

## 일문전(*Stephania delavayi* Diels.) 메탄올, 부탄올, 에틸아세테이트 분획물의 항산화 및 세포증식억제 효과

이용순<sup>1,2\*</sup> · 김경희<sup>3\*</sup> · 서흥덕<sup>1,2</sup> · 박대훈<sup>1</sup> · 최연식<sup>4</sup> · 황혜림<sup>3</sup> · 이민재<sup>2</sup> · 최종진<sup>5</sup> · 권명상<sup>2</sup> · 육홍선<sup>3†</sup>

<sup>1</sup>한국한의학연구원, <sup>2</sup>강원대학교 수의학부대학  
<sup>3</sup>충남대학교 식품영양학과, <sup>4</sup>한국폴리텍바이오대학  
<sup>5</sup>충남농업기술원 작물연구과

### Antioxidative Effects and Anti-proliferative Effects of MeOH, BuOH and Ethyl Acetate Fractionated from *Stephania delavayi* Diels.

Yong-Chun Li<sup>1,2\*</sup>, Kyoung-Hee Kim<sup>3\*</sup>, Hong-De Xu<sup>1,2</sup>, Dae-Hun Park<sup>1</sup>, Yeon Shik Choi<sup>4</sup>, Hye-Rim Hwang<sup>3</sup>,  
Min-Jae Lee<sup>2</sup>, Jong-Jin Choi<sup>5</sup>, Myung-Sang Kwon<sup>2</sup>, and Hong-Sun Yook<sup>3†</sup>

<sup>1</sup>Korea Institute of Oriental Medicine, Daejeon 305-811, Korea

<sup>2</sup>School of Veterinary Medicine, Kangwon National University, Gangwon-do 200-701, Korea

<sup>3</sup>Dept. of Food and Nutrition, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

<sup>4</sup>Korea Bio Polytechnic, Chungnam 320-905, Korea

<sup>5</sup>Crops Research Division, Chungcheongnam-do Agricultural Research and  
Extension Services, Chungnam 340-861, Korea

#### Abstract

*Stephania delavayi* Diels. (*S. delavayi* Diels.) has been used as a drug for pain-relieving and acute gastroenteritis treatment in China. Because the major therapeutic mechanism of anti-inflammatory drug is to inhibit the cyclooxygenase (COX)-2 and because COX-2 proteins inhibit apoptosis, COX-2 inhibitor has been thought as the anticancer drug candidate. For this reason, we examined *S. delavayi* Diels. as an anticancer drug. *S. delavayi* Diels. was fractionated with methanol and then partitioned with ethyl acetate, *n*-butanol and water. The antioxidant activity was evaluated by 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity and reducing power. DPPH radical scavenging activities of the crude fractions at the concentration of 1,000 µg/mL were 75.23% (*n*-butanol), 68.11% (methanol), 63.58% (ethyl acetate), and 50.13% (water). The reducing power increased according to the concentration in dose-dependent manner. Also, when the anti-proliferation effects of each fraction against human breast cancer cell-lines MDA-MB-231 and MCF-7 were examined, methanol extract, *n*-butanol fraction and ethyl acetate fraction exhibited cell proliferative inhibition effects in both cell-lines whereas water fraction did not. Among the crude fractions, the *n*-butanol fraction exhibited the most potent anti-proliferation effect. In conclusion, fractions from *S. delavayi* Diels. are promising anticancer drug candidates.

**Key words:** *Stephania delavayi* Diels., fraction, antioxidant, anti-proliferation against cancer cell-line

#### 서 론

일문전(*Stephania delavayi* Diels., *S. delavayi* Diels.)은 방기과(Menispermaceae)의 쌍자엽식물(Dicotyledons)로, 예로부터 중국에서 청열해독(靑熱解毒), 이습(利濕), 지통(止痛), 급성위장염(急性胃腸炎) 등의 치료제로 활용된 한약재(1)이며 전립선암의 치료제로 사용되는 PC-SPES(2)와 Immunsan<sup>®</sup>이라고 하는 면역증강제의 구성성분 중 하나로 사용되고 있다. 또한 같은 속의 *S. cepharantha* Hayata는

일본 자생종으로 지질과산화(lipid peroxidation)를 유도하는 라디칼(radicals)을 소거하여 DNA의 손상을 억제하고(3), G<sub>0</sub>/G<sub>1</sub> 세포주기억제(G<sub>0</sub>/G<sub>1</sub> phase arrest)와 세포자멸사(apoptosis)를 유도하여(4) 항암효과를 보이고 *S. tetrandra* S. Moore는 G<sub>1</sub> 세포주기억제(G<sub>1</sub> phase arrest)를 통해 항암효과를 보인다(5).

한편, 인체는 생명을 유지하기 위한 에너지를 공급하기 위해 산소를 필요로 하나, 호흡과정에서 체내로 공급된 산소 중 일부는 활성산소라는 유해 작용을 가진 물질로 전환되

\*The first two authors contributed equally to this work.

†Corresponding author. E-mail: yhsuny@cnu.ac.kr

Phone: 82-42-821-6840, Fax: 82-42-821-8887

면서 이러한 활성산소종(reactive oxygen species, ROS)이 DNA의 손상 등을 유도하고 이러한 손상은 돌연변이(mutagenesis), 유전적 불안정화(genomic instability), signaling pathway의 활성화, 복제의 실패(replication errors) 등을 통해 암의 발생으로 이어진다(6). 활성산소에 대한 내인성 방어기작으로는 glutathione S-transferase, glutathione peroxidase, superoxide dismutase 그리고 catalase 등의 효소가 있으며, 외인성 방어기작으로는 비타민 A, C, E, flavonoid계 색소, 폴리페놀류 등이 존재한다(7). 이러한 방어기작의 능력을 초과하는 활성산소의 생성으로부터 야기되는 산화적 스트레스로 인한 각종 질환의 유발(8)을 억제할 수 있는 항산화 효과 및 항암 효과를 지니는 후보물질의 발굴은 기능성식품 개발 및 약제 개발에 있어 중요하다.

따라서 본 연구에서는 일문전의 메탄올 추출물, 부탄올 분획물, 에틸아세테이트 분획물 및 물 분획물을 이용하여 각 분획물의 수율과 수소 공여능, 환원력 등의 항산화효과를 확인하고 사람유래의 유방암세포주인 MDA-MB-231과 MCF-7에 적용하여 세포증식억제능(cell proliferation inhibition)을 통한 항암 후보물질로의 가능성 검증을 위한 연구를 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

사용된 일문전은 자생식물사업단 한국식물추출물은행(대전, 한국)으로부터 메탄올 추출물 상태로 입수하여 Fig. 1과 같이 각각 메탄올 추출물 10 g을 증류수 100 mL에 용해시켜 극성에 따라 ethyl acetate, n-butanol 순으로 순차적으로 용매분획을 실시한 후 그 분획물을 회전진공농축기(Eyela A-1000S, Tokyo Rikakikai Co., Tokyo, Japan)로 40°C에서 감압농축한 후 실험에 사용하였다.

### 추출수율 측정

각 분획별로 얻어진 추출물의 추출수율은 메탄올추출물

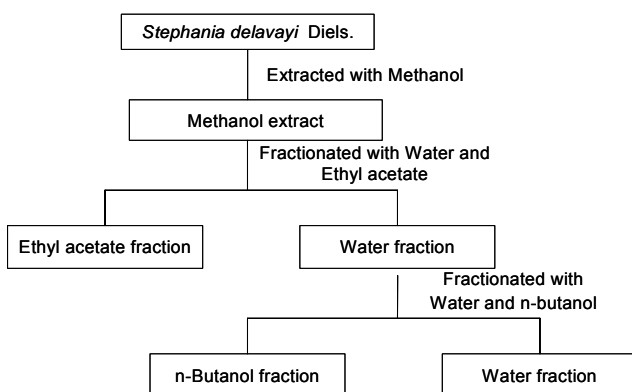


Fig. 1. Fractionation of methanol extract from *S. delavayi* Diels. by solvent partitioning.

의 고형분 함량에 대한 분획물의 고형분함량(%)으로 표시하였다.

### DPPH 라디칼 소거작용

측정시료는 각 용매 분획물에 메탄올을 가하여 다양한 농도로 희석하여 사용하였다. 일정 농도의 시료 0.2 mL에  $4 \times 10^{-4}$  M DPPH 용액(Sigma, USA) 0.8 mL 가하고 10초간 혼합한 뒤 상온에서 10분간 방치 후 525 nm에서 UV/VIS spectrophotometer(Ultrospec 4300 pro, Biochrome Sweden)를 사용하여 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능은 시료용액의 첨가구와 무첨가구 사이의 흡광도의 차이를 백분율로 나타내었다.

### DPPH-radicals scavenging activity (%)

$$= (1 - \text{시료 첨가구의 흡광도} / \text{무첨가구 흡광도}) \times 100$$

### 환원력 측정

환원력(reducing power)은 Oyaizu(9)의 방법에 따라 측정하였다. 농도별로 희석한 시료 1 mL에 200 mM sodium phosphate buffer(pH 6.6) 1 mL과 1% potassium ferricyanide 1 mL를 넣어 50°C에서 20분간 반응시킨 후 10% trichloroacetic acid를 1 mL 첨가하여 교반시켜 3,000 rpm에서 20분간 원심분리 하였다(Centrifuge UNION 32R, Hanil Science Industrial Co., Incheon, Korea). 그리고 상층액 1 mL과 증류수 1 mL, 0.1% ferric chloride 0.1 mL을 혼합한 후 UV/VIS spectrophotometer(Ultrospec 4300 pro, Biochrome Sweden)를 사용하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다.

### 세포배양 및 증식억제능의 측정

사람유래의 유방암세포주인 MDA-MB-231 및 MCF-7을 한국세포주은행(KCLB)으로부터 분양받았으며 10% fetal bovine serum(FBS, GIBCO/Invitrogen)과 1% antibiotic antimycotic(GIBCO/Invitrogen)이 첨가된 RPMI1640(Biowest)에서 37°C, 5% CO<sub>2</sub> 조건하에 배양하였다.

세포증식억제능을 측정하기 위하여 96-well plate에  $1.5 \times 10^4$  cells/well로 분주하여 바닥에 부착하게 한 후(12시간~24시간) 대조군은 0.1% dimethyl sulfoxide(DMSO)를 처리하였으며 실험군은 메탄올 추출물, 부탄올 분획물, 에틸아세테이트 분획물 및 물 분획물을 DMSO를 용매로 하여 최종적으로 1%가 넘지 않는 농도로 만들어 각각 0, 0.5, 1, 2, 4 µg/mL의 농도로 처리하였으며 각 농도별로 4번 반복하였다. 각 시료를 처리한 24시간, 48시간 후에 Cell Counting Kit-8(Dojindo Laboratories) 10 µL/well씩을 첨가하여 2시간 동안 37°C, 5% CO<sub>2</sub>에서 배양한 후 Multi-Detection Microplate-Reader(Bio-TEK®, 450 nm)를 이용하여 결과를 측정하였다.

IC<sub>50</sub>의 계산은 cell viability가 50% 전후인 두 가지 결과를 기준으로 하여 직선을 구한 후 그 직선상의 y값을 50으로

하여 x값, 즉 IC<sub>50</sub>를 구하였다.

**통계분석**

각 수치는 평균±표준편차로 표시하였으며 대조군과 실험군간의 비교는 Tukey's Studentized Range(HSD) test를 이용하여 유의성 여부를 검사하였다. 통계학적 분석은 상용 통계 package인 SAS 9.1을 이용하였으며 유의수준은 p<0.001로 하였으며 표준편차는 SD, 통계를 위한 시료는 동일한 조건에서 4회 반복하였다.

**결과 및 고찰**

**분획물의 수율**

일문전의 메탄올 추출물을 부탄올, 에틸 아세테이트, 물로 분획하여 분획수율을 측정한 결과, 부탄올 분획물(51.43%)> 물 분획물(34.29%)> 에틸아세테이트 분획물(14.29%)의 순으로 부탄올 분획물의 수율이 가장 높은 것으로 나타났다 (Table 1).

**DPPH 라디칼 소거작용**

항산화 물질의 가장 특징적인 역할은 산화 유리 라디칼 (oxidative free radical)과 반응하는 것으로 이 점을 이용하여 항산화능을 측정할 수 있다. DPPH는 안정한 유리라디칼로 cysteine, glutathione과 같은 함유 황 amino acid와 ascorbic acid, tocopherol, polyhydroxy aromatic compounds (hydroquinone, pyrogallol, etc.), aromatic amines(p-phentlene diamine, p-aminophenol, etc.) 등에 의해서 환원되어 탈색되므로 항산화 물질의 항산화능을 측정할 때 이 DPPH법이 편리한 방법으로 알려져 있다(10). 또한 DPPH 라디칼소거능이 높으면 자유라디칼을 환원시키거나 상쇄시키는 능력이 높아 항산화성 및 활성산소와 같은 자유라디칼의 소거작용 증진으로 인체 내 노화를 억제하는 효과가 있을 것으로 알려져 있다(11,12). 기준에 잘 알려진 항산화제인 ascorbic acid 및 gallic acid를 양성 대조군으로 하여 일문전의 유기용매별로 분배 추출한 분획물의 농도별 DPPH 라디칼 소거능을 측정한 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 1000 µg/mL의 농도에서는 부탄올 분획물(75.23%)이 가장 높은 활성을 나타내었고, 다음으로 메탄올 추출물(68.11%), 에틸아세테이트 분획물(63.58%), 물 분획물(50.13%)의 순으로 나타났다. 100 µg/mL의 농도에서는 부탄올 분획물(12.35%)> 메탄올 추출물(10.88%)> 에틸아세테이트 분획물(10.81%)> 물 분획물(5.36%)의 순으로 활성을 나타내었으며, 부탄올 분획물에서 가장 높은 활성을 나타내었다. 각 분획물의 항산

Table 1. The fraction yields of methanol extract from *S. delavayi* Diels

	Ethyl acetate	n-Butanol	Water
Fraction yield (%)	14.29	51.43	34.29

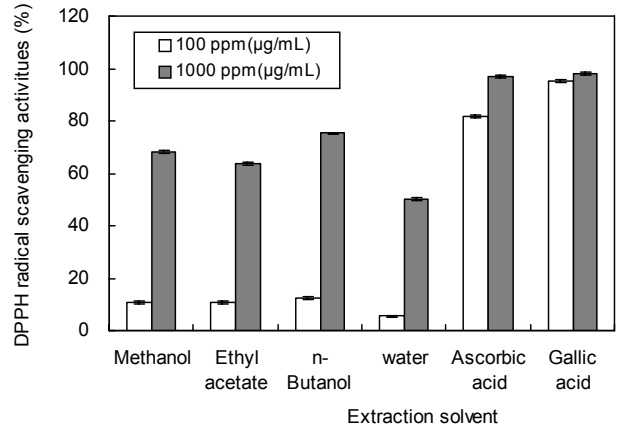


Fig. 2. DPPH radical scavenging activities of various solvent fractions of methanol extract from *S. delavayi* Diels. Each value represents the mean of quadruple studies.

화활성은 1000 µg/mL의 농도에서는 유의적인 차이를 보였으나 100 µg/mL 농도에서는 유의차를 보이지 않았으며, 모든 분획물에서 양성 대조군인 ascorbic acid나 gallic acid보다는 낮은 항산화 활성을 나타내었다.

**환원력**

항산화반응과 같은 환원력은 reductions이 제공하는 수소 원자가 free 라디칼 사슬을 분해함으로써 시작되며 흡광도 수치 자체가 시료의 환원력을 나타내고, 높은 환원력을 가지는 물질일수록 흡광도 값이 높다(13). 일문전의 용매 분획물을 이용하여 항산화효과를 측정하기 위한 다른 방법 즉, 환원력을 측정한 결과는 Fig. 3과 같다. 양성 대조군인 ascorbic acid의 경우 50 µg/mL 농도에서 환원력이 갑자기 증가한 후 600 µg/mL 농도 이상에서 일정한 흡광도를 나타낸 반면 일문전의 용매 분획물은 농도가 증가함에 따라 환원력이 증가하는 경향을 보이다가 5,000 µg/mL 이상의 농도에서 일정한 흡광도를 나타내었다. 환원력에 의한 분획별 항산화 활성은 2,000 µg/mL 미만의 농도에서는 부탄올 분획물에서

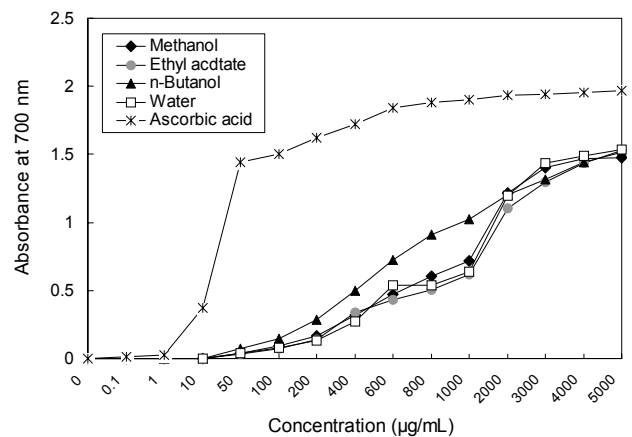


Fig. 3. Reducing power of various solvent fractions of methanol extract from *S. delavayi* Diels. Each value represents the mean of quadruple studies.

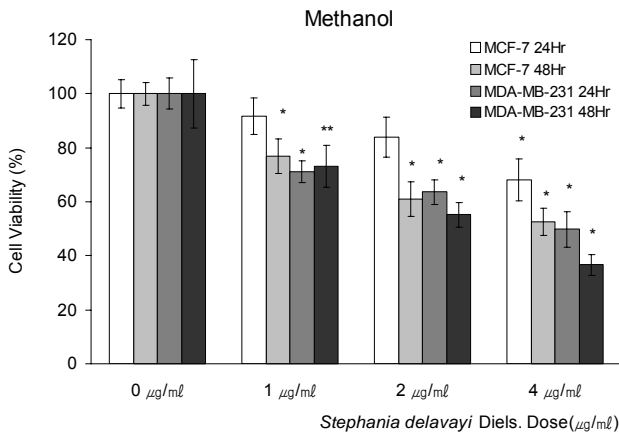


Fig. 4. Methanol extract from *S. delavayi* Diels. inhibits cell proliferations of MDA-MB-231 and MCF-7 in a dose- and time-dependent manner.  $n=4$ , \* $p<0.001$ , \*\* $p<0.01$ ; Compared to control as determined by Tukey's Studentized Range (HSD) test.

환원력이 가장 높아 DPPH 라디칼 소거활성과 비슷한 결과를 나타내었으며 ascorbic acid보다는 낮은 활성을 나타내었다. 이전 보고된 연구에서 DPPH 라디칼 소거활성이 큰 추출물이 환원력도 높은 것으로 나타났으며(14), 본 연구에서도 마찬가지로의 결과를 나타내었다.

#### 암세포 증식억제능

각 세포에 대한 분획물의 세포증식억제능을 구하기 위해 각 시간대의 암세포 증식억제 추세를 확인하였으며  $IC_{50}$ 을 구하기 위하여  $y=50$ 인 전후의 두 좌표를 이용하여 직선을 구한 후  $y=50$ 을 대입하여  $x$ 값, 즉  $IC_{50}$ 를 산출하였다.

암세포증식 억제능은 메탄올 추출물의 경우 MDA-MB-231 24시간의 경우  $2 \mu\text{g/mL}$ 일 경우 63.56%이며  $4 \mu\text{g/mL}$ 일 경우 49.74%이었으므로 이를 두 개의 좌표로 변환하면 2, 63.56과 4, 49.74의 좌표를 얻을 수 있고 이를 직선으로 변환하면  $y=-6.91x+77.38$ 이므로  $y=50$ 일 때,  $x=3.96$ 이므로  $IC_{50}$ 는  $3.96 \mu\text{g/mL}$ 로 확인되었다. 이러한 과정을 통해 48시간의  $IC_{50}$ 는  $2.56 \mu\text{g/mL}$ 였으며, MCF-7은 24시간의  $IC_{50}$ 은  $6.59 \mu\text{g/mL}$ , 48시간의  $IC_{50}$ 은  $4.39 \mu\text{g/mL}$ 로 확인되었다(Fig. 4).

부탄올 분획물의 경우 MDA-MB-231 24시간의  $IC_{50}$ 은  $1.78 \mu\text{g/mL}$ , 48시간의  $IC_{50}$ 은  $1.47 \mu\text{g/mL}$ 으로, MCF-7 24시간의  $IC_{50}>8 \mu\text{g/mL}$ 이었으며, 48시간의  $IC_{50}$ 은  $1.36 \mu\text{g/mL}$ 로 확인되었다(Fig. 5).

에틸아세테이트 분획물의 경우 MDA-MB-231 24시간의  $IC_{50}$ 은  $3.74 \mu\text{g/mL}$ , 48시간의  $IC_{50}$ 은  $3.20 \mu\text{g/mL}$ 으로, MCF-7 24시간의  $IC_{50}>8 \mu\text{g/mL}$ 이었으며, 48시간의  $IC_{50}$ 은  $2.18 \mu\text{g/mL}$ 로 확인되었다(Fig. 6). 또한 물 분획물의 경우 MDA-MB-231과 MCF-7에 대한 세포증식억제능을 확인되지 않았다(data not shown).

실험결과 일문전의 물 추출물을 제외한, 각 분획물은 MCF-7보다는 MDA-MB-231의 세포증식을 억제하는데 효과적이었으며, 48시간의  $IC_{50}$ 을 기준으로 하였을 때 MDA-

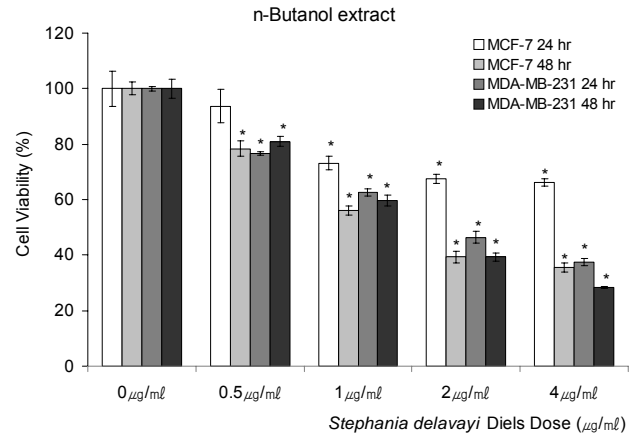


Fig. 5. n-Butanol fraction from *S. delavayi* Diels. inhibits cell proliferations of MDA-MB-231 in a dose- and time-dependent manner and MCF-7 in a dose-dependent manner.  $n=4$ , \* $p<0.001$ ; Compared to control as determined by Tukey's Studentized Range (HSD) test.

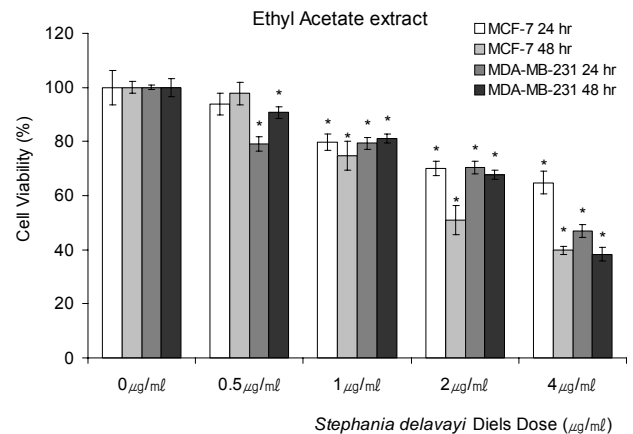


Fig. 6. Ethyl acetate fraction from *S. delavayi* Diels. inhibits cell proliferations of MDA-MB-231 in a dose- and time-dependent manner and MCF-7 in a dose-dependent manner.  $n=4$ , \* $p<0.001$ ; Compared to control as determined by Tukey's Studentized Range (HSD) test.

MB-231의 경우 세포증식억제효과는 부탄올 분획물( $1.47 \mu\text{g/mL}$ ) > 메탄올 추출물( $2.56 \mu\text{g/mL}$ ) > 에틸아세테이트 분획물( $3.20 \mu\text{g/mL}$ )의 순이었으며, MCF-7의 경우 부탄올 분획물( $1.36 \mu\text{g/mL}$ ) > 에틸아세테이트 분획물( $2.18 \mu\text{g/mL}$ ) > 메탄올 추출물( $4.39 \mu\text{g/mL}$ )의 순이었다. 그러나 이러한 결과는  $1.47 \sim 4.39 \mu\text{g/mL}$ 의 범위내로 표준편차를 고려하면 큰 차이는 없지만 일문전의 메탄올 추출물, 부탄올 분획물 및 에틸아세테이트 분획물이 MDA-MB-231과 MCF-7에 대한 세포증식을 억제하는 효과를 나타내었으며, 앞서 측정된 환원력이나 유리 라디칼 소거활성 같은 항산화능도 유리 라디칼이 발암과정에서 중요한 역할을 하는 것을 감안할 때 암세포 증식을 저지하는 한 요인으로 작용할 것으로 추측된다(15-17). 따라서 일문전의 메탄올 추출물, 부탄올 분획물 및 에틸아세테이트 분획물은 유방암세포에서 강한 암세포증식 억제활성을 나타내어 항암효과를 기대할 수 있으며 향후 연

구를 통해 항암제로서의 가능성을 모색할 수 있으리라 사료된다.

### 요 약

본 연구에서는 중국에서 급성 위장염에 대한 약제로 사용되어 오던 일문전의 메탄올 추출물을 이용하여 물, 에틸 아세테이트, 부탄올 층으로 분획한 뒤 항산화 활성과 항암활성을 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능은 1,000 µg/mL 농도에서 부탄올(75.23%) > 메탄올(68.11%) > 에틸아세테이트(63.58%) > 물(50.13%) 순으로 나타났으며 환원력의 경우 용매 분획물의 농도가 증가함에 따라 환원력이 증가하는 경향을 나타내었다. DPPH 라디칼 소거능 및 환원력 모두 부탄올 분획층에서 좋은 활성을 나타내었다. 항암활성 측정결과 메탄올 추출물과 부탄올 분획물, 에틸 아세테이트 분획물에서 MDA-MB-231 cell과 MCF-7 cell에 대한 세포증식억제 효과를 나타내었다. 이상의 결과에서 일문전의 용매 분획물은 항암 후보물질로의 가능성이 있을 것으로 사료된다.

### 감사의 글

이 논문은 기초과학기술연구회의 ‘우수신진연구자 지원 사업’의 연구비지원에 의하여 연구되었음.

### 문 헌

1. Editorial Board. 1999. *The Dictionary of Traditional Chinese Medicine*. Scientific Technological Press, Beijing.
2. DiPaola RS, Zhang H, Lambert GH, Meeker R, Licitra E, Rafi MM, Zhu BT, Spaulding H, Goodin S, Toledano MB, Hait WN, Gallo MA. 1998. Clinical and biological activity of an estrogenic herbal combination (PC-SPES) in prostate cancer. *N Engl J Med* 339: 785-791.
3. Halicka D, Ita M, Tanaka T, Kurose A, Darzynkiewicz Z. 2008. Biscoclaurine alkaloid cepharanthine protects DNA in TK6 lymphoblastoid cells from constitutive oxidative damage. *Pharmacol Rep* 60: 93-100.
4. Kikukawa Y, Okuno Y, Tatetsu H, Nakamura M, Harada N, Ueno S, Kamizaki Y, Mitsuya H, Hata H. 2008. Induction

of cell cycle arrest and apoptosis in myeloma cells by cepharanthine, a biscoclaurine alkaloid. *Int J Oncol* 33: 807-814.

5. Meng LH, Zhang H, Hayward L, Takemura H, Shao RG, Pommier Y. 2004. Tetrandrine induces early G1 arrest in human colon carcinoma cells by down-regulating the activity and inducing the degradation of G1-S-specific cyclin-dependent kinases and by inducing p53 and p21Cip1. *Cancer Res* 64: 9086-9092.
6. Klaunig JE, Kamendulis LM. 2004. The role of oxidative stress in carcinogenesis. *Annu Rev Pharmacol Toxicol* 44: 239-267.
7. Kim OK. 2005. Antidiabetic and antioxidative effects of *Corni fructus* in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Korean Oil Chemists Soc* 22: 157-167.
8. Takamatsu S, Hodges TW, Rajbhandari I, Gerwick WH, Hamann MT, Nagle DG. 2003. Marine natural products as novel antioxidant prototypes. *J Nat Prod* 66: 605-608.
9. Oyaizu M. 1986. Studies on product of browning reaction prepared from glucose amine. *Jap J Nutr* 44: 307-315.
10. Choi DY, Do JH, Lee KS, Yang CB. 1994. Changes in hydrogen donating activities of the extract from *Holeoleon maximowiczii* root by drying methods. *Korean J Food Sci Technol* 26: 147-151.
11. Yoo SJ, Kim SH, Jun MS, Oh HT, Choi HJ, Ham SS. 2007. Antioxidative, antimutagenic and cytotoxic effects of *Prunus armeniaca* extracts. *Korean J Food Preserv* 14: 220-225.
12. Aoshima H, Tsunoue H, Koda H, Kiso Y. 2004. Aging of whisky increases 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical scavenging activity. *J Agric Food Chem* 52: 5240-5244.
13. Jeong CH, Shim KH. 2006. Chemical composition and antioxidative activities of *Platycodon grandiflorum* leaves and stems. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 511-515.
14. Song HS, Park YH, Jung SH, Kim DP, Jung YH, Lee MK, Moon KY. 2006. Antioxidant activity of extracts from *Smilax china* root. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 1133-1138.
15. Lim KT, Lee JC. 1999. Bioactive utility of the extracts from *Rhus verniciflua* Stokes (RVS): Biological function of the extracts from RVS. *Korean J Food Sci Technol* 31: 238-245.
16. Lee JC, Lim KT, Jang YS. 2002. Identification of *Rhus verniciflua* Stokes compounds that exhibit free radical scavenging and anti-apoptotic properties. *Biochem Biophys Acta* 1570: 181-191.
17. Hayase F, Hirashima S, Okamoto G, Kato H. 1989. Scavenging of active oxygens by melanoidins. *Agric Biol Chem* 53: 3383-3385.

(2009년 1월 5일 접수; 2009년 2월 20일 채택)