

적미 추출물과 분획물의 항산화 활성 및 암세포 성장억제효과

박성희¹ · 조일진¹ · 김용식² · 하태열^{1*}

¹한국식품연구원 식품기능연구단

²안양과학대 호텔조리영양학부

Effect of Methanol Extracts of Red Colored Rices on Antioxidant Activity and Growth Inhibitory Activities of Cancer Cells

Sung-Hee Park¹, Il-Jin Cho¹, Yong-Sik Kim², and Tae-Youl Ha^{1*}

¹Food Function Research Group, Korea Food Research Institute, Gyeonggi 463-746, Korea

²School of Nutrition and Hotel Culinary Art, Anyang Technical College, Gyeonggi 430-749, Korea

Abstract

The inhibitory effects of the water and methanol extracts of Jakwangdo and Honghyangmi on the rat microsome lipid peroxidation and growth of four human cancer cells such as HepG2 (liver cancer), SNU-1 (stomach cancer), MCF-7 (breast cancer) and SNU-C4 (colon cancer) were examined. The methanol extracts of red colored rices showed the antioxidant activity and growth inhibitory effects of cancer cells. However, water extracts did not show the activities. Inhibitory activities of methanol extracts of Jakwangdo and Honghyangmi against lipid peroxidation of rat microsome was 80% and 68%, respectively, at the concentration of 1 mg/assay. Jakwangdo methanol extracts showed the highest growth inhibitory activity in MCF-7 cells among the cancer cells tested. The methanol extracts of red colored rices were further fractionated with hexane, chloroform, ethyl acetate and butanol. Both chloroform and hexane fractions showed strong growth inhibitory activity in HepG2 and MCF-7 cells.

Key words: red colored rice, lipid peroxidation, cytotoxicity, cancer cells

서 론

식품에 함유되어 있는 다양한 항산화성 물질은 주로 식품의 부패와 변질을 억제하는 역할을 함으로써 저장기간의 연장 및 맛의 변화를 지연시키는 방법으로 이용되고 있었다. 그러나 천연물이 갖는 항산화성 물질은 식품의 산패 뿐 아니라 인체 내에서 노화의 억제, 항산화, 항암 등의 생리활성기능이 입증되면서 식품자체의 산패방지보다는 그들이 갖는 생리활성에 더 많은 관심이 집중되고 있고 다양한 식용소재와 약용식물 등을 대상으로 연구가 활발히 진행되고 있다(1,2). 한편 현재 우리나라에 유통되고 있는 쌀은 색으로 구분하여 흑미, 적미 그리고 적미와 색은 유사하나 향이 강한 홍향미의 3종류로 대별되고 있다(3). 이들 유색미는 백미에 비하여 저장성이 강한데, 이는 유색미 특유의 색소성분 때문이라 추측되고 있다. 과피나 종피 부분에 붉은색을 갖는 적색계 쌀은 탄닌계 색소(4)뿐만 아니라 카테킨(catechin) 및 카테코올탄닌(catecholtannin) 등 다양한 성분이 함유되어 있다고 보고되고 있다(5,6).

유색미 중 흑미에 대해서는 다양한 연구결과가 보고되고

있다. 즉, 흑미의 미강층 추출물을 이용한 항산화 활성(7-9), ethanol 추출물과 분획물의 mitomycin C 작용에 대한 항변이 활성(7,8), methanol 추출물의 항혈전 활성(9) 등의 생리활성에 관한 보고가 주로 되고 있다. 그러나 적미와 그 추출물에 대한 연구는 매우 미비하여 폴리페놀(polyphenol) 함량 분석(7,10), 적미 발아시 성분변화 측정(11), 전분 호화특성(12), 일반성분 및 화학성분 분석(3) 등이 보고되어 있다. 이렇듯 적미에 대한 이화학적 연구들이 주로 진행되어 있을 뿐 생리적 기능에 대한 연구가 아직 미비하다. 따라서 본 연구에서는 적미인 자광도와 홍향미를 methanol과 물로 추출하고 극성이 다른 유기용매로 분획하여 이들 추출물과 분획물의 항산화 활성 및 인체유래 암세포성장 억제에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

실험재료

실험에 이용한 일반현미인 동진현미는 농촌진흥청 작물시험장으로부터 분양받았고, 적미인 자광도와 홍향미는 분

*Corresponding author. E-mail: tyhap@kfri.re.kr
Phone: 82-31-780-9054, Fax: 82-31-780-9225

막농협과 연무농협으로부터 각각 구입하여 사용하였다. microsome 분리용 흰쥐는 중앙실험동물로부터 구입하였으며, 그 외 실험에 사용한 시약은 모두 1급 이상의 것을 사용하였다.

시료 추출 및 분획

각 시료는 이물질 등을 골라내고 물로 씻어 30°C에서 풍건한 후 60 mesh로 분쇄하여 추출에 이용하였다. 각 시료에 80%의 methanol 용액을 시료중량의 10배를 가하여 16시간 shaking한 다음 여과하고(Toyo No. 2) 다시 80% methanol 용액을 시료중량의 5배를 가하여 3시간 shaking하여 여과하였다. 여액은 모아서 감압 건조시킨 뒤 잔존하는 물은 동결 건조하여 methanol 시료로 사용하였다. 물 추출물 시료는 80% methanol 대신 증류수를 가하여 methanol 시료와 동일한 방법으로 추출하였다. 활성이 나타난 일부시료는 각종 용매로서 순차적으로 분획하였는데 즉, 추출물 시료 2 g에 증류수 100 mL을 가하여 혼합한 후 500 mL 분액여두에 넣어 hexane 200 mL을 넣고 분액여두용 진탕기에서 10분간 진탕한 다음 1시간 방치하여 hexane층을 분획하여 모았다. 다음은 chloroform, ethyl acetate, butanol을 순차적으로 가하여 hexane과 동일한 방법으로 분획하여 hexane 획분, chloroform 획분, ethyl acetate 획분, butanol 획분, 수용성 획분으로 분획하였고 각 분획물은 감압 건조하였다. 각 시료 추출물 및 분획물은 dimethylsulfoxide(DMSO)로 일정농도가 되게 녹인 후 assay에 이용하였다.

Microsome의 조제

실험동물은 4주령 Sprague-Dawley(SD)계 수컷 흰쥐로 2주간 일반고형사료로 사육한 후 ethyl ether로 마취한 후 해부하여 간을 적출하였다. 간은 0.9% NaCl로 세척하고 10 배량의 1 mM EDTA를 함유한 0.25 M sucrose-0.01 M tris buffer(pH 7.4)를 가해 Teflon Potter Elvehjem Homogenizer로 균질화하였다. 이를 6,000×g에서 10분간 원심 분리한 다음 상층액을 다시 10,000×g에서 20분간 원심 분리하였다. 얻어진 상층액을 다시 105,000×g에서 60분간 원심 분리하여 microsome을 얻었고 분석시까지 -70°C에서 보관하였다.

과산화지질생성 억제능의 측정

간조직 microsome의 과산화지질생성유도는 Itoh 등(13)의 방법에 의하였고, 생성된 과산화지질은 Ohkawa 등(14)의 방법으로 분석하였다. 즉, 간 microsome에 $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}_2$ 와 각 시료를 1 mg/assay 첨가한 후에 37°C에서 1시간 incubation하였다. 다음 반응액 0.2 mL, 8.1% SDS 0.2 mL, 20% acetic acid 1.5 mL(pH 3.5)를 혼합한 후 증류수를 가해 4 mL로 조정하여 95°C에서 60분간 가열하였다. 냉각 후 4000 rpm에서 10분간 원심분리한 뒤 상층액을 취해 532 nm에서 흡광도를 측정하였다. Microsome의 과산화지질생성 억제능(%)은 $[1 - (\text{대조구의 흡광도} - \text{시료첨가구의 흡광도} / \text{대조구의 흡광도})] \times 100$ 의 식에 의하여 산출하였다. 대조구는 시료 대신 증류수를 첨가하였다.

도/대조구의 흡광도] × 100의 식에 의하여 산출하였다. 대조구는 시료 대신 증류수를 첨가하였다.

세포주 및 배양

사용한 세포주로서는 적미추출물이 정상세포의 세포독성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 사람유래 정상 섬유아세포인 IMR-90을 사용하였고 암세포주로서는 사람유래 대장암 세포 SNU-C4, 위암 세포 SNU-1, 간암세포 HepG2 및 유방암 세포 MCF-7을 이용하였으며 이들 세포는 Korea Cell Line Bank(KCLB)로부터 구입하였다. SNU-C4, SNU-1 및 MCF-7은 RPMI 1640배지(Gibco, Grand Island, NY, USA)를 사용하였고 IMR-90 및 HepG2는 DMEM배지(Gibco)를 사용하였다. 각 배지에는 penicillin과 streptomycin을 각각 100 u/mL과 100 µg/mL(Gibco), fetal bovine serum(Gibco)을 10% 되게 첨가하였으며 37°C, 5% CO₂ incubator에서 배양하였다.

MTT assay

세포독성은 cell proliferation을 측정하는 colorimetric assay인 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide(MTT) assay를 이용하였다. 각 세포의 증식속도를 고려하여 적정수의 세포를 10% fetal bovine serum을 함유한 배지에 부유시켜 seeding하였다. 즉 SNU-C4와 HepG2는 1×10^4 cell/mL, MCF-7과 SNU-1는 2×10^4 cell/mL, IMR-90은 5×10^4 cell/mL의 수로 seeding하였다. 물 또는 methanol 추출물을 200 µg/well이 되도록 첨가하였고, 시료당 각각의 실험군은 96 well plate의 1 column (8-well)을 동일한 조건으로 사용하였으며 37°C, 5% CO₂ incubator에서 3일간 배양하였다. 여기에 0.1 mg MTT를 각 well에 첨가하여 4시간 더 배양시켜 MTT를 환원시켜 생성된 formazan을 DMSO 150 µL을 가하여 formazan을 용해시킨 후 microplate reader(Molecular devices, Sunnyvale, CA, USA)를 이용하여 540 nm에서 흡광도를 측정하였다. 각 세포에 대한 독성은 시험군 8-well의 평균 OD값을 구하여 대조군 8-well의 평균 OD값에 대한 백분율로 나타내었다. 대조구는 시료 대신 DMSO를 첨가하여 동일한 조건으로 배양하였다.

결과 및 고찰

과산화지질생성 억제능

동진현미와 자광도, 홍향미를 물 또는 80% methanol로 추출하여 rat liver microsome계를 이용하여 과산화지질생성 억제능을 검토한 결과, 1 mg/assay 첨가시 전반적으로 물 추출물에서는 모두 활성이 미비하였으나 methanol 추출물에서는 홍향미가 80%, 자광도가 68%의 높은 활성을 나타내었다(Fig. 1). 홍향미와 자광도 methanol 추출물을 극성이 다른 용매로 분획하여 microsome의 과산화지질생성 억제능

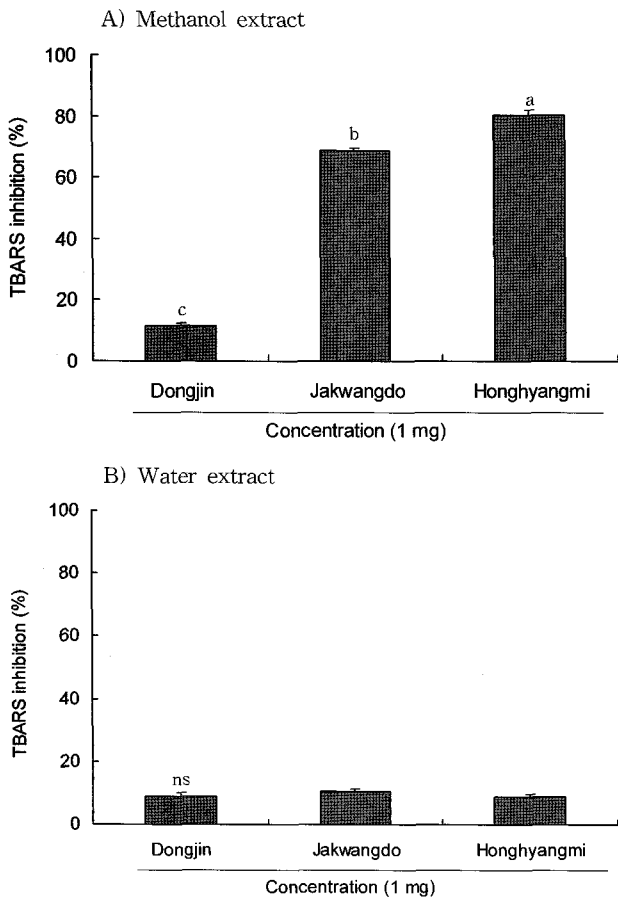


Fig. 1. Inhibitory effects of brown and red colored rice water and methanol extracts on lipid peroxidation in rat liver microsomes. Values with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$). ns: Not significant.

을 검토한 결과, chloroform, butanol, ethyl acetate 분획에서 0.1 mg/assay 첨가시에도 95% 이상의 매우 강한 활성을 나타내었다(Fig. 2). 이러한 결과로 볼 때 항산화력을 갖는 성분은 물 추출물보다 methanol 추출물과 그 분획물에 더 많이 포함되어 있는 것으로 추정된다.

적미는 일반현미보다 polyphenol, phytic acid(15), vitamin E(16), tannin계와 anthocyanin계 성분(3,4), triterpene alcohol과 ferulic acid ester 성분(15) 등이 다량 함유되어있기에 높은 항산화 효능을 나타낼 것으로 기대된다.

적미의 추출물이 암세포의 성장에 미치는 영향

동진현미와 적미, 홍향미의 물 또는 methanol 추출물을 200 µg/well 첨가하여 각종 암세포의 성장에 미치는 영향을 Fig. 3에 나타내었다. 간암유래 세포주(Hep G2)에 대하여 methanol 추출물 첨가시 자광도가 35% 억제되었고 홍향미와 동진현미에서는 활성이 나타나지 않았다. 유방암유래 세포주(MCF 7)에서는 물 추출물 200 µg/well 첨가시 자광도만 약 14%의 암세포성장억제능을 보여 물 추출물에는 유방암 세포의 성장억제능이 없는 것으로 나타났다. Methanol

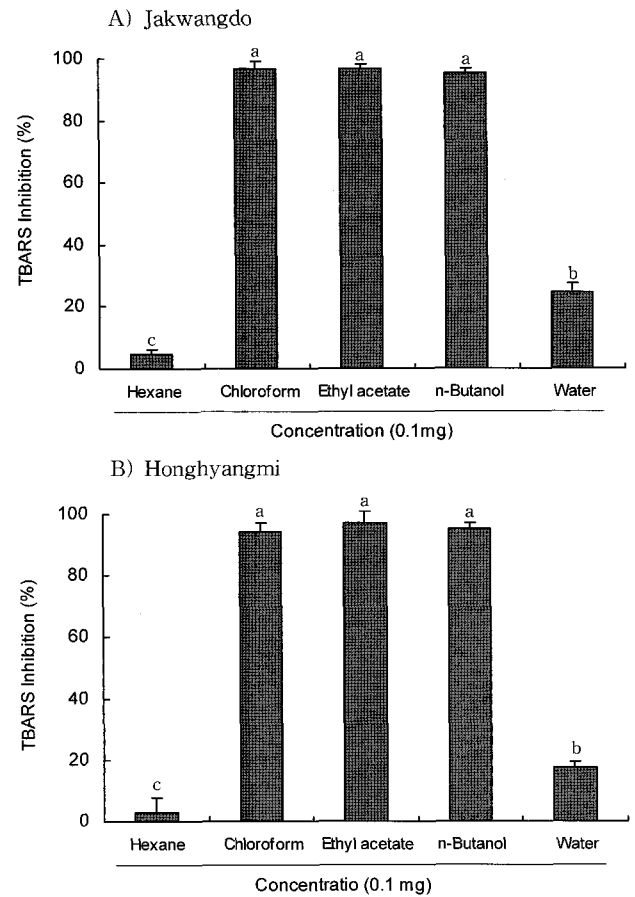


Fig. 2. Inhibitory effects of various solvent fraction of red colored rice methanol extracts on lipid peroxidation in rat liver microsomes. Values with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

추출물에서는 자광도가 43%로 가장 높은 세포성장 억제능을 나타내었고 홍향미가 30%, 동진현미는 유방암 세포의 성장억제에 전혀 영향을 미치지 못하였다. 대장암유래 세포주(SNU-C4)에 대하여도 모든 물 추출물은 암세포의 성장에 전혀 영향을 미치지 않았고, methanol 추출물에서는 동진현미와 자광도만이 약한 세포성장 억제능을 보였다. 위암유래 세포주(SNU-I)에서는 methanol 추출물 중 홍향미는 25%, 자광도는 약 15% 억제되었다. 자광도와 홍향미의 물 추출물은 암세포의 성장억제능이 전혀 없거나 매우 미미한 반면 methanol 추출물의 활성은 물 추출물에 비하여 전반적으로 높게 나타났다.

적미와 홍향미 methanol 추출물의 용매분획물이 암세포의 성장에 미치는 영향

Methanol 추출물이 암세포 성장억제활성을 나타내는 활성성분의 특성을 검토하기 위하여 methanol 추출물을 극성으로 순차 분획하여 각 분획이 암세포의 성장에 미치는 영향을 조사하였다(Table 1). 암세포주의 종류 및 시료의 종류에 관

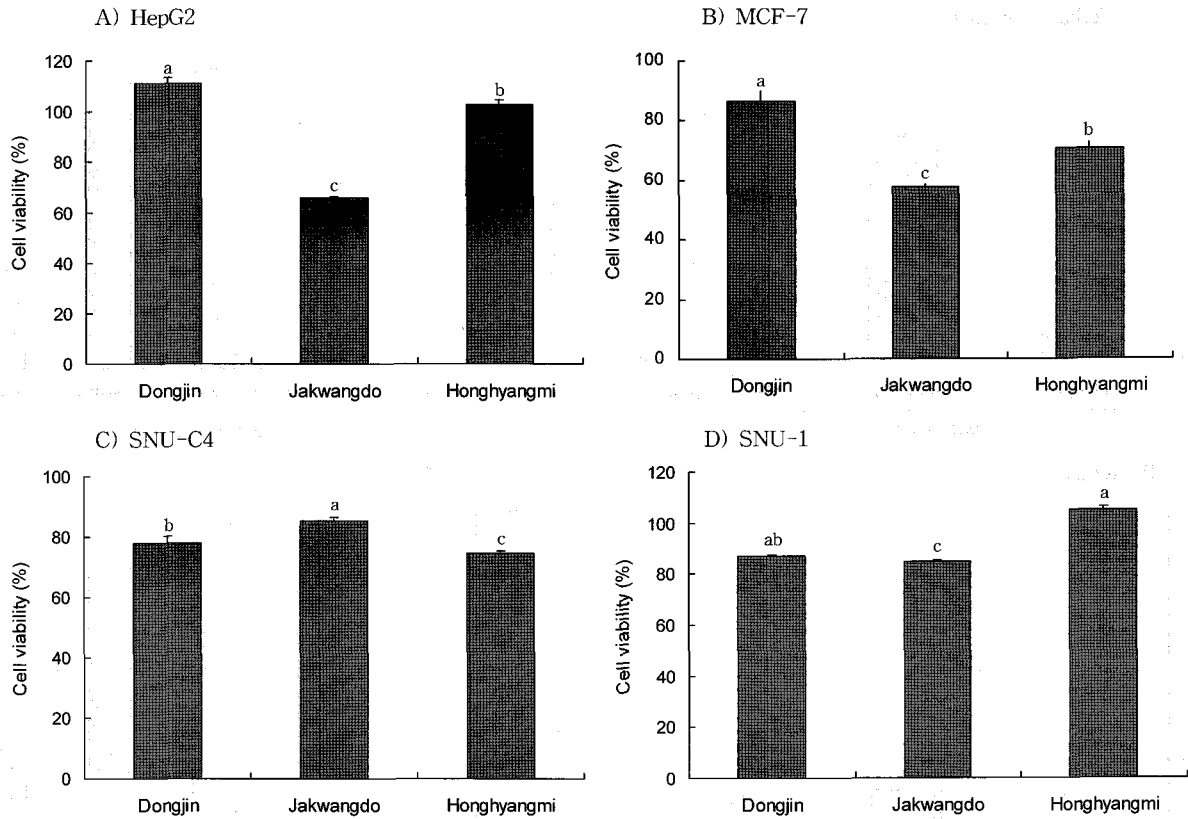


Fig. 3. Growth inhibitory effects of methanol extracts of red colored rices on cancer cell lines.
 Concentration of samples was 200 µg/well.
 Values with different superscripts are significantly different (p<0.05).

Table 1. Growth inhibitory effects of each solvent fraction from methanol extract of red colored rices on cancer cells

		Conc. (µg/well)	Cell viability (%) ¹⁾				
			Hexane	Chloroform	Ethyl acetate	n-Butanol	Water
HepG2	Jakwangdo	50	10.9±2.3 ^{2) d3)}	15.3±1.9 ^c	20.5±2.5 ^b	27.5±2.9 ^a	19.2±1.7 ^{bc}
	Honghyangmi	50	15.8±2.4 ^c	12.9±2.1 ^c	51.1±1.1 ^c	54.6±2.4 ^{ab}	55.6±2.5 ^a
MCF-7	Jakwangdo	50	15.0±1.5 ^c	19.2±1.8 ^c	68.8±3.7 ^{ab}	66.3±3.3 ^b	72.3±2.3 ^a
	Honghyangmi	50	24.1±2.4 ^e	29.0±2.0 ^d	49.6±3.5 ^c	94.2±2.4 ^a	79.4±2.1 ^b
SNU-4	Jakwangdo	100	96.4±4.6 ^b	28.6±2.6 ^c	22.4±2.4 ^d	119.1±1.9 ^{ab}	89.7±2.7 ^a
	Honghyangmi	100	101.3±1.3 ^b	43.7±3.7 ^d	32.7±2.7 ^e	106.4±4.6 ^a	111.8±1.8 ^c
SNU-1	Jakwangdo	100	54.2±2.1 ^b	58.2±1.8 ^b	37.8±2.6 ^c	88.8±3.0 ^a	88.3±2.6 ^a
	Honghyangmi	100	68.7±1.5 ^d	53.6±0.8 ^e	82.1±2.3 ^c	94.8±2.7 ^b	103.1±1.4 ^a

¹⁾Cell viability (%)=(absorbance of treatment/absorbance of control)×100

²⁾Values are mean±standard error.

³⁾Values with different superscripts within same row are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

계없이 분획물의 고효율성 획득에서의 활성은 methanol 추출물보다도 현저히 증가하였다. 각각의 세포주에 대한 억제효과를 비교하여 보면, 간암유래 세포주에서 methanol 추출물 200 µg/well 첨가시 거의 활성이 미미하던 것이 분획물에서는 50 µg/well 첨가시에도 세포성장이 70~90% 억제되어 분획물에서 활성이 현저하게 증가하였음을 알 수 있었다. 자광도의 경우 모든 분획에서 강한 억제효과를 보였으며 특히 hexane과 chloroform 분획에서 85~90%의 억제활성을 나타내었고 홍향미의 경우도 hexane과 chloroform 분획에

서 80% 이상의 세포성장억제 효능을 나타내었다. 이 결과는 허브의 일종인 *Bulnesia sarmienti*의 80% 메탄올 추출물 분획물에 따른 암세포의 성장억제효과를 본 Jo 등(17)의 연구와 유사한데, 그들은 SNU-1 세포에 n-hexane 분획물을 100 µg/mL로 처리시 61.6%의 억제효과를 보인 반면 ethyl acetate와 물 추출물에서 효과가 없었으며, 자궁암세포인 Hela와 대장암세포인 HT-29에서도 100 µg/mL로 n-hexane 분획물을 처리시 75.1%와 57.4%로 가장 높은 억제력을 나타내었다고 보고하였다. 지방암유래 세포주에서는 buta-

nol 획분과 수용성 획분에서는 거의 활성이 나타나지 않았으나 자광도와 홍향미의 chloroform 획분 50 µg/well 첨가시 각각 80%와 70%가 억제되었고 다음은 ethyl acetate가 50%와 32%였으며, hexane은 85%와 75% 억제활성을 나타냈다. 대장암유래 세포주에서는 hexane, butanol, 수용성 획분에서는 거의 활성이 나타나지 않았으나 chloroform과 ethyl acetate 획분에서는 매우 높은 활성을 나타내었다. 즉 자광도 methanol 추출물의 chloroform 획분과 ethyl acetate 획분 100 µg/well 첨가시 각각 71%와 78%, 홍향미는 55%, 67%의 세포성장 억제효과를 나타내었다. 이와 같이 대장암 세포에 대한 세포성장 억제성분은 chloroform과 ethyl acetate에 잘 녹는 물질일 것으로 추정되었다. 위암유래 세포주에서는 전반적으로 유방암유래 세포주보다는 암세포 성장 억제 활성이 낮았으며 분획물중에서는 ethyl acetate 획분이 가장 높게 나타났다.

이와 같은 결과로부터 자광도와 홍향미 methanol 추출물 분획물의 암세포에 대한 성장억제효과는 세포주에 따라 다소 차이는 있으나 chloroform, hexane 및 ethyl acetate 획분에서 성장억제효과가 큰 것으로 나타났다.

적미의 total phenol 함량 중 butanol 획분에서 높은 활성을 갖는다는 것은 tannin과 flavonoid 성분이라는 Chung과 Lee(18) 및 Hahn 등(19)의 보고로 미루어 볼 때, tannin 성분이 많은 적미의 경우 본 실험에 이용된 암세포에 대한 억제효능이 높지 않은 것으로 판단된다. 그러나 머루종자 70% ethanol 추출물을 용매로 분획 후 분획물별 항산화 물질을 분석한 결과 머루종자의 대표적 항산화물질인 catechin 등의 물질이 butanol과 water 획분에는 존재하지 않고 ethyl acetate 획분으로 이행되었음을 확인하였다(20). 위의 연구 결과들로 추정해 볼 때 butanol 획분에는 주로 tannin과 flavonoid 등의 성분이 포함되었을 것이고 ethyl acetate 획분에는 catechin 등의 성분이 존재할 것으로 추측할 수 있다. 반면 chloroform 획분에는 적미에만 존재하는 성분이 존재할 것으로 기대되며 항산화력이 없는 것으로 보였던 hexane 획분이 간암과 유방암세포의 성장억제력을 보이는 것으로 나타났다.

이상의 연구 결과들로 미루어 볼 때, 적미의 메탄올 추출물은 암세포 성장억제효과를 나타내며 이러한 활성을 나타내는 성분은 chloroform과 hexane 획분에 이행되는 비극성 화합물일 것으로 추정되며 이러한 성분규명에 대해서는 향후 자세한 연구가 요구된다.

적미와 홍향미의 methanol 추출물 용매 분획물이 정상 세포의 성장에 미치는 영향

Methanol 추출물 용매 분획물이 암세포의 성장에 미치는 영향을 조사한 결과 획분에 따라 유의하게 높은 활성을 나타내었다. 이러한 활성이 암세포가 아닌 정상세포에도 독성을 가지는지의 유무를 검토하기 위하여 정상인의 폐유래 섬유

Table 2. Growth inhibitory effects of each solvent fraction from methanol extract of red rices on normal cell line (IMR 90)

Fractions (200 µg/well)	Cell viability (%) ¹⁾	
	Jakwangdo	Honghyangmi
Hexane	130.1±2.5 ^{2)a3)}	114.7±4.3 ^c
Chloroform	126.5±2.0 ^a	134.1±2.2 ^a
Ethyl acetate	105.6±2.4 ^b	122.5±1.4 ^b
Butanol	130.0±2.5 ^a	131.4±2.7 ^a
Water	62.5±0.8 ^c	97.5±1.6 ^d

¹⁾Cell viability (%)=(absorbance of treatment/absorbance of control)×100

²⁾Values are mean±standard error.

³⁾Values with different superscripts within same row are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

아 세포인 IMR-90에 각 용매분획물을 200 µg/well 씩 첨가하여 세포성장을 조사하였다. 그 결과(Table 2) IMR-90에서는 자광도의 수용성 획분(약 38% 억제)을 제외한 모든 획분에서 세포성장에 전혀 영향을 미치지 않았다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 적미 methanol 추출물의 고효성 획분에서 나타난 암세포 성장억제능은 정상세포에는 영향을 미치지 않고 암세포에만 선택적으로 작용하는 것으로 판단되었다.

요 약

자광도와 홍향미, 동진현미를 물과 methanol로 추출하여 과산화지질생성 억제능 및 4종류의 인체유래의 암세포 즉, 간암세포 HepG2, 위암세포 SNU-1, 유방암세포 MCF-7 및 대장암세포 SNU-C4에 대한 성장억제효과를 검토하였다. 물 추출물보다는 methanol 추출물에서, 동진현미보다는 자광도와 홍향미에서 높은 과산화지질생성 억제능과 암세포의 성장억제효과가 나타났다. 과산화지질생성 억제능은 홍향미 methanol 추출물(1 mg/assay)에서 80%, 자광도 methanol 추출물(1 mg/assay)에서 68%였다. 암세포 성장억제효능은 MCF-7에 자광도 methanol 추출물 첨가시 57%로 가장 낮았다. 또한 methanol 추출물을 극성이 서로 다른 4개의 유기용매로 분획하여 얻은 획분으로 과산화지질생성 억제능과 인체유래 암세포의 성장억제효과를 확인하였다. 자광도와 홍향미 methanol 추출물 분획물의 암세포에 대한 성장억제효과는 세포주에 따라 다소 차이는 있으나 chloroform, hexane 및 ethyl acetate 획분에서 성장억제효과가 큰 것으로 나타났다.

문 헌

1. Kwak EJ, JO IJ, Sung KS, Ha TY. 2005. Effect of hot water extracts of roasted *Rhus verniciflua* stokes on antioxidant activity and cytotoxicity. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 784-789.
2. Choi WH, Um MY, Ahn JY, Kim SR, Kang MH, Ha TY.

2004. Acetylcholinesterase inhibitory activity and protective effect against cytotoxicity of perilla seed methanol extract. *Korean Food Sci Technol* 36: 1026-1031.
3. Ha TY, Park SH, Lee CH, Lee SH. 1999. Chemical composition of pigmented rice varieties. *Korean Food Sci Technol* 31: 336-341.
 4. Choi HC, Oh SK. 1996. Diversity and function of pigments in colored rice. *Korean J Corp Sci* 41: 1-9.
 5. Akiwa Y, Ohtani T. 1991. Pigment properties of pigmented rices. *Shokuhingogyo* 34: 28-33.
 6. Kang MY, Shin SY, Nam SH. 2003. Correlation of antioxidant and antimutagenic activity with content of pigments and phenolic compounds of colored rice bran. *Korean Food Sci Technol* 35: 968-974.
 7. Kang MY, Shin SY, Nam SH. 2003. Antioxidant and antimutagenic activity of solvent-fractionated layers of colored rice bran. *Korean J Food Sci Technol* 35: 951-958.
 8. Nam SH, Choi SP, Kang MY, Kozukue N, Friedman M. 2005. Antioxidative, antimutagenic, and anticarcinogenic activities of rice bran extracts in chemical and cell assays. *J Agric Food Chem* 53: 816-822.
 9. 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.
 10. Seo SJ, Choi YM, Lee SM, Kim KJ, Son JR, Lee JS. 2007. Determination of selected antioxidant compounds in speciality rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 499-502.
 11. Kang MY, Kim SY, Koh HJ, Chin JH, Nam SH. 2004. Antioxidative activity of germinated specialty rices. *Korean Food Sci Technol* 36: 624-630.
 12. Ha TY, Park SH, Lee SY, Kim DC. 1999. Gelatinization properties of pigmented rice varieties. *Korean Food Sci Technol* 31: 564-567.
 13. Itoh F, Minamide Y, Horie T, Awazu S. Time dependent changes occurring in rat liver microsomes upon lipid peroxidation. *Lipids* 24: 905-908.
 14. Ohkawa H, Ohishi N, Yagi K. 1979. Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Animal Biochem* 95: 351-358.
 15. Slavin JL, Martini MC, Jacobs DR, Marquart L. 1999. Plausible mechanisms for protectiveness of whole grains. *Am J Clin Nutr* 19: 308S-311S.
 16. Shinomiya M, Morisaki N, Matsuoka N, Izumi S, Saito Y, Kumagai A, Moritani K, Morita S. 1983. Effects of gamma-oryzanol on lipid metabolism in rats fed high cholesterol diet. *Tohoku J Exp Med* 141: 191-197.
 17. Jo DH, Min KJ, Cha CG. 2007. The antioxidant and anti-tumor effects of the extract of *Bulnesia sarmientia*. *J Fd Hyg Safety* 22: 120-126.
 18. Chung YA, Lee JK. 2003. Antioxidative properties of phenolic compounds extracted from black rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 948-951.
 19. Hahn DH, Rooney LW, Earp CF. 1984. Tannin and phenols of sorghum. *Cereal Food World* 28: 776-779.
 20. Kim NY, Choi JH, Kim YK, Jang MY, Moon JH, Park KH, Oh DH. 2006. Isolation and identification of an antioxidant substance from ethanol extract of wild grape seed. *Korean Food Sci Technol* 38: 109-113.

(2007년 9월 10일 접수; 2007년 9월 27일 채택)