

# 계수나무 가수분해형 탄닌의 생리활성 평가<sup>1</sup>

민 희 정<sup>2</sup> · 이 민 성<sup>2</sup> · 김 영 균<sup>3</sup> · 배 영 수<sup>2,†</sup>

## Evaluation of Biological Activity on The Hydrolyzable Tannins of Katsura Tree (*Cercidiphyllum japonicum*)<sup>1</sup>

Hee-Jeong Min<sup>2</sup> · Min-Sung Lee<sup>2</sup> · Young-Kyoon Kim<sup>3</sup> · Young-Soo Bae<sup>2,†</sup>

### 요 약

계수나무 잎, 목질부 및 수피부의 EtOAc 및 물 분획으로부터 gallic acid (1), methyl gallate (2), kurigalin (3), 1,2,3,6-tetra-*O*-galloyl- $\beta$ -D-(+)-glucose (4), 1,2,3,4,6-penta-*O*-galloyl- $\beta$ -D-(+)-glucose (5), 6-*m*-digalloyl-1,2,3,4,6-penta-*O*-galloyl- $\beta$ -D-(+)-glucose (6), isocorilagin (7), macabarlerin (8) 등 8종류의 가수분해형 탄닌을 분리하였으며, 각 화합물에 대한 항산화 활성 및 항염활성 시험을 실시하였다. 항산화 활성은 DPPH 라디칼 소거법을 사용하였으며, 분리된 화합물 모두 대조군으로 사용된 BHT 및  $\alpha$ -tocopherol에 비하여 매우 우수한 항산화 활성을 나타냈다. 항염활성 시험 결과 methyl gallate, 1,2,3,6-tetra-*O*-galloyl- $\beta$ -D-glucose 그리고 1,2,3,4,6-penta-*O*-galloyl- $\beta$ -D-glucose가 NO생성을 억제하였으며, 특히 methyl gallate가 가장 높은 NO 생성 억제효과를 가지는 것으로 나타났으나 항염제로 이용될 수 있는 효능을 가지고 있지는 않았다. 이와 같은 결과를 토대로 계수나무의 가수분해형 탄닌 화합물은 항염제보다 합성 항산화제를 대체할 수 있는 천연 항산화 소재로서의 적용 가능성을 나타내었다.

### ABSTRACT

Eight hydrolyzable tannin compounds, such as gallic acid (1), methyl gallate (2), kurigalin (3), 1,2,3,6-tetra-*O*-galloyl- $\beta$ -D-(+)-glucose (4), 1,2,3,4,6-penta-*O*-galloyl- $\beta$ -D-(+)-glucose (5), 6-*m*-digalloyl-1,2,3,4,6-penta-*O*-galloyl- $\beta$ -D-(+)-glucose (6), isocorilagin (7), macabarlerin (8), were isolated from the EtOAc and H<sub>2</sub>O soluble fractions of Katsura tree (*Cercidiphyllum japonicum*) leaves, wood and bark. Then antioxidative and anti-inflammatory activity were evaluated on the each isolated compound. The antioxidative test was DPPH radical scavenging activity and all of the isolated compounds indicated much higher antioxidative values compare to the controls, BHT and  $\alpha$ -tocopherol. In the anti-inflammatory test measuring nitric oxide (NO) inhibition activity, methyl gallate, 1,2,3,6-tetra-*O*-galloyl- $\beta$ -D-glucose and 1,2,3,4,6-penta-*O*-galloyl- $\beta$ -D-glucose inhibited NO production, and especially, methyl gallate showed high inhibition activity. However, the anti-inflammatory activity of the hydrolyzable tannins did not show positive effect.

<sup>1</sup> Date Received January 6, 2017, Date Accepted February 21, 2017

<sup>2</sup> 강원대학교 산림환경과학대학 산림바이오소재공학과. Department of Forest Biomaterials Engineering, College of Forest and Environmental Sciences, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Republic of Korea

<sup>3</sup> 국민대학교 산림과학대학 임산생명공학과. Department of Forest Products & Biotechnology, Kookmin University, Seoul 02707, Republic of Korea

<sup>†</sup> 교신저자(Corresponding author): 배영수(E-mail: bae@kangwon.ac.kr)

Based on the above results, the hydrolyzable tannins of katsura tree may be used as one of the natural biomass sources that can substitute with the synthetic antioxidant.

**Keywords :** Katsura tree (*Cercidiphyllum japonicum*), hydrolyzable tannins, biological activity, antioxidative activity, anti-inflammatory activity

## 1. 서 론

Free radical과 활성산소종(reactive oxygen species)은 노화와 많은 성인병 질환을 야기시키는 것으로 인간의 건강에 해로운 것으로 알려져 있다(Aviram, 2000). 이러한 활성산소종을 조절하는 항산화제에는 BHA (butylated hydroxyanisole), BHT (butylated hydroxytoluene) 그리고 Trolox-C 등이 있으며, 일반적으로 의약품 및 식품 분야 등에서 사용되고 있다. 그러나 합성항산화제의 안전성에 대한 우려 때문에 최근 식물 및 수목에서 합성항산화제를 대체할 수 있는 새로운 천연항산화제에 대한 연구가 많이 진행되고 있는 실정이다(Williams 등, 1999; Kim 등, 1995; Lim 등, 1996; Choi와 Shin, 2015; Kim 등, 2016).

대식세포는 인체 내에서 면역반응을 담당하는 면역세포로서 염증매개물질을 분비하여 면역반응을 조절하고, 생체 내 방어기능을 조절하지만 염증유발을 통해 각종 만성염증질환 발병을 유발하고 있다. 하지만 이러한 염증매개물질을 조절함으로써 염증질환을 완화시킬 수 있으므로, 대식세포 활성조절과 항염증 효과에 대한 연구가 많이 이루어지고 있는 실정이다(Wei 등, 2004).

근래에 부작용이 적으며 안전성이 높은 천연 바이오매스를 이용한 생약제제의 연구가 많은 분야에서 집중적으로 수행되고 있으며 특히 목재의 화학적 조성분 중 추출성분을 이용한 천연물 의약품 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

이러한 목재자원 중 계수나무는 계수나무과(*Cercidiphyllaceae*)에 속하는 유일 종으로 가지가 곧게 자라며, 수고가 30 - 45 m 정도로서 일본이 원산지이며, 나무 생김새는 넓은 타원형이고, 잎은 하트모양으로 나오기 시작할 때는 적자색이지만 성장하면서 녹색으로 변하며, 잎이 질 때쯤에는 노란색이나

주홍색 빛으로 변한다(Zhang 등, 2009).

계수나무 잎의 주요 방향성 성분으로 알려진 Maltol은 2-methyl-3-hydroxy-4H-pyran-4-one의 구조를 가지고 있으며 캐러멜향이 나는 성분이다. 이는 탄소골격의 분해 없이 탄수화물에서 직접 유도되는 방향성 화합물로, 생합성 경로는 밝혀져 있지 않으나 계수나무 잎에 glucoside의 형태로 축적되어있다. 잎의 부후 시 방출되는 향기는 maltol 성분에 의한 것으로 단맛을 내기에 음식과 주류산업에 널리 쓰이고 있다(Le Blanc 등, 1989).

본 연구실은 선행연구를 통해 계수나무 잎과 목질부 그리고 수피로부터 gallic acid, methyl gallate 및 여러 종류의 gallotannin 화합물을 분리하여 그 구조를 규명하였으며 그 이외에 다양한 종류의 flavonoid 화합물을 분리하여 보고하였다(Lee 등, 2015; Lee and Bae, 2015; Lee 등, 2016a; Lee 등, 2016b).

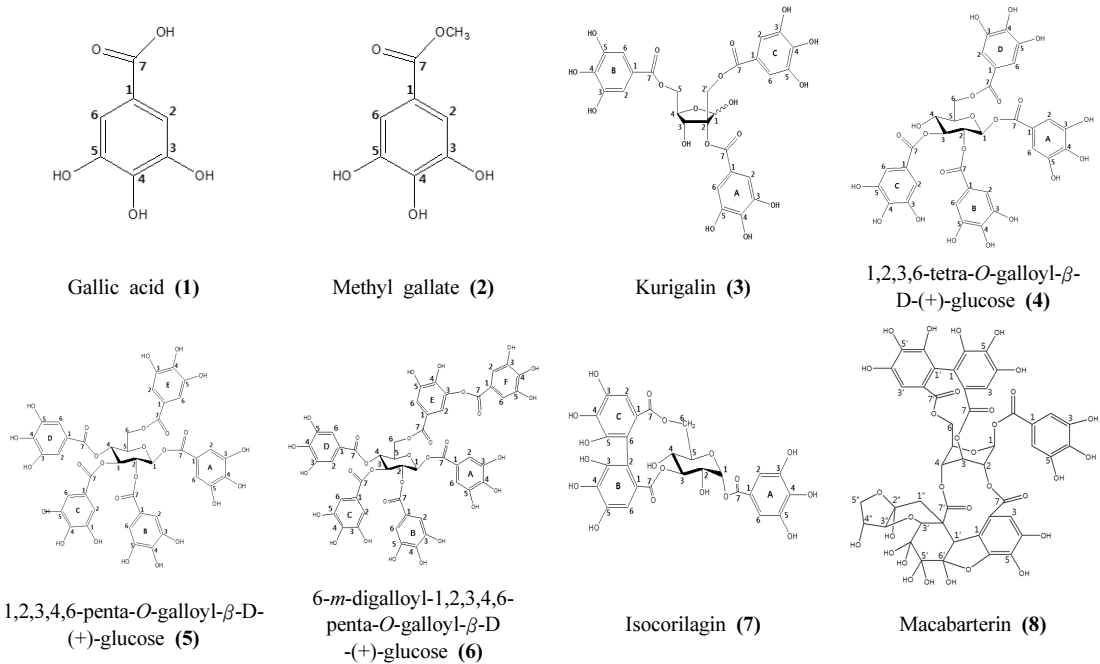
본 연구에서는 계수나무로부터 분리된 가수분해형 탄닌 화합물에 대한 항산화 및 항염활성 시험을 통해 계수나무에서 추출한 탄닌의 기능성을 평가하고 이를 이용하기 위한 기초 자료를 얻기 위하여 수행되었다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 시험재료의 조제

본 실험에서 사용한 계수나무 잎, 수피 및 목질부는 2013년 강원도 화천에서 채집하였으며, 2주간 실험실에서 기건 시킨 후 분쇄하여 얻은 분말상태의 추출용 시료를 각각 70% acetone 수용액에 침지하여 상온에서 약 4일간 3회 반복 추출하여 감압 농축하였다.

농축된 각 추출물을 분획 깔때기 상에서 *n*-hexane,



**Fig. 1.** Structures of the isolated compounds.

chloroform, ethylacetate (EtOAc) 및 물로 극성에 따라 순차 분획하였다.

혼합물로부터 순수한 화합물을 분리하기 위하여 각각의 EtOAc 및 물 분획물을 Sephadex LH-20을 사용하여 반복적인 칼럼크로마토그래피를 실시함으로써 모두 8종의 화합물을 단리 하였다(Fig. 1). 수피부의 EtOAc 분획물로부터 화합물 1, 4 및 5를 단리 하였으며, 물 분획물에서는 화합물 3, 7 및 8을 얻었다. 목질부 EtOAc 분획물에서는 화합물 2와 4를, 잎 EtOAc 분획물에서는 화합물 6을 단리 하였다 (Lee 등, 2015; Lee 등, 2016a; Lee 등, 2016b; Lee와 Bae, 2015). 이들 중 화합물 3, 4, 5, 및 6은 gallo-tannin으로 그리고 화합물 7과 8은 ellagitannin으로 분류될 수 있다.

## 2.2. 항산화 활성 시험(DPPH Radical 소거능)

DPPH (1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl) radical 소거 효과는 Blois (1958)의 방법을 변형하여 측정하였다.

96 well microplate에 시료를 희석하여 100  $\mu$ l씩 넣은 후 0.2 mM DPPH 용액을 100  $\mu$ l 넣고 실온에서 30분간 반응 시킨 후 microplate reader로 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. Negative control은 시료대신 에탄올, positive control은 BHT와  $\alpha$ -tocopherol을 가하여 같은 방법으로 측정하였으며 시료의 색을 보정하기 위하여 0.2 mM DPPH 용액 대신 에탄올을 사용하였으며 저해율은 아래와 같은 식을 이용하여 구하였다.

$$\text{저해율(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료의 흡광도}}{\text{무첨가대조구의 흡광도}}\right) \times 100$$

## 2.3. 항염활성 시험

### 2.3.1. 세포배양

Murine macrophage RAW 264.7세포는 American Type Culture Collection (Manassa, VA, USA)에서 분양받아 사용하였으며, 10% FBS (Fetal Bovine

**Table 1.** IC<sub>50</sub> values of the antioxidant activities on the compounds isolated from katsura tree

Sample	IC <sub>50</sub> (μg/ml)
compound 1	3.25
compound 2	3.85
compound 3	4.48
compound 4	3.83
compound 5	4.23
compound 6	2.28
compound 7	3.78
compound 8	4.16
Positive control	
BHT	14.00
α-tocopherol	12.00

Serum)와 항생제(100 μg/ml streptomycin과 100 U/ml penicillin)가 함유된 DMEM (Dulbeco's Modified Eagle's Media) 배지를 이용하여 37°C, 5% CO<sub>2</sub> 조건에서 배양하였다. 세포배양배지는 세포가 80% 이상 성장된 시점에서 2~3일마다 교환하였다.

### 2.3.2. 세포독성(MTT assay) 측정

RAW 264.7세포를 1 × 10<sup>6</sup> cells/ml로 6 well plate에 분주하고 분리된 화합물을 농도별(0, 10, 20, 30 그리고 50 mg/ml)로 처리한 후 배양하였다. 24시간 후 1 mg/ml 농도의 MTT (3-(4,5)-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyl-tetrazolium bromide 용액을 처리한 뒤 2시간 동안 추가 배양시켰다. 배양 후 상등액을 제거하고 형성된 MTT formazan을 isopropanol 1 ml를 첨가하여 세포를 용해시킨 후 microplate reader를 이용하여 540 nm에서 흡광도를 측정하였으며 대조군 흡광도에 대한 시료처리군 흡광도의 비율을 백분율로 환산하여 세포 생존율을 구하였다.

$$\text{저해율(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료의 흡광도}}{\text{무첨가대조구의 흡광도}}\right) \times 100$$

### 2.3.3. Nitric oxide (NO) 측정

RAW 264.7세포에 추출물을 다양한 농도로 전처리 하고 LPS (Lipopolysaccharide)를 처리하여 18시간 배양하였다. 세포 배양액을 취해 Griess reaction

system (Promegam Madison, WI, USA)을 이용하여 540 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 검량선은 sodium nitrite 용액을 이용하여 흡광도를 통해 nitrite의 농도를 계산하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 항산화 활성

계수나무로부터 분리된 가수분해형 탄닌에 대하여 DPPH 라디칼 소거능을 이용한 항산화 활성을 측정하였다. 항산화 활성 결과는 Fig. 2에서 나타난 바와 같이 각 화합물 모두 농도 의존적인 활성을 보이고 있었으며, 8 ppm의 낮은 농도에서도 화합물 6과 8을 제외한 6개의 화합물 모두 80% 이상의 높은 활성을 보였다.

또한 Table 1에서 모든 화합물의 IC<sub>50</sub> (half maximal inhibitory concentration) 값이 5 이하로써 대조구의 기준물질로 사용된 BHT와 α-tocopherol과 비교하여 매우 우수한 항산화 활성을 나타내었다. 화합물 1과 2는 IC<sub>50</sub> 값이 3.25와 3.85를 보였으며, gallotannin 화합물인 화합물 3, 4, 5 및 6의 경우 IC<sub>50</sub> 값은 각각 4.48, 3.83, 4.23 및 2.28을 보였다. 화합물 7과 8의 ellagitannin 화합물은 3.78과 4.16의 IC<sub>50</sub> 값을 나타낸다. 이는 Liu 등(2008)에서는 화합물 7을 Vitamin E와 BHA의 IC<sub>50</sub> 값의 비교를 통하여 높은 항산화

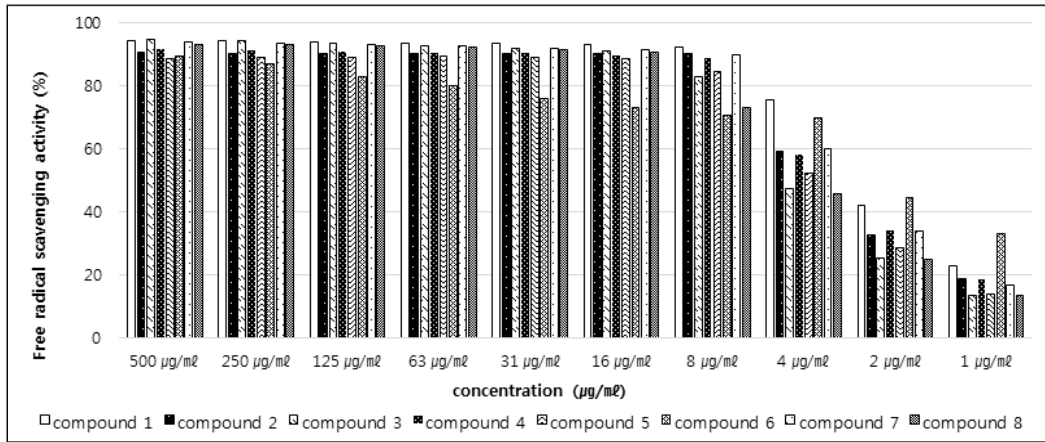


Fig. 2. DPPH free radical scavenging activities of the compounds isolated from katsura tree.

활성을 나타내었음을 보고하였으며, Sugimoto 등 (2009)은 SOD like를 통하여 화합물 4가 ascorbic acid보다 우수함을 발표하였으며, Wang 등(2007)에서는 SC<sub>50</sub> (half maximal scavenging concentration) 값을 비교하여 화합물 1, 2 및 4의 활성이 ascorbic acid보다 뛰어난을 발표하였다. 또한 Afef 등(2007)은 화합물 1과 5의 항산화 활성이 Vitamin E보다 우수함을 확인하였고, Batista 등(2011)은 BHA 및 Trolox와의 EC<sub>50</sub> (half maximal effective concentration) 값의 비교를 통하여 화합물 7이 더 높은 활성을 나타내었음을 보고한 바, 본 실험의 결과와 유사함을 나타내고 있었다.

화합물 6과 8은 계수나무에서는 처음 보고된 화합물로서 화합물 8은 2008년에 최초로 보고된 희귀물 질로써 respiratory burst 저해 활성에 효과가 있다고 보고된 바 있으며(Ngoumfo 등, 2008), 화합물 6은 평가된 화합물 중 가장 우수한 활성을 보이고 있는 바, 이 화합물은 계수나무 잎 물 분획에 다량으로 함유되어 있는 화합물로 이를 이용한 항산화제 개발 가능성이 큰 것으로 생각된다. 이상의 결과로 볼 때, 계수나무로부터 분리된 가수분해형 탄닌 화합물은 모두 상업용 항산화제에 비해 매우 높은 활성을 지니고 있어 이를 이용한 천연 항산화제 개발의 가능성이 큰 것으로 사료된다.

### 3.2. 항염활성

#### 3.2.1. MTT assay에 의한 세포독성 검정

RAW 264.7세포에 대한 계수나무로부터 분리한 화합물의 세포독성을 알아보기 위하여 MTT assay를 수행하였으며, 화합물의 농도를 0, 10, 20, 30 및 50 µg/ml로 달리하여 조사하였다.

화합물 1은 50 µg/ml 농도까지에서 100%의 세포 생존율을 보였으며, 화합물 2 또한 50 µg/ml 농도까지 세포독성이 나타나지 않았다. 화합물 3과 화합물 4는 20 µg/ml 농도에서 90% 이상의 세포 생존율을 나타냈지만, 30 µg/ml 이후의 농도에서는 세포독성이 있음을 나타내었다. 화합물 5와 화합물 6은 80% 이상의 세포 생존율을 나타낸 20 µg/ml 농도까지는 세포독성을 보이지 않았지만, 30 µg/ml 이후의 농도에서는 세포 생존율이 떨어짐을 알 수 있었다. 화합물 7의 경우 20 µg/ml 농도까지는 80% 이상의 세포 생존율을 보였지만 그 이후 농도에서는 세포 생존율이 떨어지는 것으로 보아 독성이 있는 것으로 나타났다. 화합물 8은 50 µg/ml의 농도까지 100%의 세포 생존율을 보이며 세포독성을 나타내지 않았다 (Fig. 3). 따라서 이후 실험은 RAW 264.7세포에 모든 화합물의 독성이 나타나지 않는 농도인 20 µg/ml 이내에서 수행하였다.

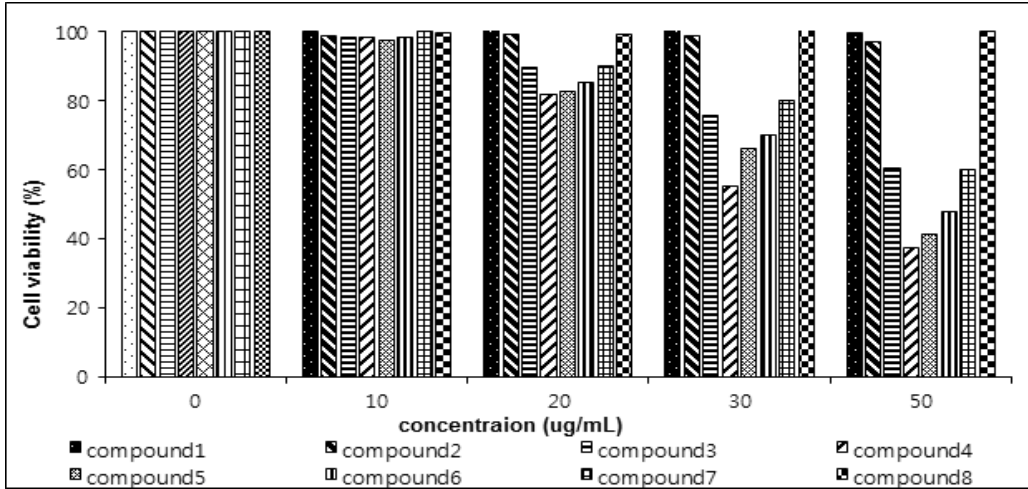


Fig. 3. Effects of compounds on the viability of RAW 264.7cells.

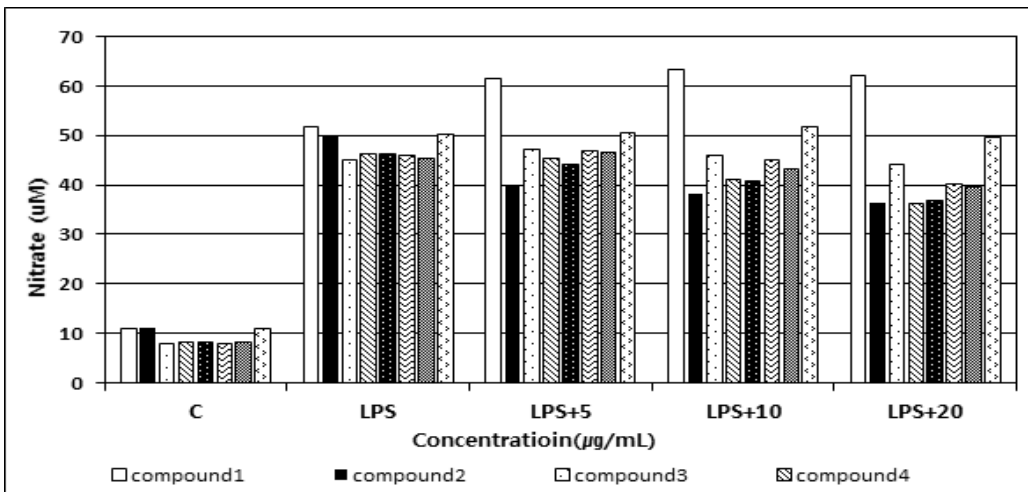


Fig. 4. Effects of compounds on NO production in LPS-stimulated of RAW 264.7cells.

### 3.2.2. Nitric oxide 저해 활성

LPS로 활성화된 RAW 264.7세포의 배양액으로부터 생성된 nitrite의 양을 Griess 시약을 사용하여 화합물의 농도를 달리하여 NO 저해 활성을 측정된 결과는 Fig. 4에 나타내었다.

화합물 1은 20 µg/ml까지 NO생성을 조금도 억제하지 못한 반면, 화합물 2의 경우 5 µg/ml 농도 이

후 nitrite이 감소하는 것을 보였다. 화합물 3은 농도 차에 따른 별다른 효과를 보이지 않았지만, 화합물 4와 5는 10 µg/ml에서 NO의 생성을 조금 억제함을 보였다. 화합물 6과 7은 농도 차에 따른 큰 효과를 보이지 않았으며, 화합물 8은 NO 생성을 억제하는 효과가 없었다(Fig. 4).

따라서 화합물 2, 화합물 4 그리고 화합물 5가

NO 생성을 약간 억제하는 것을 알 수 있었고, 특히 화합물 2가 NO 생성을 가장 많이 억제함을 보였으며, 이는 Park 등(2009) 및 Ko 등(2011)의 실험 결과를 통해 확인할 수 있었으나 계수나무에서 추출된 대부분의 가수분해형 탄닌의 항염활성은 크게 유의성을 보이고 있지는 않음을 알 수 있었다.

#### 4. 결 론

계수나무 잎, 목질부 및 수피부의 EtOAc 및 물 분획물에서 분리된 가수분해형 탄닌 화합물에 대한 항산화 및 항염활성 시험을 실시하였다.

항산화 활성 시험은 DPPH free radical 소거능을 적용하였으며, 그 결과 각각의 화합물 모두 농도 의존적인 활성을 나타내었으며, IC<sub>50</sub> 값이 5 이하로써 대조구로 사용된 BHT와  $\alpha$ -tocopherol과 비교하여 매우 우수한 항산화 효능을 나타내었다. 특히 화합물 6은 IC<sub>50</sub> 값 2.28로 항산화 활성이 가장 우수함을 보였다. 화합물 6은 계수나무 잎 물 분획에 다량으로 함유되어 있는 화합물로 이를 이용한 항산화제 개발 가능성이 큰 것으로 생각된다.

세포독성은 MTT assay법으로 RAW 264.7세포에 대한 분리 화합물의 세포독성을 측정하였다. 화합물 1과 2는 50  $\mu$ g/ml 농도에서 100%의 세포 생존율을 보였으며, 화합물 3과 4는 30  $\mu$ g/ml 농도부터 세포독성을 나타내었다. 화합물 5와 6은 30  $\mu$ g/ml 이후의 농도에서 세포 생존율이 떨어졌으며, 화합물 7의 경우 20  $\mu$ g/ml 농도에서 80% 이상의 세포 생존율을 보였다. 화합물 8은 50  $\mu$ g/ml의 농도까지 100%의 세포 생존율을 보이며 세포독성을 나타내지 않았다.

Nitric oxide 측정에는 LPS로 활성화된 RAW 264.7 세포를 이용하여 nitrite의 양을 측정하였으며, 그 결과 화합물 1은 20  $\mu$ g/ml까지 NO 생성을 조금도 억제하지 못한 반면, 화합물 2의 경우 5  $\mu$ g/ml 농도 이후 nitrite가 감소하는 것을 보였다. 화합물 3은 농도 차에 따른 별다른 효과를 보이지 않았지만, 화합물 4와 5는 10  $\mu$ g/ml에서 NO 생성을 조금 억제함을 보였다. 화합물 6과 7은 농도 차에 따른 큰 효과를 보이지 않았으며, 화합물 8은 NO 생성을 억제하는 효

과가 없었다. 따라서 화합물 2, 화합물 4 그리고 화합물 5가 약간의 NO 생성을 감소시켰으며, 이 중 화합물 2가 가장 많은 NO 생성을 억제함을 보였다.

위의 결과를 통하여 계수나무의 추출물은 함염제로서의 이용가능성은 크게 없었지만 합성 항산화제를 대체할 수 있는 천연자원으로서의 적용 가능성이 있음을 확인하였다.

#### 사 사

본 연구는 2016년도 산림청 산림과학기술개발사업(과제번호: S211316L010110)의 지원과 강원대학교의 일부지원(NO. 520150259)에 의하여 이루어진 것입니다.

#### REFERENCES

- Afef, A., Ines, B., Ines, S., Kita, V., Malika, K., Pascal, G., Regine, S., Anne-Marie, M., Kamel, G., Francois, L., Marie-Genevieve, D.F., Leila, C.G. 2007. Study of antimutagenic and antioxidant activities of gallic acid and 1,2,3,4,6-pentagalloylglucose from *Pistacia lentiscus* confirmation by microarray expression profiling. *Chemico-Biological Interactions* 165: 1-13.
- Aviram, M. 2000. Review of human studies on oxidative damage and antioxidant protection related to cardiovascular diseases. *Free Radical Research* 33(suppl.): 85-97.
- Batista, E.F., Costa, D.M., Guilhon, G.M.S.P., Muller, A.H., Santos, L.S., Arruda, M.S.P., Arruda, A.C., Silva, M.N., Silva, J.K., Secco, R.S., Filho, A.P.S.S., Figueira, B.A. 2011. Chemical constituents and allelopathic and antioxidant activities of *Alchorneopsis floribunda* Mull. Arg. (Euphorbiaceae). *Natural Product Research*: 1-8.
- Blois, M.S. 1958. Antioxidant determination by the

- use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
- Kim, H.K., Kim, Y.E., Do, J.R., Lee, Y.C., Lee, B.Y. 1995. Antioxidative activity and physiological activity of some Korean Medicinal Plants. *Korean Journal of Food Science and Technology* 27(1): 80-85.
- Ko, R.K., Kim, G.O., Hyun, C.G., Jung, D.S., Lee, N.H. 2011. Compounds with tyrosinase inhibition, elastase inhibition and DPPH radical scavenging activities from the branches of *Distylium racemosum* Sieb. et Zucc. *Phytotherapy Research* 25: 1451-1456.
- Le Blanc, D.T., Akers, H.A. 1989. Maltol and ethyl maltol : From the larch tree to successful food additive. *Food Technology* 43: 78-84.
- Lee, M.S., Min, H.J., Kim, J.K., Bae, Y.S. 2016a. A polyoxygenated ellagitannin from *Cercidiphyllum japonicum* bark. *Journal of the Korean Wood Science Technology* 44(4): 551-558.
- Lee, M.S., Min, H.J., Si, C.L., Bae, Y.S. 2016b. Hydrolyzable tannins from *Cercidiphyllum japonicum* bark. *Journal of the Korean Wood Science Technology* 44(4): 559-570.
- Lee, T.S., Bae, Y.S. 2015. A gallotannin from *Cercidiphyllum japonicum* leaves. *Journal of the Korean Wood Science Technology* 43(5): 558-565.
- Lee, T.S., Min, H.J., Bae, Y.S. 2015. Phenolic glycosides from *Cercidiphyllum japonicum* leaves. *Journal of the Korean Wood Science Technology* 43(5): 591-599.
- Lim, D.K., Choi, U., Shin, D.H. 1996. Antioxidant activity of ethanol from Korean Medicinal Plants, *Korean Journal of Food Science and Technology* 28(1): 83-89.
- Liu, X., Cui, C., Zhao, M., Wang, J., Luo, W., Yang, B., Jiang, Y. 2008. Identification of phenolics in the fruit of emblica (*Phyllanthus emblica* L.) and their antioxidant activities. *Food Chemistry* 109: 909-915.
- Ngoumfo, R.M., Ngounou, G.E., Tchamadeu, C.V., Qadir, M.I., Mbazoa, C.D., Begum, A., Ngninzeko, F.N., Lontsi, D., Choudhary, M.I. 2008. Inhibitory effect of macarbarterin, a polyoxygenated ellagitannin from *Macaranga barteri*, on human neutrophil respiratory burst activity. *Journal of Natural Products* 71(11): 1906-1910.
- Park, Y.K., Min, J.Y., Lee, J.H. 2009. The effect of methyl gallate isolated from *Paeonia suffruticosa* on inflammatory response in LPS-stimulated RAW 264.7 cells. *Korean Journal of Herbology* 24(4): 181-188.
- Sugimoto, K., Nakagawa, K., Hayashi, S., Amakura, Y., Yoshimura, M., Yoshida, T., Yamaji, R., Nakano, Y. and Inui, H. 2009. Hydrolyzable tannins as antioxidants in the leaf extract of *Eucalyptus globulus* possessing tyrosinase and hyaluronidase inhibitory activities. *Food Science and Technology Research* 15(3): 331-336.
- Wang, K.J., Yang, C.R., Zhang, Y.J. 2007. Phenolic antioxidants from chinese toon (fresh young leaves and shoots of *Toona sinensis*). *Food Chemistry* 101: 365-371.
- Wei, W., Li, X.Y., Zhang, H.Q., Wu, S.G. 2004. *Antiinflammatory and immunopharmacology*. 1<sup>st</sup> ed. Beijing : Renminweishengchubanshe: 10-17.
- Williams, G.M., Iatropoulos, M.J., Whysner, J. 1999. Safety assessment of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene as antioxidant food additives. *Food and chemical Toxicology* 37: 1027-1038.
- Zhang, X.Y., Yuan, X.Y., Ma, J., Yuan, L.J. 2009. Research on tissue culture and regeneration of *Cercidiphyllum japonicum*. *Northern horticulture* (9): 77-79.