

## 약용식물 물 추출물의 항산화 활성 및 $\alpha$ -Glucosidase 저해효과

김현숙\* · 김태우\*\*\* · 김대중\*\*\* · 이재성\*\* · 김경곤\*\* · 최면\*\*\*†

\*강원대학교 웰빙특산물산업화지역혁신센터, \*\*강원대학교 생명건강공학과

### Antioxidant Activities and $\alpha$ -Glucosidase Inhibitory Effect of Water Extracts from Medicinal Plants

Hyun Sook Kim\*, Tae Woo Kim\*\*\*, Dae Jung Kim\*\*\*, Jae Sung Lee\*\*, Kyoung Kon Kim\*\* and Myeon Choe\*\*\*†

\*Well-being Bioproducts RIC Center, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea.

\*\*Department of Bio and Health Technology, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea.

**ABSTRACT :** We studied the total polyphenol content, DPPH radical scavenging activity, hydroxyl radical scavenging activity and  $\alpha$ -glucosidase inhibition of water extracts from 17 medicinal plants. Total polyphenol contents ranged from 10.0 (*Coix lachryma-jobi* L, CL) ~ 279.7 (*Perilla sikokiana*, PS) mg/g. The water extract from medicinal plants were evaluated for its free radical scavenging activities and compared with a commercial antioxidant, ascorbic acid. DPPH radical scavenging activity of *Pyrus pyrifolia* (PP), *Chamaecyparis obtusa* L. (COL), *Chamaecyparis obtusa* F. (COF), and PS were higher than positive control. Higher hydroxyl radical scavenging activity were shown in *Acanthopanax senticosus* (AS) and *Cordyceps militaris* (CM) than the other plants. The highest anti- $\alpha$ -glucosidase activity was observed in *Cornus officinalis* (CO) and *Paeonia suffruticosa* Andrews (PSA) water extracts. PSA showed not only the higher DPPH radical scavenging activity but also the anti- $\alpha$ -glucosidase activity. The results of our study that PP, COL, COF, PS, AS, CM, CO and PSA could be potential candidates for natural antioxidants.

**Key Words :** DPPH, Free radical, Antioxidant,  $\alpha$ -Glucosidase, Antidiabetic

## 서 언

경제성장과 생활수준의 향상으로 한국인의 식생활이 서구화됨에 따라 이와 관련된 만성 대사성 질환의 발병률이 계속 증가하고 있다. 그 대표적인 질병의 하나가 당뇨병으로 우리나라 국민의 10% 가량이 당뇨병을 앓고 있으며, 발병되는 연령층도 점차 낮아지는 상황이어서 사회·경제적으로 큰 문제로 대두되고 있는 상황이다 (Korean Ministry of Health and Welfare, 2006). 당뇨병은 인슐린 분비 및 작용의 감소, 그리고 조직의 인슐린 저항성으로 인해 고혈당 및 소변으로의 당 배설을 나타내는 질환으로 적절한 치료와 관리가 요구된다 (Nepom, 1990). 그러나 아직까지 근원적인 치료약물은 개발되지 못한 실정이다.

인체는 정상적인 상태에서는 자유 라디칼의 생산과 항산화

방어계의 활성이 균형을 이루고 있으며, 자유 라디칼이 과다 생성되거나 혹은 항산화 방어계의 기능이 감소되어 균형이 깨지면 산화적 스트레스가 일어난다 (Lawrence *et al.*, 2001). 당뇨병 환자의 경우 췌장 베타세포의 기능 손상에 의해 자유 라디칼의 농도와 산화적 스트레스가 증가되고 세포내 항산화 방어 시스템은 약화된다. 최근 항산화 작용과 당뇨병과는 밀접한 연관이 있는 것으로 보고되고 있는데 (Cai and Kang, 2001; Drews *et al.*, 2010; Lee *et al.*, 2001; Song *et al.*, 2005), 인슐린 비의존형 당뇨병 환자는 자유 라디칼 생성이 많고, 지질 과산화물이 증가하며 (Fuller *et al.*, 1996; Paolisso *et al.*, 1994), 산화의 증가에 의해 혈중 비타민 E와 C 등이 정상인에 비하여 더 빠르게 사용된다고 하였다 (Zadeh *et al.*, 1997). 또한 고혈당은 당뇨병성 혈관 합병증의 발생과 직접적인 관계가 있으며, 세포 및 조직의 손상을 유발하는 활성산소

†Corresponding author: (Phone) +82-33-250-8645 (E-mail) kimhs4324@hanmail.net

Received 2013 February 27 / 1st Revised 2013 April 1 / 2nd Revised 2013 April 19 / 3rd Revised 2013 May 20 / Accepted 2013 Revised May 29

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

종을 증가시키고 (Kupczyk *et al.*, 2010), total antioxidant status와 glutathione peroxidase의 활성 감소와 관련성이 있다고 하였다 (Chon *et al.*, 2008; Kim and Son, 2008). 당뇨병 환자는 LDL이 빠르게 산화되며 oxidized LDL이 생성되었고, 항산화제의 투여는 당뇨병 환자에서 동맥경화 과정을 감소시켰다고 보고되었다 (Tai *et al.*, 2000; Yoshida *et al.*, 1997). 즉, 당뇨병 환자에서 체내 자유 라디칼과 지질 과산화물 생성이 증가하며 이는 동맥경화를 비롯한 합병증을 일으키는 위험인자로 작용하고, 항산화제 투여는 이러한 산화적 스트레스로부터 체내를 보호해 줄 수 있다는 것이다. 따라서 당뇨병의 산화적 손상을 줄일 수 있는 항산화제의 강화는 급만성 합병증 발생의 예방 및 완화, 치료에 매우 중요하다고 할 수 있다 (Ahn *et al.*, 2010).

소장에 존재하는  $\alpha$ -glucosidase는 식이 중에 함유된 탄수화물을 포도당으로 전환시키는 효소로서 당뇨병 환자의 경우  $\alpha$ -glucosidase의 활성이 정상인에 비해 높아져 있어 탄수화물 섭취시 혈당이 상승한다. 현재 시중에 판매되고 있는  $\alpha$ -glucosidase 저해제는 탄수화물이 포도당으로 전환되지 않고 배설물로 배출시켜 식후혈당의 증가를 완화시키는 것으로 알려져 있다 (Baily, 1999). 하지만 장기적으로 복용할 경우 복부 팽만감, 구토 등 부작용이 나타날 수 있으므로 약용식물로부터  $\alpha$ -glucosidase의 활성을 억제시킬 수 있는 기능성 소재를 검증하는 것은 매우 필요하다. 최근 항산화 작용과 당뇨병과는 밀접한 관련이 있다고 알려져 있으므로 항산화 및 항당뇨 기능성을 가진 소재이면 더욱 좋을 것이다.

본 연구에서는 산수유 (*Cornus officinalis*), 목단피 (*Paeonia suffruticosa* Andrews), 산약 (*Discorea japonica*), 숙지황 (*Rehmannia glutinosa*), 지골피 (*Lycium chinense*), 야생배 (*Pyrus pyrifolia*), 동충하초 (*Cordyceps militaris*), 가시오가피 (*Acanthopanax senticosus*), 울무 (*Coix lachrymajobi* L.), 현삼 (*Scrophularia buergeriana* Miq.), 참외줄기 (*Cucumis melo* L.), 편백가지 (*Chamaecyparis obtusa* L.), 편백엽 (*Chamaecyparis obtusa* F.), 자소엽 (*Perilla sikokiana*), 단삼 (*Salvia miltiorrhiza* Bunge), 전칠 (*Panax notoginseng*), 명월초 (*Angelica utilis* Makino) 등 17종 약용식물 물 추출물의 항산화 활성 및 포도당 흡수를 지연시킬 수 있는  $\alpha$ -glucosidase 저해활성을 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 약용식물 물 추출물의 제조

본 실험에 사용된 약용식물의 종류는 Table 1과 같다. 17종의 소재들은 춘천시 소재 건재상에서 국내산 시료로 구입하여 수세한 후 10배 증류수를 가하여 60°C에서 24시간 교반하면서 추출하였다. 이를 실온에서 방냉한 뒤 감압 농축기

**Table 1.** Medicinal plants and herbs used for experiments.

Scientific names	Family names	Sample names	Korean names
<i>Cornus officinalis</i>	Cornaceae	CO	산수유
<i>Paeonia suffruticosa</i> Andrews	Paeoniaceae	PSA	목단피
<i>Discorea japonica</i> Thunb.	Dioscoreaceae	DJ	산약
<i>Rehmannia glutinosa</i>	Scrophulariaceae	RG	숙지황
<i>Lycium chinense</i> Mill.	Solanaceae	LC	지골피
<i>Pyrus pyrifolia</i>	Rosaceae	PP	야생배
<i>Cordyceps militaris</i>	Clavicipitaceae	CM	동충하초
<i>Acanthopanax senticosus</i>	Araliaceae	AS	가시오가피
<i>Coix lachrymajobi</i> L.	Gramineae	CL	울무
<i>Scrophularia buergeriana</i> Miq.	Scrophulariaceae	SB	현삼
<i>Cucumis melo</i>	Cucurbitaceae	CML	참외줄기
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	Cupressaceae	COL	편백가지
<i>Chamaecyparis obtusa</i>	Cupressaceae	COF	편백엽
<i>Perilla sikokiana</i>	Labiatae	PS	자소엽
<i>Salvia miltiorrhiza</i> Bunge	Labiatae	SMB	단삼
<i>Panax notoginseng</i>	Araliaceae	PN	전칠
<i>Angelica utilis</i> Makino	Umbelliferae	AUM	명월초

(EYELA SB-1000, Tokyo, Japan)로 농축하였고, 동결건조기 (FD 8508, Ilshin, Yangju, Korea)를 이용하여 -70°C에서 건조한 시료를 냉동보관하면서 적당한 농도로 희석하여 사용하였다.

### 2. 총 폴리페놀 함량 측정

총 폴리페놀 함량 분석은 Folin-Ciocalteu's phenol을 이용한 비색법을 이용하였다 (Folin and Denis, 1915). 증류수에 희석시킨 시료 200  $\mu$ l 에 증류수 4.8 ml, 50% Folin-Ciocalteu's phenol 500  $\mu$ l 넣고 3분간 방치시켰다. 10% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 포화용액 1 ml 넣은 후 1시간 동안 방치 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 caffeic acid (Sigma, St. Louis, MO, USA)를 이용하여 작성한 표준 곡선으로부터 총 폴리페놀 함량을 측정하였다.

### 3. DPPH radical 소거능 측정

항산화 활성은 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)을 이용하여 라디칼 소거능을 측정하였다 (Braca *et al.*, 2001). 각 추출물을 농도별 (50, 100, 250, 500, 1,000, 2,500, 5,000 ppm)로 제조한 시료에 DPPH 200  $\mu$ l 첨가하여 암조건에서 30분간 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정하여 (1-시료의 흡광도÷대조구의 흡광도)×100에 의해 환산하였다. Inhibitory concentration (IC<sub>50</sub>)은 추출물을 첨가하지 않은 대조구의 값을 50% 감소시키는 추출물의 농도를 나타냈으며, 항산화제인 ascorbic acid를 대조구로 사용하여 비교하였다.

**Table 2.** Extraction efficiency and total polyphenol contents of water extracts from medicinal plants.

Sample**	Extraction efficiency			Total polyphenol* (mg/g)
	Sample weight (g)	Extract weight (g)	Yield (%)	
CO	30.0	0.80 ± 0.03	2.66 ± 0.10	42.83 ± 0.48
PSA	30.0	0.46 ± 0.01	1.52 ± 0.04	145.45 ± 0.48
DJ	30.0	0.21 ± 0.01	0.71 ± 0.03	22.36 ± 0.71
RG	30.0	1.04 ± 0.01	3.45 ± 0.28	89.98 ± 0.95
LC	30.0	0.26 ± 0.01	0.87 ± 0.29	92.83 ± 2.38
PP	30.0	2.43 ± 0.01	8.10 ± 0.04	255.93 ± 3.22
CM	30.0	3.12 ± 0.02	10.39 ± 0.08	83.07 ± 1.80
AS	30.0	4.61 ± 0.07	15.37 ± 0.25	104.98 ± 1.90
CL	30.0	1.23 ± 0.08	4.08 ± 0.26	9.98 ± 0.86
SB	30.0	2.11 ± 0.06	7.04 ± 0.20	17.83 ± 0.24
CML	30.0	3.16 ± 0.07	10.52 ± 0.21	26.88 ± 0.48
COL	30.0	0.88 ± 0.01	2.95 ± 0.03	224.50 ± 3.27
COF	30.0	1.14 ± 0.07	3.81 ± 0.24	243.07 ± 5.02
PS	30.0	2.35 ± 0.01	7.85 ± 0.02	279.74 ± 2.75
SMB	30.0	3.58 ± 0.02	11.93 ± 0.06	236.64 ± 3.71
PN	30.0	0.80 ± 0.00	2.66 ± 0.01	12.12 ± 0.63
AUM	30.0	1.03 ± 0.02	3.44 ± 0.06	22.60 ± 0.48

\*Results are from three experiments and expressed as mean ± SE (n = 3).

\*\*Sample names are the same as in Table 1.

#### 4. Hydroxyl radical 소거능 측정

Hydroxyl radical 소거능은 Chung (2005) 등의 방법을 이용하여 측정하였다. 추출된 각 시료는 일정 농도로 희석한 후 시료 100  $\mu$ l 에 100 mM sodium phosphate (pH 7.4) 250  $\mu$ l, 1 mM EDTA 100  $\mu$ l, 36 mM deoxyribose 100  $\mu$ l, 1 mM FeCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O 100  $\mu$ l, 1 mM L-ascorbic acid 100  $\mu$ l, 10 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 100  $\mu$ l, 증류수 150  $\mu$ l 를 가하여 38°C water bath에서 1시간 방치한 후 1% thiobarbituric acid 1 ml, 10% trichloroacetic acid 1 ml 를 첨가하여 100°C에서 10분간 끓인 후 532 nm에서 흡광도를 측정하여 (1-시료의 흡광도÷대조구의 흡광도)×100에 의해 환산하였다. 각 농도별 라디칼 소거능에 대한 검량선에서 라디칼 소거능이 50%가 되는 농도인 IC<sub>50</sub>로 표시하였다.

#### 5. $\alpha$ -Glucosidase 저해활성 측정

$\alpha$ -Glucosidase 저해활성은 synthetic substrate인 2.5 mM *p*-nitrophenyl  $\alpha$ -D-glucospyranoside를 phosphate buffer (pH 6.8)에 첨가한 후 시료를 넣고 그 혼합액에 효소액 첨가 후 37°C에서 20분간 반응시키고 0.1 M NaOH를 첨가하여 반응을 종결시켜 substrate인 *p*-nitrophenyl  $\alpha$ -D-glucospyranoside로부터 유리되어 나오는 반응 생성물인 *p*-nitrophenol을 405 nm에서 측정하여  $\alpha$ -glucosidase 활성의 억제 정도를 측정하였다 (Ogawa *et al.*, 2004).

#### 6. 통계처리

실험에서 얻어진 결과의 통계적 유의성은 SPSS (statistical package for social sciences, Version 10.0, Chicago, USA)를 이용하여 평균±표준오차로 나타내었고, 각 농도의 평균치의 통계적 유의성을 p < 0.05 수준에서 Duncan's multiple range test에 의해 검정하였다.

### 결과 및 고찰

#### 1. 추출 수율 및 총 폴리페놀 함량 측정

17종 약용식물의 추출 수율 및 총 폴리페놀 함량은 Table 2와 같다. 약용식물 물 추출물은 3회 반복하여 얻은 평균수율로 산약 (DJ, 0.71%)이 가장 낮았고, 가시오가피 (AS, 15.37%) 수율이 가장 높았다. 각 추출물을 건조시료 중량대비 폴리페놀 함량으로 측정된 결과, 자소엽 (PS, 279 mg/g), 야생배 (PP, 255 mg/g), 편백엽 (COF, 243 mg/g), 편백가지 (COL, 224 mg/g), 단삼 (SMB, 236 mg/g), 목단피 (PSA, 145 mg/g) 순으로 높게 나타났다. 가시오가피 (AS, 103 mg/g), 지골피 (LC, 92 mg/g), 숙지황 (RG, 89 mg/g), 동충하초 (CM, 83 mg/g), 산수유 (CO, 42 mg/g)의 경우에도 높은 수준의 총 폴리페놀이 함유되어 있었다. 그러나 참외줄기, 명월초, 산약, 현삼, 전철, 울무는 30 mg/g 이하의 낮은 수준으로 나타났다.

식물에 널리 분포되어 있는 페놀성 물질은 phenolic

hydroxyl기를 가지고 있으며, 페놀 함량이 높을수록 항돌연변이, 항암, 항산화 등의 다양한 생리활성이 증가된다 (Jeong *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 1992). Heo 등 (2007)에 따르면 한국에 자생하는 약용식물의 경우 총 페놀 함량이 30 mg/g 이상이면 뛰어난 항산화 활성을 나타낸다고 하였다. 이를 토대로 자소엽, 야생배, 편백엽, 편백가지, 단삼, 목단피의 경우 145 mg/g 이상의 페놀이 함유되어 있으므로 매우 강한 항산화 작용을 나타낼 것으로 사료된다.

## 2. DPPH radical 소거능 측정

Ascorbic acid를 양성 대조군으로 하여 17종 약용식물 물 추출물의 항산화 활성에 대한 결과는 Table 3과 같다. DPPH radical 소거능은 시료 농도에 따른 항산화 활성 변화 곡선으로부터 산화를 50% 억제시키는 농도인 IC<sub>50</sub>으로 나타내었다. 17종 약용식물 중에서 야생배 (PP, 0.12 mg/ml), 편백엽 (COF, 0.12 mg/ml), 편백가지 (COL, 0.13 mg/ml), 자소엽 (PS, 0.14 mg/ml), 목단피 (PSA, 0.16 mg/ml) 순으로 다른 소재들에 비해 뛰어난 항산화 효과를 나타내었다. 반면에 산약, 울무, 현삼, 단삼은 3.96 mg/ml 이상의 높은 IC<sub>50</sub> 값으로 매우 낮은 항산화 활성을 나타내었다.

본 연구에서 다른 소재들에 비해 상대적으로 야생배, 편백엽, 편백가지, 자소엽, 목단피 물 추출물에서 DPPH radical 소거능이 높게 나타난 것은 총 폴리페놀 함량이 높는데 기여한 것으로 사료된다. Kang 등 (1995)은 전자공여능이 페놀성 물질에 대한 항산화 지표이며 환원력이 큰 물질일수록 높다고 하였다. Kim 등 (2011)은 산수유의 페놀 함량이 32.25 mg/g으로 측정되었고 이와 함께 항산화 활성이 높았음을 보고하였고, 단순회귀분석 결과 r값이 약 0.8 수준이었음을 밝혔다. 본 연구에서도 항산화 활성을 나타낸 전자공여작용과 폴리페놀 함량을 분석한 결과 유사한 경향을 나타냄에 따라 상관관계가 성립됨을 짐작할 수 있다. 항산화성의 정도는 추출방법에 따라 현저한 차이가 난다고 보고되어 있다. DPPH를 활용한 free radical 소거반응에서 오가피 잎과 열매를 이용한 50% 메탄올 추출물의 소거능은 각각 61.8%, 5.0%를 나타내었고 (Choi and Ahn, 2012), 목단피 메탄올 추출물은 63.0% 정도의 라디칼 소거작용을 나타내었다 (Kweon *et al.*, 1998). 편백나무 80% 메탄올 추출물은 200 µg/ml 농도에서 90.8%의 우수한 소거능을 보였고 (Jung *et al.*, 2012), 편백나무 잎의 정유는 거의 10%를 넘지 못하며 매우 낮은 활성을 나타내었다고 보고하였다 (Kim *et al.*, 2011). Son 등 (2010)은 자소 추출물을 이용한 항산화 활성 결과에서 자소씨 보다는 자소잎의 활성이 상대적으로 높게 나타났으며, 자소 추출물의 활성이 물과 50% 에탄올에 다른 차이는 나타나지 않았다고 확인하였다. Kim과 Kang (2010)은 참외줄기 에탄올 추출물

**Table 3.** DPPH radical scavenging activity and hydroxyl radical scavenging activity of medicinal plant water extracts.

Sample****	DPPH radical scavenging activity	Hydroxyl radical scavenging activity
	IC <sub>50</sub> (mg/ml)**	
Ascorbic acid	0.14 ± 0.01***	0.17 ± 0.01
CO	0.72 ± 0.16	0.77 ± 0.12
PSA	0.16 ± 0.07	ND*
DJ	5.13 ± 0.06	ND
RG	2.77 ± 0.09	1.29 ± 0.11
LC	1.08 ± 0.06	ND
PP	0.12 ± 0.06	ND
CM	1.22 ± 0.08	0.24 ± 0.06
AS	0.52 ± 0.04	0.10 ± 0.05
CL	9.45 ± 0.04	ND
SB	3.96 ± 0.05	ND
CML	0.22 ± 0.07	ND
COL	0.13 ± 0.08	3.65 ± 0.14
COF	0.12 ± 0.06	1.02 ± 0.17
PS	0.14 ± 0.06	3.34 ± 0.07
SMB	4.72 ± 0.06	ND
PN	ND	2.05 ± 0.06
AUM	0.85 ± 0.05	3.43 ± 0.14

\*ND = not detected.

\*\*Concentration required for 50% reduction of hydrogen donating activity.

\*\*\*Values are mean ± SE (n = 3).

\*\*\*\*Sample names are the same as in Table 1.

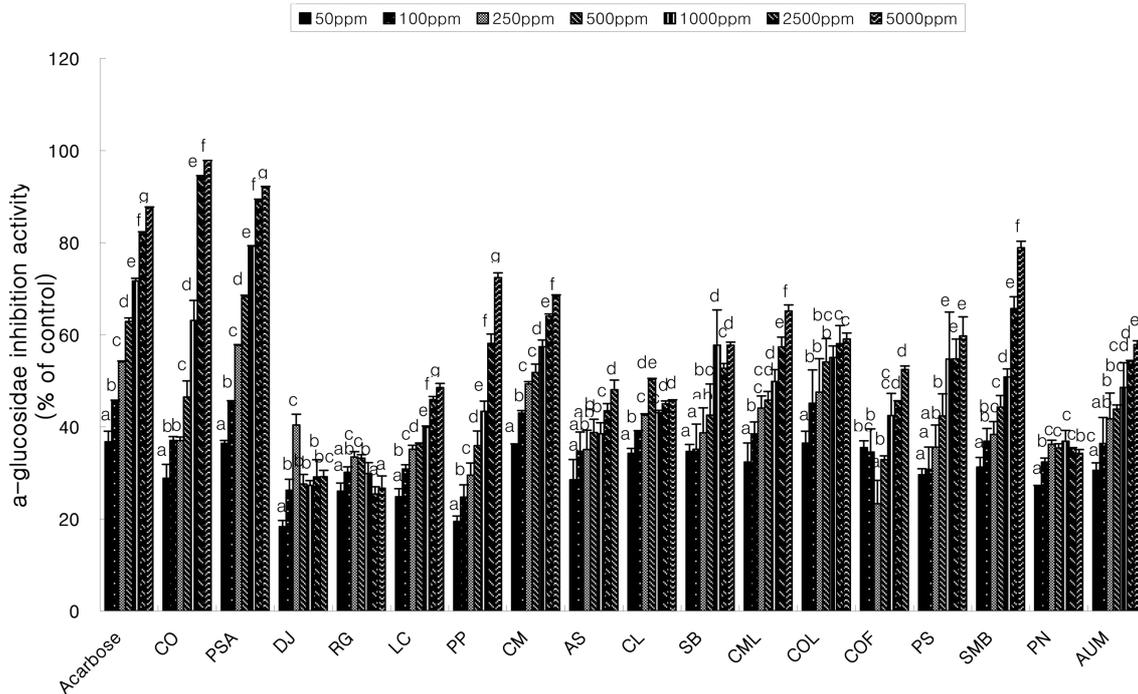
2 mg/ml 농도에서 52.7% 소거능을 나타냈다고 보고하였다. 결론적으로 본 연구에 사용된 약용식물 물 추출물의 DPPH radical 소거능은 에탄올 추출물이나 메탄올 추출물 보다 높다는 것을 알 수 있었다.

## 3. Hydroxyl radical 소거능 측정

Hydroxyl radical 소거능이 50%가 되는 농도인 IC<sub>50</sub> 값은 Table 3과 같다. IC<sub>50</sub> 값이 가시오가피 물 추출물이 0.101 mg/ml로 가장 작은 값을 나타내었고, 그 다음으로 동충하초 (CM, 0.24 mg/ml), 산수유 (CO, 0.77 mg/ml), 편백엽 (COF, 1.02 mg/ml), 숙지황 (RG, 1.29 mg/ml), 전철 (PN, 2.05 mg/ml)의 순으로 항산화 활성을 나타내었다. 한편 목단피, 산약, 지골피, 야생배, 울무, 현삼, 참외줄기, 단삼의 경우 농도 비의존적인 결과로 인해 IC<sub>50</sub> 값이 나타나지 않거나 매우 낮은 값이었다.

Hydroxyl radical은 활성산소 중에서 화학적으로 가장 반응성이 크며, 지질산화를 일으켜 세포막을 손상시키고 DNA 손상을 주거나 돌연변이를 유발하는 물질로 알려져 있다 (Drews *et al.*, 2010). Kim 등 (2011)의 연구에서 쉐인나물 물 추출물의 hydroxyl radical 소거능은 1,000 ppm 농도일 때 42.5%로 나타났고, Shin 등 (2008)의 연구에서 흑마늘 열수 추출물의 소거능은 1,000 ppm 농도에서 전혀 나타나지 않았다고 보고하였다. Kim과 Choi (2008)는 오미자 추출물의 경우

## 약용식물 추출물의 생리활성



**Fig. 1. Effect of medicinal plant water extracts on  $\alpha$ -glucosidase inhibition activity.** Sample names are the same as in Table 1. Results are expressed as mean  $\pm$  SE of triplicate determinations. Means with the different letters are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple range test.

33.6% 수준의 hydroxyl radical 소거능을 나타냈다고 보고하였다. 이는 본 연구에 사용된 산수유, 가시오가피, 전칠, 숙지황, 동충하초 물 추출물과 비교해 볼 때 매우 낮은 hydroxyl radical 소거능을 나타내었다.

약용식물의 항산화 활성은 추출 용매의 차이에 의해 영향을 받는다. Heo 등 (2011)에 의하면 가시오가피 잎의 Fe-환원력은 에탄올 추출물에서 높게 나왔으며, 뿌리에서는 온수 추출물이, 줄기에서는 열수 추출물, 열매에서는 온열수 높게 나왔다. 잎을 제외하고는 뿌리, 줄기, 열매에서 수용성에서 높은 환원력이 나타난 것을 알 수 있다. 본 연구에서 동충하초 물 추출물의 hydroxyl radical 소거능은 양성 대조구인 ascorbic acid와 비교하여 70% 범위로 나타났지만, 번데기 동충하초 자체 70% 에탄올 추출물에 대한 전자공여능은 100~500 ppm에서 30% 미만이었다고 보고된 바 있어 동충하초 물 추출물이 에탄올 추출물보다 상대적으로 높은 항산화 활성을 보였다 (Park *et al.*, 2002). 산수유 열매의 SOD 소거능은 60%와 90% 에탄올 추출물에서 27.7~44.0% (Lee *et al.*, 2012), Kim 등 (2004)의 연구에서도 18.1% 활성을 보여 다소 낮음을 보고하였다. 본 연구에서 산수유 물 추출물의 hydroxyl radical 소거능은 22%로 나타났다. 이상의 결과에서 본 연구에 사용된 약용식물 물 추출물의 항산화 활성이 에탄올이나 메탄올 추출물에 비하여 상대적으로 우수함을 뒷받침해 주었다.

## 4. $\alpha$ -Glucosidase 저해활성 측정

약용식물 물 추출물의  $\alpha$ -glucosidase 저해활성은 Fig. 1에 나타내었다. 양성 대조군인 Acarbose와 비교했을 때 산수유, 목단피, 지골피, 야생배, 동충하초, 가시오가피, 현삼, 참외줄기, 편백가지, 자소엽, 단삼, 명월초 물 추출물들은 농도 의존적으로  $\alpha$ -glucosidase 저해활성이 증가하였다. 특히 목단피 물 추출물은 모든 농도에서 positive control로 사용한 Acarbose 보다 높은  $\alpha$ -glucosidase 저해활성을 나타내었고, 산수유 물 추출물은 2,500 ppm, 5,000 ppm에서 94% 이상의 저해활성을 보였다. 목단피, 동충하초, 편백가지 물 추출물은 가장 낮은 농도에서 Acarbose와 비슷한 수준의 저해활성을 나타내었다. 다른 소재들은 2,500 ppm에서 목단피 (PSA, 89.1%), 단삼 (SMB, 65.7%), 동충하초 (CM, 64.1%), 편백가지 (COL, 58.1%), 참외줄기 (CML, 57.3%) 순으로  $\alpha$ -glucosidase 활성이 억제되었다.

최근 천연물로부터 부작용 없는  $\alpha$ -glucosidase 저해활성이 큰 소재를 개발하려는 연구들이 진행되고 있다. 뽕잎 및 가지의 폴리페놀 성분이  $\alpha$ -glucosidase 저해활성이 있다고 보고되었고 (Kwon *et al.*, 2008; Oku *et al.*, 2006), 목단피 에탄올 추출물 분획물은 인슐린 민감성을 향상시키고  $\alpha$ -glycoamylase 활성을 현저히 감소시키는 항당뇨 소재로 보고된 바 있다 (Park *et al.*, 2004). Kim 등 (2009)은 야생배, 목단피, 가시

오가피 물 추출물의  $\alpha$ -glucosidase 저해활성이 농도 의존적으로 증가한 것으로 나타나 본 연구와 일치하였고, 지골피, 산약 및 동충하초 물 추출물은 모든 농도에서  $\alpha$ -glucosidase 활성을 오히려 증가시킨 것으로 나타나 상반된 경향을 나타내었다. Choi 등 (2011)은 생약재를 대상으로  $\alpha$ -glucosidase 저해활성을 탐색한 결과에서 산수유 물층은 40.2%, 메탄올층은 13.0% 저해활성을 나타내었고, 목단피 물층은 30.2%, 메탄올층은 저해활성이 나타나지 않았다고 보고하였다. 그러나 본 연구에서 산수유와 목단피 물 추출물은 모든 농도에서도 30% 이상의  $\alpha$ -glucosidase 저해활성을 나타내었고, 2,500 ppm에서는 90% 이상의 강력한 저해활성을 나타내었다.

결과적으로 17종 약용식물 물 추출물들은  $\alpha$ -glucosidase 저해활성을 보였고, 특히 산수유와 목단피는 모든 농도에서 Acarbose 보다 강한 저해활성을 나타내었다.

### 감사의 글

본 연구는 강원대학교 LINC 사업단 및 웰빙특산물산업화지원혁신센터의 지원으로 수행된 결과의 일부로 이에 감사드립니다.

### LITERATURE CITED

- Ahn BS, Kim JW, Kim HT, Lee SD and Lee KW. (2010). Antioxidant effects of *Hovenia dulcis* in the streptozotocin-induced diabetic rats. *Journal of Veterinary Clinics*. 27:366-373.
- Baily CJ. (1999). Insulin resistance and antidiabetic drugs. *Biochemical Pharmacology*. 58:1511-1520.
- Braca A, De Tommasi N, Di Bari L, Pizza C, Politi M and Morelli I. (2001). Antioxidant principles from *Bauhinia terapotensis*. *Journal of Natural Products*. 64:892-895.
- Cai L and Kang YJ. (2001). Oxidative stress and diabetic cardiomyopathy: A brief review. *Cardiovascular Toxicology*. 1:181-193.
- Choi GY, Han GJ and Ha SC. (2011).  $\alpha$ -glucosidase inhibitory substances exploration isolated from the herb extract. *Korean Journal of Food Preservation*. 18:620-625.
- Choi JM and Ahn JB. (2012). Functional properties of 50% methanol extracts from different parts of *Acanthopanax sessiliflorus*. *Korean Journal of Food Science and Technology*. 44:373-377.
- Chon S, Kwon MK, Oh SJ, Woo JT, Kim SW, Kim JW and Kim YS. (2008). The relationship between antioxidant enzyme activities and diabetic microvascular complications in type 2 diabetic patients. *Journal of Kyung Hee University Medical Center*. 24:90-97.
- Chung MJ, Walker PA, Brown RW and Hogstrand C. (2005). Zinc-mediated gene expression offers protection against H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-induced cytotoxicity. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 205:225-236.
- Drews G, Krippeit-Drews P and Dfer M. (2010). Oxidative stress and beta-cell dysfunction. *Pflugers Archiv*. 460:703-718.
- Folin AD and Denis W. (1915). A colorimetric method for the determination of phenols (and phenos derivatives) in urine. *Journal of Biological Chemistry*. 22:305-308.
- Fuller CJ, Chandalia M, Garg A, Grundv SM and Jialal I. (1996). RRR- $\alpha$ -tocopheryl acetate supplementation at pharmacologic doses decreases low-density-lipoprotein oxidative susceptibility but not protein glycation in patients with diabetes mellitus. *Journal of Clinical Nutrition*. 63:753-756.
- Heo SI, Jung MJ, Kim MK and Wang MH. (2007). Antioxidative activities and tyrosinase inhibitory effects of Korean medicinal plants. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*. 50:115-119.
- Heo SJ, Ahn HY, Kang MJ, Lee JH, Cha JY and Cho YS. (2011). Antioxidative activity and chemical characteristics of leaves, roots, stems and fruits extracts from *Acanthopanax senticosus*. *Journal of Life Science*. 21:1052-1059.
- Jeong HJ, Park SB, Kim S and Kim HK. (2007). Total polyphenol content and antioxidative activity of wild grape (*Vitis coignetiae*) extracts depending on ethanol concentrations. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 36:1491-1496.
- Jung YT, Lee IS, Whang K and Yu MH. (2012). Antioxidant effects of *Picrasma quassioides* and *Chamaecyparis obtusa* (S. et Z) ENDL extracts. *Journal of Life Science*. 22:354-359.
- Kang YH, Park YK, Oh SR and Moon KD. (1995). Studies on the physiological functionality of pine needle and mugwort extracts. *Korean Journal of Food Science and Technology*. 27:978-984.
- Kim DJ, Chung MJ, You JK, Seo DJ, Kim JM and Choe M. (2009). Effect of medicinal plant water extracts on glucose-regulating enzyme activities in Goto-kakizaki rat liver cytosol. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 38:1331-1335.
- Kim EY, Baik IH, Kim JH, Kim SR and Rhyu MR. (2004). Screening of the antioxidant activity of some medicinal plants. *Korean Journal of Food Science and Technology*. 36:333-338.
- Kim HS and Kang YH. (2010). Antioxidant activities of ethanol extracts of non-edible parts (stalk, stemleaf, seed) from oriental melon. *Korean Journal of Plant Resources*. 23:451-457.
- Kim JS and Choi SY. (2008). Physicochemical properties and antioxidative activities of omija (*Schizandra chinensis* Bailon). *Korean Journal of Food and Nutrition*. 21:35-42.
- Kim SH, Lee SY, Hong CY, Gwak KS, Yeo HM, Lee JJ and Choi IG. (2011). Whitening and antioxidant activities of essential oils from *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa*. *Journal of Korean Wood Science and Technology*. 39:291-302.
- Kim SS and Son SM. (2008). Oxidative stress and cell dysfunction in diabetes: role of ROS produced by mitochondria and NAD(P)H oxidase. *Korean Diabetes Journal*. 32:389-398.
- Kim TH, Kim JM, Baek JM, Kim TW, Kim DJ, Park JH and Choe M. (2011). Antioxidant and whitening effects of *Agrimonia pilosa* Ledeb water extract. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 19:177-194.
- Korean Ministry of Health and Welfare. (2006). Report on 2005 national health and nutrition survey. Ministry of Health and

- Welfare. Seoul, Korea. p.75-79.
- Kupeczyk D, Rybka J, Kedziora-Kornatowska K and Kedziora J.** (2010). Melatonin and oxidative stress in elderly patients with type 2 diabetes. *Polski Mercuriusz Lekarski*. 28:407-409.
- Kweon OG, Son JC, Kim SC, Chung SK and Park SW.** (1998). Antimicrobial and antioxidative activities from Moutan Cortex extract. *Korean Journal of Postharvest Science and Technology*. 5:281-285.
- Kwon YI, Apostolidis E and Shetty K.** (2008). In vitro studies of eggplant(*Solanum melongena*) phenolics as inhibitors of key enzymes relevant for type 2 diabetes and hypertension. *Bioresource Technology*. 99:2981-2988.
- Lawrence JC, Jill SG, Eric PD, Joyce AD, Donald DL and Mark AY.** (2001). Effect of antioxidant treatment of streptozotocin-induced diabetic rats on endothelial blood flow, motor nerve conduction velocity and vascular reactivity of epineurial arterioles of the sciatic nerve. *Diabetes*. 50:1927-1937.
- Lee HJ, Do JR, Kwon JH and Kim HK.** (2012). Physiological properties of *Corni fructus* extracts based on their extraction condition. *Korean Journal of Food Preservation*. 19:271-277.
- Lee KD, Kim JS, Bae JO and Yoon HS.** (1992). Antioxidative effectiveness of water extract and ether in wormwood(*Artemisia montana* Pampan). *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 21:17-22.
- Lee SZ, Park SH and Lee HS.** (2001). Change in vivo lipid peroxidation and antioxidant defense system in streptozotocin-induced diabetic rats: A time course study. *Korean Journal of Nutrition*. 34:253-264.
- Nepom GT.** (1990). A unified hypothesis for the complex genetics of HLA association with IDDM. *Diabetes*. 39:1153-1157.
- Ogawa S, Fujieda S, Sakata Y, Ishizaki M, Hisamatsu S, Okazaki K, Ooki Y, Mori M, Itoh M and Korenaga T.** (2004). Synthesis and glucosidase inhibitory activity of some N-substituted 5a-carba- $\beta$ -fuco- and  $\beta$ -galactopyranosylamines, and selected derivatives. *Bioorganic and Medical Chemistry*. 12:6569-6579.
- Oku T, Yamada M, Nakamura M, Sadamori N and Nakamura S.** (2006). Inhibitory effects of extractive from leaves of *Morusalba* on human and rat small intestinal disaccharidase activity. *British Journal of Nutrition*. 95:933-938.
- Paolisso G, Maro GD, Galzerano D, Cacciapuoti F, Varricchio G, Varricchio M and D'Onofrio F.** (1994). Pharmacological doses of vitamin E and insulin action in elderly subjects. *American Journal of Clinical Nutrition*. 59:1291-1296.
- Park CS, Kwon CJ, Choi MA, Park GS and Choi KH.** (2002). Antioxidative and nitrite scavenging activities of *Cordyceps militaris* extracts. *Korean Journal of Food Preservation*. 9:109-113.
- Park S, Jun DW, Park CH, Jang JS, Park SK, Ko BS, Kim BJ and Choi SB.** (2004). Hypoglycemic effects of crude extracts of Moutan Radicis Cortex. *Journal of Food Science and Technology*. 36:472-477.
- Shin JH, Choi DJ, Lee SJ, Cha JY and Sung NJ.** (2008). Antioxidant activity of black garlic(*Allium sativum* L.). *Journal of Korean Society of Food Science and Nutrition*. 37:965-971.
- Son HU, Heo JC, Seo MS and Lee SH.** (2010). Effects of *Perilla frutescens* L. on anti-oxidant and anti-inflammation activity. *Korean Journal of Food Preservation*. 17:757-761.
- Song Y, Wang J, Li Y, Du Y, Arteel GE, Saari JT, Kang YJ and Cai L.** (2005). Cardiac metallothionein synthesis in streptozotocin-induced diabetic mice, and its protection against diabetes-induced cardiac injury. *American Journal of Pathology*. 167:17-26.
- Tai ES, Lim SC, Tan BY, Chew SK, Heng D and Tan CE.** (2000). Screening for diabetes mellitus : A two-step approach in individuals with impaired fasting glucose improves detection of those at risk of complications. *Diabetes Medicine*. 17:771-775.
- Yoshida H, Ishikawa T and Nakamura H.** (1997). Vitamin E/lipid peroxide ratio and susceptibility of LDL to oxidative modification in non-insulin-dependent diabetes mellitus. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*. 17:1438-1446.
- Zadeh JN, Rahimi A, Sarmadii JT, Tritschler H, Rosen P, Halliwell B and Betteridge DJ.** (1997). Relationships between plasma measures of oxidative stress and metabolic control in NIDDM. *Diabetologia*. 40:647-653.