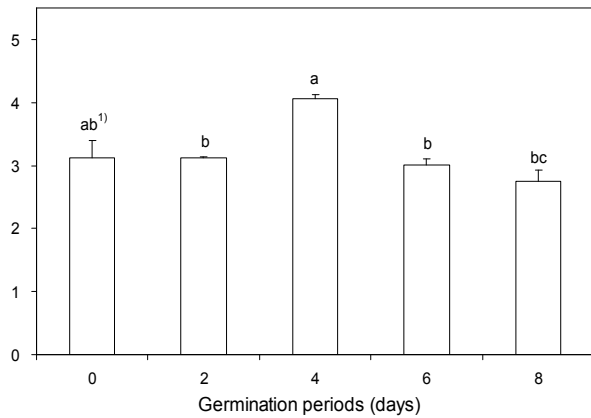


Fig. 1. Changes of polyphenol content in rough rice (*Oryza sativa* L.) with germination periods. <sup>1)</sup>Means with the different letters (a-c) on the bars are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

ence, Ver 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) program을 이용하여 각 측정 군의 평균과 표준편차를 산출하였으며, 분산분석을 실시한 후 Duncan의 다중검정을 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 총 폴리페놀 함량

발아기간에 따른 발아 벼 추출물의 총 폴리페놀 함량을 측정된 결과는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 발아 4일까지는 증가하다가 그 이후에는 감소하는 경향을 나타내었다. 발아 전 0일차의 총 폴리페놀 함량은 3.12 mg/g이었지만 발아 2일 및 4일차에서는 각각 3.13 및 4.05 mg/g으로 증가하여 발아 4일차에서 가장 높게 나타났다. 그러나 발아 6일 및 8일차에서는 각각 3.00 및 2.76 mg/g으로 감소하여 발아 전 3.12 mg/g보다도 적은 함량을 나타내었다. Kim 등(25)의 연구에 따르면 품종별 현미를 발아시킬 경우 발아 전보다 발아 후에 대부분의 품종에서 폴리페놀 함량이 증가한다 하였으며, 발아에 따른 잡곡의 화학성분 변화를 살펴본 Ko 등(7)의 연구에 따르면 수수를 제외한 조와 기장은 발아기간이 증가할수록 잡곡의 폴리페놀 함량이 증가한다 하였지만 본 연구에서는 4일까지 증가하였다가 감소하는 경향을 나타내었는데, 이는 시료의 차이에 의한 결과라 생각된다. 일반적으로 곡류를 발아시키면 6'-O-feruloylsucrose, 6'-O-sinapoylsucrose, ferulic acid 및 sinapinic acid와 같은 페놀성 화합물들 증가하는 것으로 알려져 있는데(26), 본 연구에서도 벼를 발아시키기에 따라 이와 같은 페놀성 화합물들이 증가하여 총 폴리페놀 함량이 증가한 것으로 생각된다.

### DPPH 라디칼 소거능

발아기간에 따른 발아 벼 추출물의 DPPH 라디칼 소거능을 측정된 결과는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 발아기간이 증가함에 따라 발아 2일차에 최고값을 보인 후 감소하는 경향을 나타내었다. 발아 전 0일차 시료의 DPPH 라디칼 소거

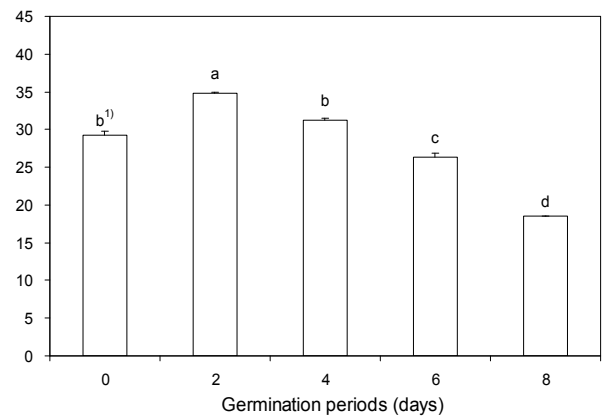


Fig. 2. Changes of DPPH radical scavenging activities (%) in rough rice (*Oryza sativa* L.) with germination periods. Sample concentrations: 1.0 mg/mL. <sup>1)</sup>Means with the different letters (a-d) on the bars are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

능은 29.25%(1 mg/mL 농도)이었던 것이 발아 2일차에는 34.82%로 증가하였지만 발아 4일차에서는 31.17%로 감소하였으며, 발아 6일 및 8일차에서는 각각 26.27 및 18.51%로 감소하여 발아 2일차에 가장 높은 DPPH 라디칼 소거능을 나타내었다. 총 폴리페놀 함량은 발아 4일차까지 증가하는 경향으로 나타내었지만 DPPH 라디칼 소거능은 발아 2일차에서 가장 높은 활성을 나타낸 것은 DPPH 라디칼 소거와 관련된 물질의 차이에 의한 영향으로 판단된다. 거대배아미의 발아 전후 에탄올 추출물의 라디칼 소거능을 살펴본 결과에서도 발아 전 25~40%의 DPPH 라디칼 소거능을 보이던 것이 발아 3일 후 58~64%로 증가하였다는 결과(27)와 유사한 경향을 나타내었다.

### 총 항산화력

발아기간에 따른 발아 벼 추출물의 총 항산화력을 측정된 결과 총 폴리페놀 함량 변화와 유사하게 발아 4일차에 가장 높은 값을 보인 후 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 3). 발아 전 0일차 추출물의 총 항산화력은 3.05 mg AA eq/100

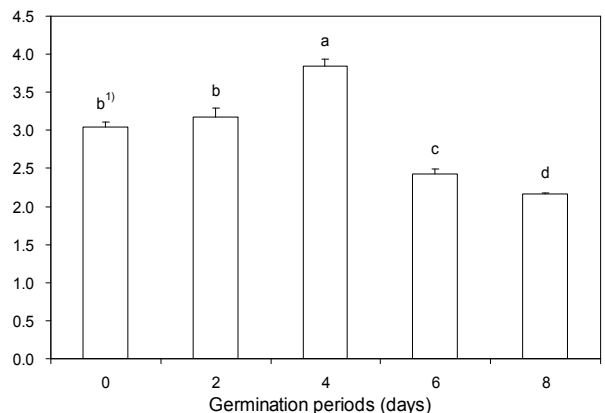


Fig. 3. Changes of ABTS radical scavenging activities in rough rice (*Oryza sativa* L.) with germination periods. <sup>1)</sup>Means with the different letters (a-d) on the bars are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

g이었으나 발아 2, 4, 6 및 8일차에서는 각각 3.17, 3.84, 2.43 및 2.16 mg AA eq/100 g으로 발아 4일차에서 가장 높은 값을 보인 후 감소하였다. 이러한 결과는 총 폴리페놀 함량의 변화(Fig. 1)와 유사한 경향이었으며, 전보(28)의 항산화 성분인 vitamin E 및  $\gamma$ -oryzanol이 발아 4일차에 최댓값을 보인 후 감소하는 결과와 유사하게 나타났다. Lee 등(29)의 연구에서도 한국산 고아미2, 큰 눈 및 흑광 벼를 발아시킬 경우 항산화 활성이 증가하는 것으로 보고하였고, Ko 등(7)의 연구에서도 잡곡의 발아 시 발아기간이 증가함에 따라 항산화활성이 증가한다는 결과와 유사하였다.

**환원력**

환원력은 수소공여능에 의한 환원력으로 자유라디칼과 반응하여 페놀화합물을 환원시킬 수 있는 물질 양의 정도를 뜻하는 것으로 발아기간에 따른 발아 벼 추출물의 환원력을 측정된 결과 항산화 활성 및 항산화 성분 변화와 유사하게 발아기간 4일차까지 증가한 후 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 4). 발아 전 0일차 추출물의 환원력은 0.96이었으나 발아 2일 및 4일차에서는 각각 1.20 및 1.25로 증가하였고 발아 6일 및 8일차에서는 각각 0.94 및 0.89로 감소하는 경향을 나타내어 발아 4일차에 가장 높은 환원력을 나타내었다. 특수미 발아 시 항산화 활성을 연구한 결과에 의하면 시판 특수미를 3일간 발아시킨 후 환원력은 발아 전보다 월등히 높게 증가하였다 하였는데(29) 본 연구에서는 8일간 발아시킴에 따라 4일차에서 최대 환원력을 나타냄을 확인할 수 있었다.

**암세포주 성장억제 효과**

발아기간에 따른 발아 벼 추출물의 암세포주 성장억제 효과를 측정하기 위하여 MTT assay를 이용하여 대장암 세포주인 HCT-116과 위암 세포주인 AGS의 세포 사멸능을 살펴본 결과는 Fig. 5와 같다. 각각의 발아기간별 시료에 대하여 4가지 농도(62, 125, 250 및 500  $\mu$ g/mL)로 암세포주 성장억제 효과를 살펴본 결과 농도 의존적으로 암세포 성장억제

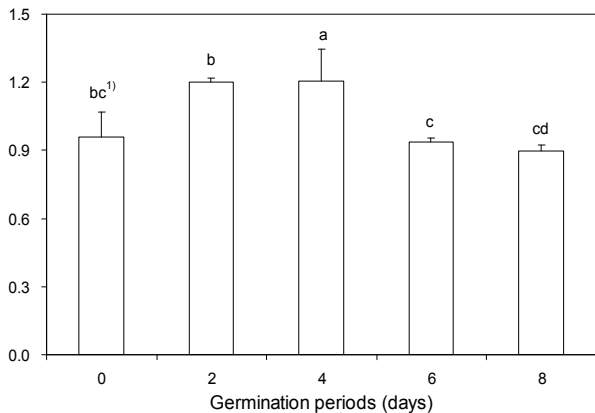


Fig. 4. Changes of reducing power in rough rice (*Oryza sativa* L.) with germination periods. Sample concentrations: 5.0 mg/mL. <sup>1)</sup>Means with the different letters (a-d) on the bars are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

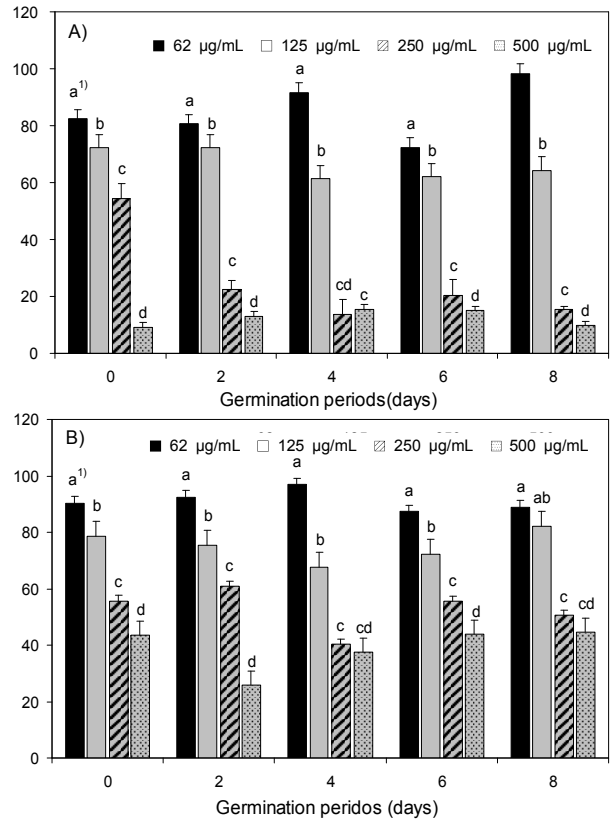


Fig. 5. Changes of anti-proliferation effects in rough rice (*Oryza sativa* L.) with germination periods. A) HCT-116 cell line, B) AGS cell line. <sup>1)</sup>Means with the different letters (a-d) on the bars are significantly different at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

효과를 나타내었다. 500  $\mu$ g/mL의 농도에서 위암 세포주인 AGS의 성장억제 효과는 0, 2, 4, 6 및 8일차에서 각각 43.51, 25.85, 37.48, 43.96 및 44.46%의 생존율을 나타내었다(Fig. 5B). 특히 발아 2일차에 25.85%의 생존율을 보이며 가장 높은 성장억제 효과를 나타내었지만 그 이상의 발아기간에서는 감소하는 경향을 나타내었다. 250  $\mu$ g/mL의 농도에서 대장암 세포주인 HCT-116에 대한 암세포 성장억제 효과는 발아 전 0일차에서 54.42%의 생존율을 나타내었지만 4일차에서는 13.70%로 가장 낮은 생존율을 나타내어 발아 전 0일차보다 약 40% 정도 암세포 성장억제율이 높게 나타났다(Fig. 5A). 또한 6일 및 8일차에서는 각각 20.51 및 15.41%의 생존율을 나타내었으며, 위암 세포주보다는 대장암 세포주의 성장억제효과가 더 높은 것으로 나타났다. 한국산 발아 벼 추출물의 암세포주 증식 억제 효과(30)에서도 품종 별로 약간의 차이는 있지만 발아 후 항암활성이 증가하는 것으로 보고하였으며, 메일을 발아시킬 경우에도(31) 농도 의존적으로 암세포 증식억제 효과가 뚜렷하게 증가하였다는 연구 결과로 미루어 볼 때 종자의 발아 시 다양한 생리활성성분들이 생성되거나 증가되어 암세포주 성장억제효과가 증가하는 것으로 판단되며, 추후 이러한 성분들에 대한 연구가 더 진행되어야 할 것으로 판단된다.

## 요 약

발아기간에 따른 발아 벼 추출물의 항산화성분, 항산화활성 및 암세포주 성장억제효과를 살펴보았다. 발아는 0, 2, 4, 6 및 8일 동안 진행하였으며, 발아 후 70% 에탄올로 추출물을 제조하였다. 발아가 진행됨에 따라 항산화성분 및 항산화활성은 2~4일까지는 증가하였다가 그 이후에는 감소하였다. 총 폴리페놀 함량은 발아 4일차에서 4.05 mg/g으로 가장 높았으며, DPPH 라디칼 소거능은 0, 2, 4, 6 및 8일차 각각 29.25, 34.82, 31.17, 26.27 및 18.51%로 발아 2일차에 가장 높았으며, 총 항산화력은 발아기간별로 각각 3.05, 3.17, 3.84, 2.43 및 2.167 mg AA eq/100 g으로 발아 4일차에서 가장 높게 나타났다. 환원력 또한 발아 4일차에 1.25로 가장 높게 나타났다. 암세포주 성장억제효과는 위암세포주(AGS)보다 대장암세포주(HCT-116)에서 높게 나타났다. 이상의 결과로부터 생리활성 증가를 위해서 벼를 발아시킬 경우 3~4일이 적당한 것으로 판단되며, 추후 새로운 물질의 생성과 생리활성 성분들에 대한 연구가 더 진행되어야 할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 아젠다과제(과제번호: 200901AFT143782462) 예산으로 추진된 연구의 일부로서 연구비를 지원해 주신 농촌진흥청에 감사를 드립니다.

## 문 헌

- Kwak TS, Teo JH. 2004. Varietal variation of ripening and physico-chemical properties in different rice ecotypes. *J Korean Intl Agric* 16: 130-135.
- Kim LS, Son YK, Son JR, Hur HS. 2001. Effect of germination condition and drying methods on physicochemical properties of sprouted brown rice. *J Korean Crop Sci* 46: 221-228.
- Lee YR, Kim JY, Woo KS, Hwang IG, Kim KH, Kim KJ, Kim JH, Jeong HS. 2007. Changes in the chemical and functional components of Korean rough rice before and after germination. *Food Sci Biotechnol* 16: 1006-1010.
- Saunders RM. 1990. The properties of rice bran as a food stuff. *Cereal Food World* 35: 632-636.
- Andreason MF, Christensen LP, Meyer AS, Hansen A. 2000. Release of hydrodynamic and hydrobenzoic acid in rye by commercial plant cell degrading enzyme preparation. *J Sci Food Agric* 79: 411-413.
- Ko SC, Kim BK, Lee KS, Choi WY, Choi HR, Cho EA, Yun SJ. 2005. Varietal difference in enzyme activities during preharvest germination of rice. *Korean J Crop Sci* 50: 378-383.
- Ko JY, Song SB, Lee JS, Kang JR, Seo MC, Oh BG, Kwak DY, Nam MH, Jeong HS, Woo KS. 2011. Changes in chemical components of foxtail millet, proso millet, and sorghum with germination. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 1128-1135.
- Kim IS, Kwon TB, Oh SK. 1988. Study on the chemical change of general composition, fatty acid and minerals of rapeseed during germination. *Korean J Food Sci Technol* 20: 188-193.
- Kim JS, Kim JG, Kim WJ. 2004. Changes in isoflavone and oligosaccharide of soybeans during germination. *J Korean Food Sci Technol* 36: 294-298.
- Lee EH, Kim CJ. 2008. Nutritional change of buckwheat during germination. *Korean J Food Culture* 23: 121-129.
- Kang BR, Park MJ, Lee HS. 2006. Germination dependency of antioxidative activities in brown rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 389-394.
- Cho BM, Yoon SK, Kim WJ. 1985. Changes in amino acid and fatty acids composition during germination of rapeseed. *J Korean Food Sci* 45: 87-91.
- Choi KS, Kim ZU. 1985. Changes in lipid components during germination of mungbean. *Korean J Food Sci Technol* 17: 271-275.
- Colmenarse DRAS, Bressani R. 1990. Effect of germination on the chemical composition and nutritive value of Amaranth grain. *Cereal Chem* 67: 519-523.
- Kim IS, Kwon TB, Oh SK. 1985. Study on the chemical change of general composition fatty acids and mineral contents during germination. *Korean J Food Sci Technol* 17: 371-376.
- Hsu D, Leung HK, Finney PL, Morad MM. 1980. Effect of germination on nutritive value and baking properties of dry peas, lentils, and faba beans. *J Food Sci* 45: 87-91.
- Choi HD, Kim YS, Choi IW, Seog HM, Park YD. 2006. Anti-obesity and cholesterol-lowering effects of germinated brown rice in rats fed with high fat and cholesterol diets. *Korean J Food Sci Technol* 38: 674-678.
- Ikeda K, Arioka K, Fujii S, Kusano T, Oku M. 1984. Effect on buckwheat protein quality of seed germination and changes in trypsin inhibitor content. *Cereal Chem* 61: 230-236.
- Kim HY, Hwang IG, Kim TM, Kim DJ, Park DS, Kim JH, Lee JS, Jeong HS. 2010. Antiproliferation effects of ethanol and water extracts from germinated rough rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1107-1112.
- Velioglu YS, Mazza G, Cao L, Oomah BD. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruit, vegetables, and grain products. *J Agric Food Chem* 46: 4113-4117.
- Tepe B, Sokmen M, Akpulat HA, Sokmen A. 2006. Screening of the antioxidant potentials of six *Salvia* species from Turkey. *Food Chem* 95: 200-204.
- Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee HB, Lee J. 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chem* 99: 381-387.
- Mau JL, Lin HC, Song SF. 2002. Antioxidant properties of several specialty mushrooms. *Food Res Int* 35: 519-526.
- Ishiyama M, Tominaga H, Shiga M, Sasamoto K, Ohkura Y, Ueno K. 1996. A combined assay of cell viability and in vitro cytotoxicity with a highly water-soluble tetrazolium salt, neutral red and crystal violet. *Biol Pharm Bull* 19: 1518-1520.
- Kim DJ, Oh SK, Yoon MR, Chun AR, Choi IS, Lee DH, Lee JS, Yu KW, Kim YK. 2011. The change in biological activities of brown rice and germinated brown rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 781-789.
- Tian S, Nakamura K, Cui T, Kayahara H. 2005. High performance liquid chromatographic determination of phenolic compounds in rice. *J Chromatogr A* 1063: 121-128.
- Kang MY, Kim S, Koh HJ, Nam SH. 2004. Antioxidant activity of ethanolic extract from germinated giant embryonic

- rices. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 47: 293-299.
28. Kim HY, Hwang IG, Kim TM, Park DS, Kim JH, Kim DJ, Lee YR, Jeong HS. 2011. Change in chemical composition of rough rice (*Oryza sativa* L.) according to germination period. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 1265-1270.
29. Lee YR, Woo KS, Kim JY, Son JR, Jeong HS. 2007. Antioxidant activities of ethanol extracts from germinated specialty rough rice. *Food Sci Biotechnol* 16: 765-770.
30. Kim HY, Hwang IG, Joung EM, Kim TM, Kim DJ, Park DS, Lee JS, Jeong HS. 2010. Antiproliferation effects of germinated-Korean rough rice extract on human cancer cells. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 325-330.
31. Hwang EJ, Lee SY, Kwon SJ, Park MH, Boo HO. 2006. Antioxidative, antimicrobial and cytotoxic activities of *Fagopyrum esculentum* Moench extract in germinated seeds. *Korean J Medicinal Crop Sci* 14: 1-7.

(2011년 10월 14일 접수; 2011년 11월 8일 채택)