

## Free radical scavenging and $\alpha$ -glucosidase inhibitory effects of a roots extract of *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus*

Gyeong Han Jeong, Tae Hoon Kim\*

Department of Food Science and Biotechnology, Daegu University, Gyeongsan 38453, Korea

### 재배 삼나물 뿌리 추출물의 자유 라디칼소거 및 $\alpha$ -glucosidase 저해활성

정경한 · 김태훈\*

대구대학교 식품공학과

#### Abstract

As part of our continuing search for bioactive natural products, the antioxidant and  $\alpha$ -glucosidase inhibitory activities of an 80% methanolic extract and organic solvent soluble-portions of *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus* roots were investigated by using a bioassay system. The antioxidant activity of *A. dioicus* var. *kamtschaticus* roots extract and organic solvent soluble-portions were assessed by examining with 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) and 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS<sup>+</sup>) radical scavenging. In addition, anti-diabetic effects of the *A. dioicus* var. *kamtschaticus* root extract and organic solvent soluble-portions were tested via  $\alpha$ -glucosidase inhibition assay. The total phenolic contents of the products were determined by applying UV-VIS spectrophotometry. All tested samples showed dose-dependent radical scavenging and  $\alpha$ -glucosidase inhibitory properties. In particular, the  $\alpha$ -glucosidase inhibitory and radical scavenging effects of the ethyl-acetate (EtOAc)-soluble portion from the roots of *A. dioicus* var. *kamtschaticus* were greater than those from other solvent-soluble portions. These results indicate that *A. dioicus* var. *kamtschaticus* could be considered a new effective source of natural antioxidants and anti-diabetic materials. More systematic research of the constituents of the roots of this *A. dioicus* variety will be conducted to further develop its antioxidative and anti-diabetic properties.

Key words : *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus*, DPPH, ABTS<sup>+</sup>,  $\alpha$ -glucosidase inhibition

#### 서 론

과도한 산화적 스트레스에 노출로 인한 현대인들은 각종 퇴행성 질환 및 습관성 질병에 건강과 일상생활을 위협 받고 있다. 과도하게 생성된 superoxide(O<sup>2-</sup>), nitric oxide (NO), nitrogen dioxide(NO<sub>2</sub>), hydroxyl(OH), peroxy nitrite (NO<sub>3</sub>) 등과 같은 활성산소종(reactive oxygen species, ROS)은 세포구성성분인 지질, 단백질, 당, DNA 등에 비 선택적, 비가역적 파괴를 촉진하게 된다(1,2). 이러한 산화적 스트

레스는 노화를 촉진시키고 암, 뇌질환, 심혈관계 질환, 피부 질환 등의 각종 질병의 원인이 된다(3,4). 생체내의 ROS나 자유라디칼을 제거하여 노화방지, 성인병 예방 등의 기능을 하는 성분을 항산화 물질이라고 하며, butylated hydroxy anisol(BHA), butylated hydroxy toluene(BHT) 등의 합성 항산화제가 개발되어 사용되었으나(5,6), 이들 합성항산화제는 암, 지질대사 불균형 등의 부작용에 의하여 사용이 제한되고 있는 실정이다(7).

현대인들은 생활수준의 향상으로 인한 식습관의 변화로 대사성 질환 중의 하나인 당뇨병이 증가하고 있으며, 향후 전 세계 당뇨병인구의 급격한 증가와 발병연령도 점차 낮아져 더 많은 인구가 당뇨병으로 인해 고통 받을 것으로 예측된다(8). 당뇨병 중, 제 1형은 췌장 베타세포의 병변에 따른 인슐린 결핍으로 인한 인슐린 의존성 당뇨, 제 2형은 인슐린 저항성으로 인한 인슐린 비의존성 당뇨로 정의된다(9,10).

\*Corresponding author. E-mail : skyey7@daegu.ac.kr  
Phone : 82-53-850-6533, Fax : 82-53-850-6539  
Received 6 September 2016; Revised 17 October 2016;  
Accepted 19 October 2016.  
Copyright © The Korean Society of Food Preservation. All rights reserved.

또한 산화적 스트레스는 췌장 베타세포의 손상과 인슐린 분비감소를 유발하여 항산화 성분은 당뇨병과 밀접하게 관련되어 있는 것이 알려져 있다(11). 한편,  $\alpha$ -glucosidase는 소장점막에 존재하는 당분해 효소로서 이를 저해하면 탄수화물의 소화를 방해하여 소장에서의 흡수가 지연되므로 식후 급격한 혈당상승을 막아준다(12). 천연물로부터  $\alpha$ -glucosidase 저해제의 분리 및 동정에 관한 다수의 연구가 수행되었으며(13), 특히 뽕나무의 플라보노이드인 mortatarins D는  $\alpha$ -glucosidase의 우수한 저해제로 주목을 받고 있다(14). 시판되는  $\alpha$ -glucosidase 저해제로는 acarbose 및 voglibose가 있으나 이들을 장기 복용할 경우 각종 부작용(15,16)으로 인하여 보다 안전하며 효능이 우수한 천연 기능성 소재의 탐색이 필요한 실정이다.

삼나무(*Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus*)은 장미과(Rosaceae)의 다년초로서 어린순은 식용가능하며 울릉도에서 자생하는 산채로서 전국 각처의 고산지역에 자생하고 맛과 식감이 독특하여 고급 산채로 생산량이 확대되고 있다(17). 삼나무의 지상부는 항산화(18), 항암(18), 항균(19), 항염증(20) 및 항 혈전(21) 등의 효능을 나타내며, 소수의 monoterpene류 및 flavonoid류(18) 등의 성분이 보고되어져 있다. 본 연구에서는 삼나무 뿌리의 80% 메탄올 추출물 및 각 분획물에 대하여 항산화 및 항 당뇨 활성 평가를 위하여 DPPH, ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능 및  $\alpha$ -glucosidase 저해 활성을 평가 하여 우수한 활성을 확인하였으므로 이들 결과를 보고하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 시료로 사용한 삼나무 뿌리(*Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus*)는 충남 청양군 운곡면에서 재배되어 2016년도 3월에 채취한 신선한 삼나무 뿌리를 사용하였다. 표본시료는 대구대학교의 식품공학과 천연물화학 실험실에 보관하고 있다. 본 실험에서 사용된 gallic acid, 2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid(ABTS<sup>+</sup>), 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH), *Saccharomyces cerevisiae* 유래의  $\alpha$ -glucosidase, (+)-catechin 및 acarbose는 Sigma-Aldrich chemical Co.(St. Louis, MO, USA) 구입하여 사용하였고, 그 외에 사용된 용매 및 시약은 모두 일급 이상의 등급을 사용하였다.

### 추출물의 제조 및 분획

신선한 삼나무 뿌리 1.6 kg을 80% 메탄올로 침지 추출을 3회 반복하여 여과 한 후 농축하였다. 얻어진 삼나무 뿌리 80% 메탄올 추출물(41.6 g)을 물에 현탁하여 저극성 용매인 *n*-hexane으로 먼저 추출한 후 수층을 다시 ethyl acetate

(EtOAc)와 *n*-butyl alcohol(*n*-BuOH)을 이용하여 각각 순차적으로 5회 분획하여 추출하였다. 각 용매추출 분획을 감압 농축하여 건조 시킨 후 각각 *n*-hexane 가용분획(0.9 g), EtOAc 가용분획(41.6 g), *n*-BuOH 가용분획(32.7 g) 및 H<sub>2</sub>O 가용분획(54.5 g)을 각각 얻었으며 각 분획물을 대상으로 라디칼 소거능 및  $\alpha$ -glucosidase 저해능 평가를 수행하였다.

### 총 페놀성 화합물 함량 측정

총 페놀성 화합물의 함량은 Folin-Denis 방법(22)에 따라 측정하였으며, 추출물 혹은 분획물을 1.0 mg/mL 농도로 조제한 후, 시료 50  $\mu$ L와 Folin-Denis 시액 50  $\mu$ L, 0.7M 탄산나트륨 포화용액 50  $\mu$ L를 차례로 넣은 다음 이것을 잘 혼합하여 실온에서 60분 방치한 후 UV/VIS 분광광도계로 750 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 표준물질은 gallic acid를 이용하여 표준곡선을 작성하여 양을 환산하였다.

### DPPH 라디칼 소거능 측정

삼나무 뿌리의 80% 메탄올 추출물 및 분획물의 전자공여능은 Blois 방법(23)에 따라 측정하였다. 각 시료용액에 120  $\mu$ L에 0.45 mM의 DPPH 용액 60  $\mu$ L를 넣고 교반한 후 15분간 방치한 다음 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여능은 시료용액의 첨가군과 무첨가군의 흡광도 차이를 백분율로 나타내었다.

### ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능 측정

삼나무 뿌리의 80% 메탄올 추출물 및 분획물에 대하여 ABTS<sup>+</sup> radical 소거능을 Re(24)의 방법을 변형하여 다음과 같이 측정하였다. 7 mM ABTS<sup>+</sup> 와 2.4 mM K<sub>2</sub>O<sub>8</sub>S<sub>2</sub>동량을 혼합 후 실온, 암소에서 12시간 방치하여 라디칼의 생성을 유도한 후 ABTS<sup>+</sup> 라디칼 용액을 희석하여 734 nm에서 흡광도 값이 0.7~0.8 정도가 되도록 희석한 후 사용하였다. 희석한 ABTS<sup>+</sup> 라디칼 용액 100  $\mu$ L와 생약 추출액 100  $\mu$ L를 혼합하여 실온에서 7분간 반응시킨 후 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 positive control로는 (+)-catechin을 사용하였으며 결과는 시료를 처리하지 않은 군에 대한 백분율로 나타내었다.

### $\alpha$ -Glucosidase 저해활성 측정

$\alpha$ -Glucosidase 저해능은 Eom(25) 등이 행한 방법을 변형하여 효소기질반응을 이용한 분광학적 방법으로 측정하였다. 즉, 1 U/mL  $\alpha$ -glucosidase 90  $\mu$ L에 시료 혹은 0.1 M sodium phosphate buffer(pH 6.8) 10  $\mu$ L를 첨가하여 혼합한 후 37°C에서 15분 동안 incubation 하였다. 반응 후 기질인 1 mM *p*-NPG 100  $\mu$ L를 첨가한 후 5분간 반응시키고 405 nm에서 ELISA reader를 이용하여 흡광도를 측정함으로써 기질로부터 유리되어 나오는 *p*-nitrophenol을 측정하였다. 양성대조군으로는  $\alpha$ -glucosidase 저해제로 알려진 acarbose

를 사용하였으며  $\alpha$ -glucosidase 저해활성은 시료용액의 첨가군과 무첨가군의 흡광도 감소율로 나타내었다.

## 결과 및 고찰

### 총 페놀성 화합물 함량

삼나무 뿌리 추출물 및 각 분획물의 총 페놀성 화합물의 함량을 Table 1에서와 같이 나타내었다. 먼저 EtOAc 분획물은 1 g당 90.1±1.6 mg의 페놀성 화합물을 함유하는 것으로 나타났으며, 삼나무 뿌리 80% 메탄올 추출물은 1 g당 37.6±3.1 mg, *n*-BuOH 분획물이 1 g당 14.9±2.2 mg, H<sub>2</sub>O층에서는 1 g당 7.1±1.8 mg의 페놀성 화합물의 함량이 확인되었다. 또한 *n*-hexane 분획물이 5.7±2.5 mg의 상대적으로 낮은 총페놀 함량을 나타내는 것으로 확인되었다.

**Table 1. Total phenolic contents of the methanolic extract and organic solvent fractions of *A. dioicus* var. *kamtschaticus* roots**

Samples	Phenolic contents (mg/g) <sup>1)</sup>
80% MeOH extract	37.6±3.1
<i>n</i> -Hexane layer	5.7±2.5
EtOAc layer	90.1±1.6
<i>n</i> -BuOH layer	14.9±2.2
H <sub>2</sub> O layer	7.1±1.8

<sup>1)</sup>Data represent the mean±SD three replications. Inhibitory effects are expressed as the mean±SD of triplicate experiments.

### DPPH 라디칼 소거능 측정

Table 2에서 나타난 것처럼 삼나무 뿌리 80% 메탄올 추출물 및 각 유기용매 분획에 대해서 DPPH 라디칼 소거능을 측정된 결과, 삼나무 뿌리 80% 메탄올 추출물 IC<sub>50</sub>값은 161.9±4.4 µg/mL 라디칼 소거능을 나타내었으며, 특히 EtOAc 분획물이 IC<sub>50</sub>값이 32.3±2.3 µg/mL의 가장 우수한 라디칼 소거능을 나타내었고, 이 결과는 positive control로

사용된 (+)-catechin의 IC<sub>50</sub>값인 73.0±3.4 µg/mL보다 우수한 활성을 나타냄을 확인하였다. *n*-BuOH 분획물 또한 IC<sub>50</sub>값이 271.2±3.9 µg/mL의 라디칼 소거능을 나타내었으며, H<sub>2</sub>O 층과 *n*-hexane 분획물에서는 IC<sub>50</sub>값이 500 µg/mL 이상으로 상대적으로 낮은 라디칼 소거능을 나타내었다. 이상의 결과는 삼나무 뿌리 추출물의 DPPH 라디칼 소거능은 Table 1 및 2에서 나타난 것과 같이 EtOAc 분획층에서 페놀성 화합물의 함량이 상대적으로 높은 것을 확인할 수 있었으며, DPPH 라디칼 소거능과 총 페놀 함량 사이에는 밀접한 상관관계가 있다는 보고(26)와도 일치하는 결과였다.

### ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능 측정

Table 3에서 나타난 것처럼 삼나무 뿌리 80% 메탄올 추출물 IC<sub>50</sub>값이 31.9±1.2 µg/mL의 ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능을 나타냄을 확인하였으며, 각 분획물중에서도 EtOAc 분획의 IC<sub>50</sub>값이 18.9±2.1 µg/mL의 가장 우수한 라디칼 소거능을 나타내었으며, 이는 positive control인 (+)-catechin의 IC<sub>50</sub>값인 34.9±2.1 µg/mL의 소거 활성에 상응하는 효능임을 확인하였다. 또한 *n*-BuOH 분획층은 IC<sub>50</sub>값이 51.0±2.9 µg/mL 라디칼 소거능을 나타내었다. EtOAc 분획층의 100 µg/mL에서 85.1%, 50 µg/mL의 농도에서 82.8%, 25 µg/mL의 농도에서 60.9%의 라디칼 소거능을 나타내었다. 한편, H<sub>2</sub>O 분획층과 *n*-hexane 분획에서는 IC<sub>50</sub>값이 200 µg/mL 이상으로 상대적으로 낮은 라디칼 소거 활성을 나타내었다. Table 1에서 나타난 것처럼 총 페놀 함량이 상대적으로 높은 EtOAc 분획층에서 ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거 활성이 우수한 화합물의 존재가 시사되었다. 최근의 연구에서 삼나무 지상부에 라디칼 소거활성을 나타내는 flavonoid류(18)의 보고는 있으나, 삼나무 뿌리의 라디칼 소거 활성 및 관련 성분에 대한 보고는 이번이 처음이며, 삼나무 뿌리 추출물의 EtOAc 분획물에 존재하는 활성 물질의 동정이 필요하다고 사료된다.

**Table 2. DPPH radical scavenging activity of the 80% methanolic extract of *A. dioicus* var. *kamtschaticus* roots and its *n*-hexane, EtOAc-, *n*-BuOH-, and H<sub>2</sub>O-soluble portions**

Sample (µg/mL)	Inhibition (%)					IC <sub>50</sub> (µg/mL) <sup>1)</sup>
	500	250	125	62.5	31.3	
80% MeOH ext.	89.8±2.3	66.8±2.0	39.7±1.7	17.4±0.5	8.9±0.3	161.9±4.4
<i>n</i> -Hexane layer	20.4±0.8	11.3±0.6	10.6±0.5	6.6±0.3	3.3±0.1	>500
EtOAc layer	94.9±3.1	94.0±1.6	89.7±1.4	71.8±1.4	48.9±0.9	32.3±2.3
<i>n</i> -BuOH layer	71.4±2.9	45.9±1.8	26.5±1.5	13.3±1.1	8.4±0.7	271.2±3.9
H <sub>2</sub> O layer	38.9±2.1	22.1±1.4	12.7±1.6	7.3±1.1	6.9±0.7	>500
(+)-Catechin <sup>2)</sup>	99.9±1.6	99.9±1.5	96.7±1.1	29.2±0.5	7.3±0.6	73.0±3.4

<sup>1)</sup>All samples were examined in triplicate experiments. Inhibitory effects are expressed as the mean±SD of triplicate experiments.

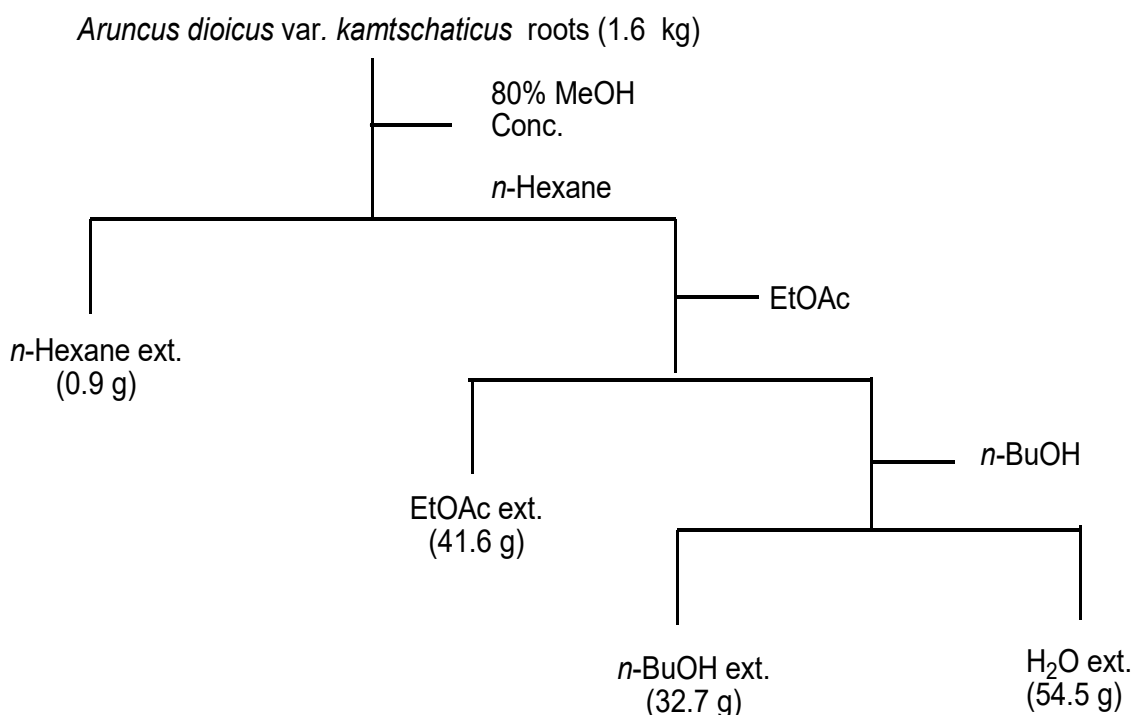
<sup>2)</sup>(+)-Catechin was used as a positive control.

**Table 3. ABTS<sup>+</sup> radical scavenging activity of the 80% methanolic extract of *A. dioicus* var. *kamtschaticus* roots and its *n*-hexane-, EtOAc-, *n*-BuOH-, and H<sub>2</sub>O-soluble portions**

Sample (μg/mL)	Inhibition (%)					IC <sub>50</sub> (μg/mL) <sup>1)</sup>
	200	100	50	25	12.5	
80% MeOH extract	94.2±2.7	88.6±2.2	42.6±2.0	21.5±1.1	12.8±0.7	31.9±1.2
<i>n</i> -Hexane layer	10.3±0.7	8.2±0.5	5.3±0.3	3.9±0.2	1.8±0.2	>200
EtOAc layer	91.0±2.8	85.1±2.4	82.8±2.1	60.9±1.8	35.4±1.5	18.9±2.1
<i>n</i> -BuOH layer	68.6±2.3	40.4±2.1	21.0±0.7	8.4±0.5	2.7±0.2	51.0±2.9
H <sub>2</sub> O layer	1.7±0.1	1.4±0.2	1.1±0.2	0.5±0.1	0.3±0.1	>200
(+)-Catechin <sup>2)</sup>	99.9±2.3	99.9±2.0	71.8±1.8	28.4±1.1	8.9±0.8	34.9±2.1

<sup>1)</sup>All samples were examined in triplicate experiments. Inhibitory effects are expressed as the mean±SD of triplicate experiments.

<sup>2)</sup>(+)-Catechin was used as a positive control.

**Fig. 1. Liquid-liquid partition of *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus* roots.****Table 4. Inhibitory effects of the 80% methanolic extract of *A. dioicus* var. *kamtschaticus* roots and its *n*-hexane-, EtOAc-, *n*-BuOH-, and H<sub>2</sub>O-soluble portions against α-glucosidase**

Sample (μg/mL)	Inhibition (%)					IC <sub>50</sub> (μg/mL) <sup>1)</sup>
	500	250	125	62.5	31.3	
80% MeOH extract	80.0±2.3	58.1±1.8	37.3±1.7	13.0±1.2	4.9±0.7	198.0±8.8
<i>n</i> -Hexane layer	9.9±1.2	7.3±1.0	3.2±0.5	0.5±0.1	0.2±0.1	>500
EtOAc layer	99.8±2.0	85.6±2.3	66.6±1.9	49.9±1.7	38.0±0.3	57.8±7.8
<i>n</i> -BuOH layer	64.5±1.8	51.1±1.1	35.5±1.0	23.7±0.5	11.5±0.2	251.7±10.1
H <sub>2</sub> O layer	38.9±1.6	25.1±0.8	16.0±0.5	7.3±0.5	5.3±0.1	>500
Acarbose <sup>2)</sup>	50.6±2.5	43.1±0.9	37.8±2.1	5.7±1.1	3.5±0.9	501.1±17.5

<sup>1)</sup>All samples were examined in triplicate experiments. Inhibitory effects are expressed as the mean±SD of triplicate experiments.

<sup>2)</sup>Acarbose was used as a positive control.

### $\alpha$ -Glucosidase 저해 활성 측정

시판되는 대표적인 당뇨 치료제인 acarbose와 voglibose는 장기간 복용 시 구토 및 설사를 비롯한 복부팽만감 등의 부작용으로 인하여 보다 안전한 천연물 유래의 소재 개발에 관한 연구가 활발하게 진행되어지고 있다(27). 본 연구의 결과, Table 4에서 나타난 것처럼 삼나무 뿌리 80% 메탄올 추출물의 IC<sub>50</sub>값이 198.0±8.8 µg/mL의 활성을 나타내었고, 총 페놀 함량이 가장 높은 EtOAc 가용부의 IC<sub>50</sub>값이 57.8±7.8 µg/mL으로 가장 우수한 활성을 나타내었으며, 다음으로 *n*-BuOH 분획층의 IC<sub>50</sub>값은 251.7±10.1 µg/mL의 활성을 나타냈다. 이들 활성은 양성대조구인 acarbose의 IC<sub>50</sub>값인 501.1±17.5 µg/mL과 비교할 때 EtOAc 가용분획의 활성은 우수한 효능임을 확인하였다. 최근의 연구(28,29)에 의하면 단풍취(*Ainsliaea acerifolia*) 추출물의 EtOAc 가용부의 IC<sub>50</sub> 값은 103.4 µg/mL, 오디(*Morus alba*) 와인의 polystyren 수지 칼럼 충전제를 활용한 80% 에탄올 용리액의 IC<sub>50</sub> 값은 70.2 µg/mL의  $\alpha$ -glucosidase의 저해 활성을 나타내었다. 이들 활성과 비교하면 삼나무 뿌리의 EtOAc 가용부의 우수한 활성을 확인하였으며, 향후 활성물질의 동정을 통한 활성기작 연구가 필요하다고 사료된다.

### 요 약

삼나무 뿌리를 80% 메탄올로 침지 추출하여 얻어진 추출물에 대해 *n*-hexane, EtOAc 및 *n*-BuOH의 유기용매를 활용하여 순차 분획을 실시하였고, 얻어진 결과물에 대하여 DPPH, ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능 및  $\alpha$ -glucosidase 저해활성을 평가하였다. DPPH 라디칼 소거능은 총 페놀성 화합물의 함량이 상대적으로 높은 EtOAc 층에서 IC<sub>50</sub>값이 32.3±2.3 µg/mL으로 가장 우수한 DPPH 라디칼 소거능을 확인하였고, 삼나무 뿌리 의 EtOAc 가용부에 다량 존재하는 페놀성 화합물과 라디칼 소거능과의 연관성을 시사하였다. 또한 ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능은 EtOAc 층의 IC<sub>50</sub>값이 18.9±2.1 µg/mL의 우수한 라디칼 소거활성이 확인 하였고, 우수한 라디칼 소거 활성물질의 존재가 시사되었다. 또한,  $\alpha$ -glucosidase 저해활성을 평가한 결과, 우수한 라디칼 소거능을 나타낸 EtOAc 층의 IC<sub>50</sub>은 57.8±7.8 µg/mL의 저해활성을 나타내었으며, 이는 positive control인 acarbose의 IC<sub>50</sub>값인 501.1±17.5 µg/mL과 비교하여 우수한 활성이었으며, 추출물 상태의 시료를 단일물질로 정제할 경우 더욱 강한 효능의 화합물이 존재할 가능성을 시사하였다. 향후 이들 활성물질 동정을 통한 활성 기작에 대한 연구가 필요하며 본 연구결과는 보다 우수한 라디칼 소거능 및  $\alpha$ -glucosidase 저해능을 가지는 새로운 기능성 소재 발굴을 위한 기초자료로 활용 가능할 것으로 사료된다.

### References

- Videla LA, Fernandez V (1988) Biochemical aspects of cellular oxidative stress. Arch Biol Med Exp, 21, 85-92
- Halliwell B, Aruoma OJ (1991) DNA damage by oxygen-derived species. FEBS Lett, 281, 9-19
- Jennings PE, Barnett AH (1988) New approaches to the pathogenesis and treatment of diabetic microangiopathy. Diabeti Med, 5, 111-117
- Shim JS, Kim SD, Kim TS, Kim KN (2005) Biological activities of flavonoid glycosides isolated from *Angelica keiskei*. Korean J Food Sci Technol, 37, 78-83
- Farag RS, Badei AZMA, Hewedi GSA, Baroty EL (1984) Antioxidant activity of some spice essential oils on linoleic acid oxidation in aqueous media. J Am Oil Chem Soc, 66, 792-799
- Frei B (1994) Natural antioxidants in human health and disease. Academic Press, San Diego, 44-55
- Branen AL (1975) Toxicology and biochemistry of butylated hydroxy anisole and butylated hydroxy toluene. J Am Oil Chem Soc, 52, 59-62
- Rubin RR, Peyrot M (1999) Quality of life and diabetes. Diabetes Metab Res Rev, 15, 205-218
- Lee SH, Lee JK, Kim IH (2012) Trends and perspectives in the development of antidiabetic drugs for type 2 diabetes mellitus. Korean J Microbiol Biotechnol, 40, 180-185
- Lee EB, Na GH, Ryu CR, Cho MR (2004) The review on the study of diabetes mellitus in oriental medicine journals. J Korean Orient Med, 25, 169-179
- Schwarz K, Mertz W (1959) Chromium (III) and the glucose tolerance factor. Arch Biochem Biophys, 85, 292-295
- Robertson RP, Harmon J, Tran PO, Poytout V (2004)  $\beta$ -Cell glucose toxicity, lipotoxicity and chronic oxidative stress in type 2 diabetes. Diabetes, 53, 5119-5124
- Zhang A, Ye F, Lu J, Zhao S (2013) Screening  $\alpha$ -glucosidase inhibitor from natural products by capillary electrophoresis with immobilized enzyme onto polymer monolith modified by gold nanoparticles. Food Chem, 141, 1854-1859
- Zhang YL, Luo JG, Wan CX, Zhou ZB, Kong LY (2015) Four new flavonoids with  $\alpha$ -glucosidase inhibitory activities from *Morus alba* var. *tatarica*. Chem Biodivers, 12, 1768-1776
- Tsujimoto T, Shioyama E, Moriya K, Kawaratani H, Shirai Y, Toyohara M, Mitoro A, Yamao J, Fujii H, Fukui

- H (2008) Pneumatosis cystoides intestinalis following alpha-glucosidase inhibitor treatment: a case report and review of the literature. *World J Gastroenterol*, 14, 6087-6092
16. Kihara Y, Ogami Y, Tabaru A, Unoki H, Otsuki M (1997) Safe and effective treatment of diabetes mellitus associated with chronic liver diseases with an alpha-glucosidase inhibitor acarbose. *J Gastroenterol*, 32, 777-782
17. Kim DH, Moon YS, An BJ, Son JH (2012) Potent anti-aging activity of *Aruncus dioicus*, a native plant of Ulleung-do, South Korea, in CCD-986sk fibroblasts via suppression of matrix metalloproteinases. *J Nat Med*, 66, 631-636
18. Jeong SY, Kim YH, Min BS, Min BK, Woo MH (2011) Monoterpenoids from the aerial parts of *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus* and their antioxidant and cytotoxic activities. *Bioorg Med Chem Lett*, 21, 3252-3256
19. Kim MS (2011) Antioxidative and antimicrobial activities of *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus* Hara extracts. *Korean Soc Food Sci Nutr*, 40, 47-55
20. Zang Q, Kim HY (2014) DNA damage protection and anti-inflammatory activity of different solvent fractions from *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus*. *Korean J Plant Res* 27, 714-719
21. Kim MS, Son HY (2014) Anti-thrombosis activity of the aerial part of *Aruncus dioicus* var *kamtschaticus*. *J Life Sci*, 24, 515-521
22. Gao X, Bjor, L, Trajkovski V, Uggla M (2000) Evaluation of antioxidant activities of rosehip ethanol extracts in different test system. *J Sci Food Agric*, 80, 2021-2027
23. Blois MS (1958) Antioxidant activity determination by the use of a stable free radical. *Nature*, 181, 1199-1200
24. 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
25. Eom SH, Lee SH, Yoon NY, Jung WK, Jeon YJ, Kim SK, Lee MS, Kim YM (2012)  $\alpha$ -Glucosidase and  $\alpha$ -amylase inhibitory activities of phlorotannins from *Eisenia bicyclis*. *J Sci Food Agric*, 92, 2084-2090
26. Wang SY, Chang HN, Lin KT, Lo CP, Yang NS, Shyur LF (2003) Antioxidant properties and phytochemical characteristics of extracts from *Lactuca indica*. *J Agric Food Chem*, 26, 1506-1512
27. Bischoff H (1995) The mechanism of alpha-glucosidase inhibition in the management of diabetes. *Clin Invest Med*, 18, 303-311
28. Lee EW, Kim TW, Kim, HS, Park YM, Kim SH, Im MH, Kaak JH, Kim TH (2015) Antioxidant and  $\alpha$ -glucosidase inhibitory effects of ethanolic extract of *Ainsliaea acerifolia* and organic solvent-soluble fractions. *Korean J Food Preserv*, 22, 275-280
29. Son WR, Choi SW (2013) Biological activity and analysis of  $\alpha$ -glucosidase inhibitor from mulberry (*Morus alba* L.) wine. *Korean J Food Preserv*, 20, 877-885