

Evaluation of antioxidant and cancer cell growth inhibition activities of red rice and black rice

Hye Won Kim, Sea Kwan Oh, Jeong Heui Lee, Mi Ra Yoon, Dae Jung Kim, Im Soo Choi,
Jung Gon Kim, Jeom Sig Lee*

National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 441-857, Korea

적미와 흑미의 항산화 활성 및 암세포성장 억제 효과

김혜원 · 오세관 · 이정희 · 윤미라 · 김대중 · 최임수 · 김정곤 · 이점식*

농촌진흥청 국립식량과학원

Abstract

The extraction yield, total phenolics content, antioxidant activity, cancer cell growth inhibition (A549 and MCF 7), and lung cancer cell (A549) viability of red rice and black rice were investigated, to evaluate the functional properties of colored rice. The extraction yields and the total phenolics contents of the rice cultivars were *Heugseol* > *Heugkwang* > *Hongjinju* > *Jeogjinju* > *Ilpum*. Also, the DPPH radical scavenging activity of the black rice did not differ from that of the red rice, whereas its activity among its cultivars was *Jeogjinju* > *Heugseol* > *Heugkwang* > *Hongjinju* > *Ilpum*. The ABTS antioxidant activity of the black rice (*Heugkwang*, *Heugseol*) was greater than that of the red rice. The total phenolics was partly attributed to its high antioxidant. On the other hand, the effect of the red rice on the lung cancer cell (A549) viability was higher than that of the black rice. The breast cancer cell (MCF 7) growth inhibition activity of the black rice did not differ from that of the red rice. Our results indicate that the ABTS antioxidant activity of black rice is better than that of red rice, and the lung cancer cell (A549) viability of red rice is better than that of black rice.

Key words : red rice, black rice, total phenolic content, antioxidant activity, cell growth inhibition

서 론

생활수준의 향상으로 인해 건강에 대한 관심이 증대됨에 따라 생리기능성 물질의 급원의 관점에서 쌀의 신제품이 개발되었다. 이 중 밥쌀용뿐 만 아니라 제면용, 제과용, 천연 색소 소재로도 이용 가능한 유색미가 각광받고 있다. 유색미 품종들의 색깔은 담적색, 농적색, 농자갈색, 흑색에 이르는 다양한 색깔을 가지고 있으며, 색소의 종류는 자색계는 anthocyanin, 적색계는 tannin 색소로 각각 흑색 및 자색을 띄고 있다(1). 그동안 흑미와 적미의 기능성에 대한 연구결과는 지방산 개선(2), 항산화 활성(3-5), 동맥경화 예방 및 치료(6), 당뇨예방(7), 면역기능증진(8) 등에 대한 효능을 보고하였다. 유색미에는 식이섬유, 폴리페놀 및 플라보이

드계 물질 등 체내에서 항산화 기능 및 항암 활성을 하는 물질이 함유되어 있는데, 특히 페놀화합물은 극성 용매에서 쉽게 추출이 가능하므로, 향후 쌀의 기능성 소재로의 이용가능성이 높은 것으로 전망하였다(9).

항암활성에 대하여 흑미의 anthocyanin은 베타틴만 아니라 오디 추출물의 cyanidin 3-rutinoside와 cyanidin 3-glucoside가 A549 세포의 c-Jun와 NF-κB 저해 작용을 하여 강력한 폐암세포 소멸 기능을 나타내는 것으로 알려져 있다(10). 더불어 Hudson 등(11)은 일반 벼의 현미 유래 추출물 내에 protocatechuic acid, ferulic acid, vanillic acid, methoxycinnamic acid 등과 같은 phenolic acid 물질을 다량 동정하였고, 이러한 물질들이 HBL 100 및 MB 468과 같은 유방암 세포를 사멸한 연구 결과를 보고하였다.

그 동안 선행연구는 일반벼의 페놀 및 유색미 중에서 흑미의 개별 색소의 기능성 등에 대하여 활발하게 연구되어 왔다. 그러나 흑미와 적미의 항산화 및 암의 종류별 효과에

*Corresponding author. E-mail : leejsyr@korea.kr
Phone : 82-31-290-6711, Fax : 82-31-290-6730

대한 비교 연구는 미미하였으나, 최근에 흑미와 적미의 암 종류별 효과에 대하여 Che 등(12)은 흑미는 백혈병 및 자궁경부암에 대해 미약하게 활성을 보인데 반해, 적미는 백혈병, 자궁경부암, 위암 세포에 대해 높은 활성을 보여 흑미와 적미가 암세포 종류에 따른 차이를 보고하였다. 이와 같이 흑미와 적미 간에 항산화 및 암세포의 종류에 따라 활성이 다를 것으로 사료된다. 따라서 본 시험은 색소의 종류가 다른 흑미 2개 품종과 적미 2개 품종의 추출물을 각각 제조하고, 이들 추출물의 항산화 활성 및 폐암과 유방암에 대한 차이를 비교 분석하여 천연 기능성 식품 소재로의 이용성에 대한 기초 자료를 제공하기 위해 수행하였다.

재료 및 방법

재료

본 연구에는 농촌진흥청 국립식량과학원(Suwon, Korea)에서 2010년에 수확한 적색미인 적진주(*Jeojinju*), 홍진주(*Hongjinju*)와 흑색미인 흑광(*Heugkwang*) 및 흑설(*Heugseol*), 대조군으로서 일품(*Ilpum*), 총 5가지 품종을 사용하였다. 시료는 4°C의 냉장고에 정조로 저장하면서 사용하였으며, 모든 실험은 추출 직전에 정조를 제현한 현미를 기류식제분기(Air-Classification Mill, ACM185, Hankook Crusher Co., Incheon, Korea)로 건식 제분한 다음 100 mesh 체에 통과시켜 얻은 가루를 이용하였다.

이화학적 특성분석

현미분말의 일반성분은 AOAC법에 준하여 조단백질은 Foss digester 2020와 auto Kjeldahl(Foss Kjeltac 2400, Foss Tecator, Huddinge, Sweden)을 이용한 질소정량법을, 식이 섬유는 total dietary fiber assay kit(Megazyme International Ireland Limited, Wicklow, Ireland)을 이용하여 정량하였다. 조지방의 함량은 Soxtherm automatic system(Gerhardt Soxtherm 2000, Hoffmannstre, Germany)을 이용하여 분석하였으며, 회분은 550°C에서 직접 회화법으로 측정하였다.

추출물 제조

Hexane으로 탈지한 분쇄한 현미 분말시료 50 g에 0.1 M HCl을 10% 비율로 첨가한 80% 에탄올 500 mL를 각각 가한 뒤 상온에서 12시간 교반 하면서 추출하였다. 추출 후 4°C, 10,000×g에서 40분 동안 원심분리한 다음, 상층액을 다시 0.1 M HCl을 10% 비율로 첨가한 80% 에탄올 500 mL에 각각 용해, 동일한 방법으로 추출을 5회 실행한 다음 최종 추출물을 상층액을 회전진공농축기(N-1000, EYELA, Tokyo, Japan)를 사용하여 40°C에서 10 mL까지 감압 농축하였다. 그 후 동결건조법으로 건조하여 얻은 추출물의 유용성분 함량 및 생리기능성을 분석하였다.

페놀함량 측정

동결 건조한 추출물을 0.5 mL 에탄올에 녹인 후, 10% Folin-Ciocalteu reagent를 0.5 mL 첨가한 다음 vortex를 이용하여 잘 섞고 실온에서 10분 동안 방치하였다. 10분 후 7.5% sodium carbonate anhydrous 용액을 0.4 mL를 가한 후 90분 간 방치 후 750 nm에서 흡광도 값을 측정하였고, 이때, gallic acid를 표준물질로 사용하여 표준 검량선을 작성한 후 $\mu\text{g gallic acid equivalent per 1 g sample}$ 로서 추출물의 총 페놀 함량을 나타내었다.

항산화 활성 측정

추출물의 항산화 활성을 측정할 목적으로 Chu 등(13)의 방법을 변형하여 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 용액을 이용하여 라디칼소거능을 측정하였다. 즉, 0.2 mM DPPH를 암소의 환경에서 80% 에탄올에 녹여 DPPH 용액을 제조하였다. 추출물을 0.5~2.0 mg/mL 농도로 80% 에탄올에 용해시킨 후 이 시료용액 0.5 mL와 0.2 mM DPPH 용액 0.5 mL를 혼합하여 30분간 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였으며 합성항산화제인 BHT(butylated hydroxytoluene; Sigma, Deisenhofen, Germany)를 (+)control로 사용하였다. 이때, 시료용액, 시료첨가구와 비첨가구 모두 측정하여 아래와 같은 계산식으로 전자공여능을 환산하였다.

$$\text{Activity (\%)} = \frac{[(\text{Absorbance in the presence of sample} - \text{sample blank}) / \text{Absorbance in the absence of sample}] \times 100}{100}$$

총 항산화력은 Re 등(14)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 7 mM ABTS를 2.45 mM potassium persulfate 용액과 1:1의 비율로 혼합하여 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS^{•+}를 형성시킨 후 이 용액을 734 nm에서 흡광도 값이 1.4~1.5가 되도록 증류수로 희석하였다. 이후 ABTS 용액 0.98 mL와 0.5~2.0 mg/mL 농도로 80% 에탄올에 용해한 시료액 0.2 mL를 넣어 15분간 반응시킨다. 표준물질로서 ascorbic acid(Sigma, Beijing, China) L-ascorbic acid를 이용하여 표준 곡선을 작성한 후 mg ascorbic acid equivalent antioxidant capacity(AEAC)로 표시하여 시료의 총 항산화력을 나타내었다.

암세포 성장억제 효과 측정

폐암세포주인 A549(lung adenocarcinoma, human)와 유방암세포주인 MCF 7(breast adenocarcinoma, human)에 대한 현미추출물의 암세포 성장억제 효과를 측정하기 위해 colorimetric assay인 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide(MTT) 방법을 이용하였다. 암세포주는 한국세포주은행(Seou., Korea)에서 구입하였으며, 세포배

양액으로는 10% fetal bovine serum(FBS)이 첨가된 RPMI1640 배지를 이용하여 37°C, 5% CO₂ incubator에서 배양하였다. HT29는 0.5×10⁴ cell/well, MCF 7은 1.0×10⁴ cell/well의 농도로 RPMI1640 배지로 희석하여 96well plate에 분주하고, 각 시료는 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.5 mg/mL의 농도로 PBS 용액에 용해하여 68시간 동안 배양한 다음, 5 mg/mL의 MTT용액을 넣고 4시간 추가 배양한 후 상층액을 제거하고 남은 MTT formazan을 DMSO에 용해시키고 20분간 반응시킨다. 그 후 540 nm에서 ELISA reader (ELx800UV, Bio-Tek Instrument Inc., Windoski, VT, USA)를 이용하여 흡광도를 측정하여 각각의 세포 성장억제 효과를 확인하였다.

통계분석

각 항목의 측정값은 SPSS 통계 package program (Statistical Package Social Science, Version. 12.0 SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고, 사후검정(Post Hoc Multiple Comparison Test)으로 Scheffe's multiple comparison test을 이용하였고, p<0.05일 경우 통계적으로 유의한 것으로 판단하였다.

결과 및 고찰

일반성분 분석

본 연구에 사용한 일품, 적진주, 홍진주, 흑광 및 흑설 현미의 일반성분 분석한 결과는 Table 1과 같다. 현미의 단백질 함량은 8.65~10.87%로서 흑설벼가 가장 높았다. 품종별 현미의 식이섬유 함량은 홍진주가 11.56%로 가장 높았으며, 일품이 7.38%로 가장 낮았다. 조지방 함량은 흑설이 2.73%로 가장 높았다. 흑광, 홍진주, 적진주 품종이 2.59~2.55%로 유의적 차이가 없었으며 일품이 2.44%로 가장 낮았다. 회분함량은 흑광, 흑설이 1.52%로 가장 높았고, 홍진주가 1.19%로 가장 낮은 함량을 나타냈다. Lee 등(15)의 유색미 영양성분 연구에서 흑미의 단백질은 7.85~8.77%, 조지방은 1.55~3.08%, 회분은 0.85~1.45%로 품종에

Table 1. Proximate compositions of red rice and black rice

Rice varieties	Contents (%)			
	Protein	Lipid	Dietary fiber	Ash
<i>Ilpum</i>	8.65 ^{1d}	2.44 ^c	7.38 ^d	1.32 ^b
<i>Jeogjinju</i>	8.71 ^d	2.59 ^b	10.07 ^c	1.39 ^b
<i>Hongjinju</i>	9.11 ^c	2.55 ^b	11.56 ^a	1.19 ^c
<i>Heugkwang</i>	9.67 ^b	2.58 ^b	10.65 ^b	1.52 ^a
<i>Heugseol</i>	10.87 ^a	2.73 ^a	10.55 ^b	1.52 ^a

¹⁾Means within a column followed by different letters are significantly different at the 5% level (Scheffe test)

따라 차이를 나타냈고, 적미는 단백질은 7.57%, 조지방은 2.79%, 회분 1.48%로서 본 연구의 원료곡인 적진주, 홍진주, 흑광, 흑설의 단백질 함량 보다 낮았고, 조지방 및 회분 함량은 유사하였다.

추출수율 및 총 페놀함량

80% 에탄올로 제조한 적미 및 흑미 추출물의 추출 수율 및 페놀성 물질의 함량은 Table 2와 같다. 추출 수율은 흑설 추출물 1.15%, 흑광 추출물 0.93%로 적미보다 흑미의 추출 수율이 높았다. 항산화 성분이 함유되어 있는 총 페놀화합물 함량 측정 결과 또한 흑설 및 흑광이 각각 1,219.2 mg GAE/grain 100 g과 1,151.8 mg GAE/grain 100 g으로 흑미가 적미보다 높았고, 일반벼인 일품(331.4 mg GAE/grain 100 g)보다 유색미의 총 페놀화합물 함량이 4배 이상 높은 것을 알 수 있었다.

페놀화합물은 식물계에 널리 분포하는 물질로서 항산화, 항암, 면역 등의 생리활성을 가지는데, 벼에서는 과피에 소량 존재한다. Iqbal 등(16)의 연구에서 80% 메탄올로 현미의 추출물을 제조한 결과, 현미 100 g당 251~359 mg/GAE 수준의 총 페놀화합물 함량을 보였는데 이는 추출용매의 종류 및 품종에 의한 영향으로 판단된다. Adom 등(17)이 보고한 쌀의 총 페놀 화합물 함량(176.3 mg GAE/sample 100 g)과 본 연구의 일품의 총 페놀화합물 함량 결과가 유사하였다. 그리고 옥수수, 귀리, 밀, 쌀 중 총 페놀 화합물의 함량이 가장 높았던 옥수수(1044.0 mg GAE/ sample 100 g)와 본 연구의 홍진주, 흑광, 흑설 추출물의 총 페놀함량과 유사한 결과를 나타내었다. 일반벼에는 미량 존재하는 총 페놀화합물 함량이 유색미에는 다량 존재하여 이로 인한 생리기능성 효과를 기대할 수 있을 것으로 생각된다. 이에 일반벼인 일품과 유색미인 적미(적진주, 홍진주)와 흑미(흑광, 흑설) 추출물의 항산화활성 및 암세포 성장 억제 효과 측정을 수행하였다.

Table 2. Extraction yield and total polyphenol content of extracts of red rice and black rice extracted with 80% ethanol

Rice varieties	Yield (%)	Total phenolic content (mg of gallic acid/100 g of grain)
<i>Ilpum</i>	0.31 ^{1d}	331.4 ^c
<i>Jeogjinju</i>	0.78 ^c	692.0 ^d
<i>Hongjinju</i>	0.79 ^c	922.2 ^c
<i>Heugkwang</i>	0.93 ^b	1151.8 ^b
<i>Heugseol</i>	1.15 ^a	1219.2 ^a

¹⁾Means within a row line followed by different letters are significantly different at the 5% level (Scheffe test)

항산화 활성

항산화 활성을 가진 물질은 생체 내 free radical과 화학반

을 일으켜 산화적 스트레스 방지 및 노화나 DNA 변성을 일으키는 작용을 저해하는 기능 등으로 동맥경화와 같은 심혈관계 질환 및 고혈압, 당뇨 같은 생활 습관병 질병을 예방할 수 있다.

본 연구에서 추출물의 항산화활성 평가를 위하여 DPPH radical 전자공여능과 ABTS 총항산화력을 조사하였다. DPPH radical 소거능 효과는 radical 소거능이 50% 일때의 추출물 농도인 IC₅₀ 값으로 나타내었는데, 일품 추출물은 적용 농도와는 관계없이 활성이 매우 낮아 IC₅₀ 값 산출이 불가능하였다. 홍진주(IC₅₀=1.769 mg·mL⁻¹) < 흑광(IC₅₀=1.655 mg·mL⁻¹) < 흑설(IC₅₀=1.199 mg·mL⁻¹) < 적진주(IC₅₀=0.882 mg·mL⁻¹) 순서로 나타나 흑미 및 적미에 의한 차이는 없었으나 품종에 따라 활성의 차이를 보였다(Table 3).

추출물의 ABTS 총항산화력 측정 결과, 대조군 일품 추출물(17.81~26.14 mM/ascorbic acid eq.)보다 유색미 추출물의 항산화 활성(100.03~191.14 mM/ascorbic acid eq.)이 최소 5배에서 최대 8배 이상 높았다(Table 3). 그리고 적진주 < 홍진주 < 흑광 < 흑설의 순서로 적미 보다 흑미의 항산화활성이 우수했다. 이는 총 페놀 함량 측정 결과와 같은 경향을 보여 페놀성 화합물이 많을수록 높은 항산화능이 높은 기존의 연구 보고와 같았다. 그러나 DPPH radical 전자공여능과 ABTS 총항산화력 결과는 다소 차이를 보였는데, 이는 항산화 물질들의 작용 기작이 연쇄반응 개시의 방지, 전이금속 이온과 결합, 과산화물의 분해 등으로 다양하기 때문인 것으로 판단된다(18). 대부분의 극성용매로 추출물 제조 시 페놀성 화합물의 함량이 높아 DPPH radical 전자공여능 및 ABTS radical 총항산화력과 같은 항산화활성이 높은 것으로 알려져 있는데, Drumstick Tree의 경우 용매에 관계없이 높은 총페놀화합물 함량에 의해 항산화능이 높은 것으로 보고되었다(19).

Table 3. Antioxidant activities of red rice and black rice extracts

Rice varieties	DPPH radical scavenging activity	ABTS radical scavenging activity
	IC ₅₀ value ¹⁾ (mg/mL)	(ascorbic acid equivalent mM of the extract)
<i>Ilpum</i>	-	36.97±8.35 ^{2c}
<i>Jeogjinju</i>	0.88±0.08	126.69±6.47 ^b
<i>Hongjinju</i>	1.76±0.01	134.47±5.50 ^b
<i>Heugkwang</i>	1.65±0.02	156.97±8.31 ^a
<i>Heugseol</i>	1.19±0.03	163.64±8.12 ^a

¹⁾Concentration required to scavenge 50% of 0.2 mM DPPH radicals of the extract

²⁾Means within a row line followed by different letters are significantly different at the 5% level (Scheffe test)

흑미 및 적미는 페놀계 물질 뿐만 아니라 검은색소의 주요 물질인 anthocyanin에 의하여 강력한 항산화능을 보인다는 결과가 보고되고 있는데, Ichikawa 등(3)의 연구에서

적미로부터 항산화능이 뛰어난 anthocyanin 물질 중 하나인 cyanidin 3-glucoside이 검출된 반면에, Seo 등(20)의 연구에서는 본 연구와 동일한 시료인 홍진주 및 적진주에서 anthocyanin 성분이 나타나지 않았다. 또한 쌀에는 caffeic acid, ferulic acid, p-coumaric acid와 같은 저분자 항산화물질이 함유되어 있는데 추출이 어렵고, 소량 존재하여 본 연구와 같이 조다당 형태로 추출하였을 때 이러한 물질의 기능성 발현을 정확하게 측정하기 어렵다(9). 이 결과들로부터 차후 유색미 항산화활성의 원인물질에 대한 추가적인 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

암세포 성장 억제 효과

페놀계 물질이 다량 함유된 일품 및 적미와 흑미의 에탄올 추출물이 폐암세포인 A549세포 및 유방암세포 MCF 7에 대한 IC₅₀값을 표현한 결과는 Table 4와 같다. 품종 따라 차이는 있으나 적미 및 흑미 모두 폐암세포 억제 효과에 대하여 농도의존적인 경향을 나타낸 반면, 일품 추출물은 DPPH radical 소거능 결과와 마찬가지로 활성이 매우 낮아 IC₅₀값을 산출할 수 없었다.

Table 4. Cell growth inhibitions of red rice and black rice extracts

Rice varieties	Cell growth inhibition activity (IC ₅₀ value ¹⁾)	
	A549 cell	MCF 7 cell
<i>Ilpum</i>	-	-
<i>Jeogjinju</i>	1.22±0.00 ²⁾	0.93±0.02
<i>Hongjinju</i>	1.24±0.03	0.83±0.02
<i>Heugkwang</i>	1.39±0.02	0.96±0.04
<i>Heugseol</i>	1.50±0.04	0.79±0.05

¹⁾Concentration required to scavenge 50% of cancer cell growth inhibition of extract

²⁾Mean±SD of 3 replications

적진주, 홍진주, 흑광, 흑설 추출물 중 적진주 추출물(IC₅₀=1.22 mg·mL⁻¹)이 가장 우수한 활성을 보였고, 전체적으로 적미 추출물의 폐암세포 성장 억제 효과가 흑미 추출물의 활성 보다 높아 총페놀화합물 함량 및 ABTS 총항산화력 연구 경향과 반대 결과를 나타냈다. 이러한 결과를 볼 때, 80% 에탄올로 제조한 적미 추출물이 흑미 추출보다 폐암세포 성장억제 효과를 갖는 성분을 더 많이 함유했을 것으로 추정된다.

일품 및 유색미 추출물로 사람의 유방암 세포인 MCF 7에 대한 암세포 성장억제 효과를 조사한 결과, 일품의 유방암 세포 억제 효과는 폐암 세포 결과와 마찬가지로 IC₅₀값을 산출할 수 없었다. 유색미 추출물 측정 결과, A549 결과와는 달리 흑미와 적미간의 활성 차이는 없었고 적진주(IC₅₀=0.96±0.04 mg·mL⁻¹) < 흑광(IC₅₀=0.93±0.02 mg·mL⁻¹) < 홍진주(IC₅₀=0.83±0.02 mg·mL⁻¹) < 흑설(IC₅₀=0.79±0.05

mg·mL⁻¹) 순으로 암세포 성장 억제 효과가 높아져 품종에 의한 차이만 나타났다.

Che 등(12)은 적미, 흑미의 phenolic, anthocyanin, proanthocyanidin 함량을 측정하였고, 다양한 암세포에 대한 활성을 조사한 결과 흑미는 백혈병 및 자궁경부암에 대해 미약하게 활성을 보인데 반해 적미는 백혈병, 자궁경부암, 위암 세포에 대해 높은 활성을 나타냈는데, 이는 적미 추출물 내의 proanthocyanidin에 의한 것이라고 보고하였다. 반면, Gaudiard 등(21)은 유색 식품이 색소물질인 anthocyanin 뿐만 아니라 resveratrol, quercetin과 같은 다양한 폐놀계 물질을 함유한 라즈베리 주스의 A549에 대한 면역활성이 더 높았다고 보고하였다. 이러한 색소 물질이 아닌 항암활성을 보이는 대표적 물질로 폐놀계 화합물이 있는데, Hudson 등(11)은 현미 유래 추출물 내에 protocatechuic acid, p-coumaric acid, caffeic acid, ferulic acid, sinapic acid, vanillic acid, methoxycinnamic acid, tricinnamic acid, p-coumaric acid, caffeic acid, ferulic acid, sinapic acid, vanillic acid, methoxycinnamic acid, tricinnamic acid과 같은 phenolic acid 물질을 다량 동정하였고, 이러한 물질들이 HBL 100 및 MB 468과 같은 유방암 세포를 사멸한 연구 결과를 보고하였다.

이러한 선행연구와 본 연구 결과를 고려 할 때, 유색미인 적진주, 홍진주, 흑광, 흑설의 폐놀계 물질과 색소물질 뿐만 아니라 그 외 기능성 물질로 인하여 폐암세포 및 유방암 세포에 대한 성장 억제 효과에 대하여 흑미와 적미 간의 차이가 있었던 것으로 사료된다.

요 약

본 연구는 색소의 종류가 다른 흑미와 적미의 생리기능성을 구명하여 천연 기능성 식품 소재로의 이용을 위한 기초자료를 제공하고자 일반 벼인 일품을 포함하여 흑미인 흑광, 흑설 및 적미인 적진주, 홍진주를 실험재료로 항산화 활성 및 암세포 성장 억제에 대한 실험을 수행하였다. 추출 수율 및 총 폐놀함량은 흑미가 적미 보다 높았다. 총 폐놀함량에서 흑미와 적미는 일반벼 보다 4배 이상 높은 수준이었다. DPPH radical 소거능은 적미와 흑미 간에는 차이가 없었으나 품종 간에는 홍진주, 흑광, 흑설, 적진주 순서로 높았다. 반면, ABTS 항산화력은 적미보다 흑미가 높았다. 이는 총 폐놀화합물 함량 결과와 경향이 같았다. 암세포 성장 억제 능 측정 결과, 적미는 폐암세포 성장 억제 효과가 흑미 보다 높았다. 반면, 유방암 세포 성장 억제 능은 흑미와 적미 간에는 차이가 없었으며, 품종 간에는 적진주, 흑광, 홍진주, 흑설 순으로 높았다. 흑미와 적미의 생리기능성 비교 결과, 항산화 활성은 흑미가 높은 반면, 적미는 폐암세포 성장 억제 효과에서 높았다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구 과제(과제번호:

PJ906950) 수행된 연구결과이며 이에 감사드립니다.

References

- Hong HC, Oh SK (1996) Diversity and function of pigments in colored rice. Korean J Crop Sci, 41, 1-9
- Jang HH, Park MY, Kim HW, Lee YM, Hwang KA, Park JH, Park DS, Kwon O (2012) Black rice (*Oryza sativa* L.) extract attenuates hepatic steatosis in C57BL/6 J mice fed a high-fat diet via fatty acid oxidation. Nutr Metab, 9, 27-38
- Ichikawa H, Ichiyangi T, Xu B, Yoshii Y, Nakajima M, Konishi T (2001) Antioxidant activity of anthocyanin extract from purple black rice. J Med Food, 4, 211-218
- Chiang AN, Wu HL, Yeh HI, Chu CS, Lin HC, Lee WC (2006) Antioxidant effects of black rice extract through the induction of superoxide dismutase and catalase activities. Lipids, 41, 797-803
- Zhang MW, Guo BJ, Zhang RF, Chi JW, Wei ZC, Xu ZH, Zhang Y, Tang XJ (2006) Separation, purification and identification of antioxidant compositions in black rice. ASC, 5, 431-440
- Xia X, Ling W, Ma J, Xia M, Hou M, Wang Q, Zhu H, Tang AZ (2006) An anthocyanin-rich extract from black rice enhances atherosclerotic plaque stabilization in apolipoprotein E-deficient Mice. J Nutr, 136, 2220-2225
- Guo H, Ling W, Wang Q, Liu C, Hi Y, Xia M, Feng X, Xia X (2007) Effect of anthocyanin-rich extract from black rice (*Oryza sativa* L. indica) on hyperlipidemia and insulin resistance in fructose-fed rats. Plant Food Hum Nutr, 62, 1-6
- Wang Q, Han P, Zhang M, Xia M, Zhu H, Ma J, Hou M, Tang Z, Ling W (2007) Supplementation of black rice pigment fraction improves antioxidant and anti-inflammatory status in patients with coronary heart disease. Asia Pac J Clin Nutr, 16, 295-301
- Ha TY, Park SH, Lee SH, Kim DC (1999) Gelatinization properties of pigmented rice varieties. Korean J Food Sci Technol, 31, 564-567
- Chen PN, Chu SC, Chiou HL, Kuo WH, Chiang CL, Hsieh YS (2006) Mulberry anthocyanins, cyanidin 3-rutinoside and cyanidin 3-glucoside, exhibited an inhibitory effect on the migration and invasion of a human lung cancer cell line. Cancer Lett, 235, 248-259
- Hudson EA, Dinh PA, Kokubun T, Simmonds MSJ,

- Gescher A (2000) Characterization of potentially chemopreventive phenols in extracts of brown rice that inhibit the growth of human breast and colon cancer cells. *Cancer Epidem Biomar*, 9, 1163-1170
12. Che MH, Choi SH, Kozukue N, Kim HJ, Friedman M (2012) Growth-inhibitory effects of pigmented rice bran extracts and three red bran fractions against human cancer cells: relationships with composition and antioxidative activities. *J Agric Food Chem*, 60, 9151-9161
 13. Chu YH, Chang C, Hsu HF (2000) Flavonoid content of several vegetables and their antioxidant activity. *J Sci Food Agric*, 80, 561-566
 14. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C (1999) Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med*, 26, 1231-1237
 15. Lee MK, Kim YM, Park JS, Na HS (2012) Nutritional characteristics of pigmented rice. *Korean J Food Preserv*, 19, 235-242
 16. Iqbal S, Bhangar MI, Anwar F (2005) Antioxidant properties and components of some commercially available varieties of rice bran in Pakistan. *Food Chem*, 93, 265-272
 17. Adom KK, Liu RH (2002) Antioxidant activity of grains. *J Agric Food Chem*, 50, 6182-6187
 18. Diplock AT (1997) Will the 'good fairies' please prove to us that vitamin E lessens human degenerative disease? *Free Radic Res*, 27, 511-532
 19. Siddhuraju P, Becker K (2003) Antioxidant properties of various solvent extracts of total phenolic constituents from three different agroclimatic origins of Drumstick Tree (*Moringa oleifera Lam*) leaves. *J Agric Food Chem*, 51, 2144-2155
 20. Seo W, Kim J, Han SI, Ra JE, Lee J, Song Y, Park M, Kang H, Oh S, Jang K (2011) Relationship of radical scavenging activities and anthocyanin contents in the 12 colored rice varieties in Korea. *J Korean Soc Appl Biol. Chem*, 54, 693-699
 21. Gauliard B, Grieve D, Wilson R, Crozier A, Jenkins C, Mullen WD, Lean M (2008) The effects of dietary phenolic compounds on cytokine and antioxidant production by A549 cells. *J Med Food*, 11, 382-384

(접수 2012년 11월 23일 수정 2013년 8월 13일 채택 2013년 11월 12일)