

## 연근별 황기의 항산화 및 항당뇨 활성 평가 고찰

윤 유 · 허성일 · 정미정 · 왕명현\*

강원대학교 생명공학부

### Antioxidant and Antidiabetic Effects of Various Sections of *Astragalus membranaceus*

Yu Yin, Seong-Il Heo, Mee Jung Jung, and Myeong-Hyeon Wang\*

School of Biotechnology, Kangwon National University, Chuncheon, Kangwon-do, 200-701, Korea

**Abstract** – The antioxidant and anti-diabetes effects were evaluated by the ethanol extracts from *Astragalus membranaceus* root classified by years using through DPPH radical scavenging activity, hydroxyl radical ( $\cdot\text{OH}$ ) scavenging activity, total phenolic and flavonoid contents, reducing power activity,  $\alpha$ -amylase and  $\alpha$ -glucosidase inhibitory activities.  $\text{IC}_{50}$  values for DPPH radical scavenging activity of ethanol extract from 6 years old root (749.25  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) was higher than 1 year (1452.67  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) and 3 years old root (1095.61  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ). 6 years old root showed better effects in  $\cdot\text{OH}$  scavenging activity ( $\text{IC}_{50}$ : 10.58  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ), reducing power, total phenolic contents (26.13 $\pm$ 0.79 Tan  $\mu\text{g}/\text{mg}$ , 24.03 $\pm$ 0.74 Cat  $\mu\text{g}/\text{mg}$ )  $\alpha$ -amylase (33.33 $\pm$ 0.55%) and  $\alpha$ -glucosidase inhibitory activity (49.71 $\pm$ 1.01%). On the other hand, total flavonoid compound contents were estimated much higher in 1 year old root (44.93 $\pm$ 1.35 Que  $\mu\text{g}/\text{mg}$ , 70.32 $\pm$ 2.03 Rut  $\mu\text{g}/\text{mg}$ ) than others. Based on these results, It was suggested that 6 years old root of *A. membranaceus* has a potential candidate for functional cosmetic and medicine.

**Keywords** – *Astragalus membranaceus*, Antioxidative activity, Ant-diabetic activity, DPPH radical, hydroxyl radical.

경제성장과 산업의 발달로 인한 환경오염으로 산화적 스트레스 및 자외선이 생체내 항산화제 수준을 초과하여 우리 몸을 구성하는 생체막의 손상, 고분자 단백질 및 DNA의 변형과 기능상실 등으로 인해 다양한 퇴행성 질환이 유발된다.<sup>1,2)</sup> 따라서, 건강문제를 해결할 수 있는 물질로 항산화제에 관한 관심이 집중되게 되었다. 한편, 과학이 발달하면서 경제성과 높은 효능으로 기존의 식품에 널리 사용되던 합성 항산화제인 BHT (butylated hydroxytoluene) 및 BHA (butylated hydroxyanisole) 등이 인체에 대한 독성과 발성이 보고된 이후로 점점 기피되고 있는 실정이다.<sup>3,4)</sup>

최근 웰빙과 함께 천연으로부터 항산화 및 항당뇨 물질을 찾고자 하는 연구들이 활발히 진행되고 있으며,<sup>5,8)</sup> 약용작물을 활용하여 의약품으로의 소재로 널리 이용되어지고 있다.<sup>9,10)</sup>

황기 (*Astragali Radix*; *Astragalus membranaceus* Bunge)는 콩과 (*Leguminosae*)에 속하는 다년생 초본식물로 주피를 벗긴 뿌리를 건조한 것으로 주로 한국, 중국 등 아시아 지

역 뿐만 아니라 러시아, 불가리아 등 유럽까지 분포하여 다양한 용도의 민간약으로 사용되는 식물이다.<sup>11,12)</sup> 한방에서는 지산, 이뇨, 강장, 혈압강하 등의 목적으로 사용되며 약리 실험에서도 이뇨작용, 강장작용, 혈압강하작용, 혈당 강하작용, 면역증강작용, 항종양작용, 항바이러스작용 등이 있는 것으로 밝혀졌다.<sup>13)</sup> 황기에 존재하는 생리활성 성분으로는 isoflavone 배당체인 formentin과 triterpenoide glycoside 그리고  $\beta$ -sitosterol, stimast-4-en-6 $\beta$ -ol-3-one 등이 함유되어 있다고 알려져 있다.<sup>14-16)</sup> 또한 황기는 간기능을 보호하는 물질을 함유하고 있을 뿐만 아니라, 항산화 활성을 가지고 있다고 보고되고 있다.<sup>17,18)</sup>

이에 본 연구에서는 황기의 다양한 생리활성의 기능을 측정하여 유용한 생물 소재로서의 이용 가능성을 알아보고자 하였다.

### 재료 및 방법

**실험재료** – 본 실험에 사용된 각 연도별 황기 뿌리 (1년근, 3년근 그리고 6년근)는 2007년 강원도 정선군에서 구입

\*교신저자 (E-mail): mhwang@kangwon.ac.kr  
(Tel): 033-250-6486

하여 시료로 사용하였다. 각각 건조시킨 황기를 분말화 하여 100 g씩 에탄올 (ethanol, EtOH)로 실온에서 3일 동안 추출하였다. 추출된 시료를 여과지 (100 mm; Whatman, Maidstone, UK)로 여과한 후 감압 농축기 (CCA-1110; EYELA, Tokyo, Japan)를 사용하여 농축하여 에탄올 추출물을 얻었다.

**전자공여능 측정** - 전자공여능은 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH)을 사용하여 측정하였다.<sup>19)</sup> 즉, 5, 10, 100, 1000, 2000 µg/µL의 농도로 준비한 추출물 0.1 mL에 0.02 M DPPH 용액 0.1 mL을 잘 혼합하여 30분간 실온에 방치한 후 multiplate spectrophotometer (ELx800TM, BioTek, USA)로 515 nm 흡광도를 측정하여 IC<sub>50</sub> 값으로 나타내었다.

전자공여능 (%) = (1 - 시료첨가군의 흡광도/무첨가군의 흡광도) × 100

**Hydroxyl radical (·OH) 소거능 측정** - ·OH 소거능 측정은 Fenton 반응으로 생성된 ·OH에 의해 핵산의 구성당인 deoxyribose가 분해되는 정도를 TBA 발색법을 이용하여 측정한다. 시험관에 각 부위별 추출물 0.2 mL에 10 mM FeSO<sub>4</sub>/EDTA 용액 0.2 mL, 10 mM 2-deoxyribose 0.2 mL, 0.1 M phosphate buffer (pH 7.4) 1 mL를 잘 혼합한 후, 10 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 0.2 mL를 가하고 37°C에서 4 시간 반응시킨 후 2.8% TCA (trichloroacetic acid)용액 1 mL과 1.0% TBA (thiobaburic acid)를 첨가하여 100°C에서 10분간 가열한 후 급속 냉각시켜 532 nm에서 UV/VIS 분광도계 (Optizen 2120UV, Mecasys, Korea)로 흡광도를 측정하였다.

**총 페놀성 화합물의 함량** - 총페놀성 함량은 페놀성 물질이 phosphomolybdic acid와 반응하여 청색으로 발색되는 것을 이용한 Folin-Denis방법에 따라 분석하였다.<sup>20,21)</sup> 각각의 시료 1 mg/mL로 조제한 추출물 1 mL에 Folin-Denis 시액 2 mL을 가한 후, 35%의 탄산나트륨 (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) 용액을 2 mL을 넣은 다음 잘 혼합하여 실온에서 30 분간 반응 후, 분광도계 (ELx800TM, BioTek, USA)를 이용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 흡광도는 탄닌산 (tannic acid, Tan) 과 카테킨 (catechin, Cat)을 이용하여 작성된 표준곡선을 이용하여 검량선을 작성하여 총 페놀성 화합물의 함량을 계산하였다.

**총 플라보노이드 화합물 함량** - 1 mg/mL의 농도로 추출물을 제조하여, 20 mg/mL의 aluminum trichloride을 함유하는 100% 에탄올 용액을 잘 혼합하여 40분 동안 실온에서 반응시킨 후 UV/VIS 분광도계 (Optizen 2120UV, Mecasys, Korea)를 이용하여 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 총 플라보노이드 함량은 퀘르세틴 (quercetin, Que)과 루틴 (rutin, Rut)을 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 함량을 구하였다.<sup>21)</sup>

**환원력 측정** - 각각의 농도별로 조제한 시료 0.1 mL에 0.2 M 인산 완충액 (pH 6.8) 0.25 mL을 넣은 다음, 50°C에서 20 분간 반응 후, 0.25 mL의 10% trichloroacetic acid를 첨가하고 1000 rpm에서 10 분간의 원심분리를 통하여 얻어진 상등액에 0.1% FeCl<sub>3</sub> 0.05 mL을 넣어서 발색반응을 유도시킨 다음, multiplate spectrophotometer (ELx800TM, BioTek, USA)를 사용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다.

**α-Amylase 저해 활성** - 추출물 20 µL, 200 mM potassium phosphate buffer (KBP, pH 6.8) 40 µL와 혼합하여 37°C에서 10 분간 예비배양 한 후 2% 녹말을 250 µL 가하여 37°C에서 10 분간 반응시킨다. 반응액에 48 mM DNS (3,5-dinitrosalicylic acid 와 30% sodium potassium tartarate in 0.5 M NaOH) 발색시약 200 µL를 넣고 100°C에서 5 분간 끓여 발색을 시킨 후 충분히 냉각시킨다. 이 반응액에 10 배량의 증류수를 가하고 잘 교반한 후 540 nm에서 흡광도를 측정하고 저해율을 계산하였다.

**α-Glucosidase 저해 활성** - 각 연근별 추출물 50 µL를 0.3 U/mL α-glucosidase 효소액 50 µL, 200 mM KBP (pH 7.0) 50 µL와 혼합하여 37°C에서 15분간 예비배양 한 후 3 mM pNPG (p-nitrophenyl α-D-glucopyranoside) 100 µL를 가하여 37°C에서 10 분간 반응시켰다. 0.1 M Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 750 mL로 반응을 정지시키고 405 nm에서 흡광도를 측정하였다.

**통계분석** - 모든 실험은 3번 반복실험 한 후 평균값과 표준편차를 계산하여 제시하였다.

## 결과 및 고찰

**연도별 황기 추출물의 DPPH 라디칼 및 ·OH 소거 효과** - 각 연도별 (1년근, 3년근 그리고 6년근) 황기 에탄올 추출물의 추출 수율은 Table 1에 나타내었다. 각 연도별 추출물 수율을 비교해 보면 3년근 황기가 13.98%로 가장 추출 수율이 좋았으며, 그 다음으로 6년근 (12.37%), 1년근 (12.23%) 순이었다. 연도별 DPPH 라디칼 및 ·OH 소거능 측정 결과는 다음과 같다 (Table 1). DPPH 라디칼 소거능

**Table 1.** Antioxidant activity of ethanolic extracts from *A. membranaceus* roots by DPPH free radical and ·OH scavenging test

Samples	Yield (%)	IC <sub>50</sub> (µg/mL)	
		DPPH	·OH
1 year	12.23	1452.67	19.25
3 years	13.98	1095.61	13.14
6 years	12.37	749.25	10.58
α-Tocoherol*		7.59	10.25

\*α-Tocoherol is positive control.

**Table II.** Total phenolic and flavonoid content in ethanol extract from *A. membranaceus* roots

Samples	Phenolic contents		Flavonoid contents	
	Tan <sup>a</sup> µg/mg	Cat <sup>b</sup> µg/mg	Que <sup>c</sup> µg/mg	Rut <sup>d</sup> µg/mg
1 year	23.56±0.15	21.63±0.14	44.93±1.35	70.32±2.03
3 years	23.66±0.49	21.72±0.46	17.32±0.29	28.71±0.44
6 years	26.13±0.79	24.03±0.74	16.54±1.17	27.54±1.76

<sup>a</sup>Tannic acid (Tan) was used as a standard for measuring of the total phenolic content.

<sup>b</sup>Catechin (Cat) was used as a standard for measuring of the total phenolic content.

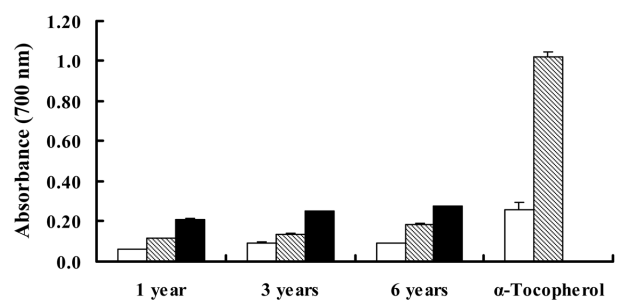
<sup>c</sup>Quercetin (Que) was used as a standard for measuring of the total flavonoid content.

<sup>d</sup>Rutin (Rut) was used as a standard for measuring of the total flavonoid content.

은 6년근 황기 에탄올 추출물이 IC<sub>50</sub> 값이 749.25 µg/mL로 가장 높게 나타났으며, 3년근이 1095.61 µg/mL, 그리고 1년근이 1452.67 µg/mL로 나타났다. ·OH에 대한 각 연근별 황기 에탄올 추출물의 소거능은 6년근일 때 IC<sub>50</sub> 값이 10.58 µg/mL로 가장 높게 나타났으며, 이는 항산화제로 알려진 α-tocopherol의 IC<sub>50</sub> 값인 10.25 µg/mL와 유사한 활성을 보였다.

**연근별 황기 에탄올 추출물의 총 페놀성 및 플라보노이드 화합물 함량** - 페놀성 물질은 2차 대사산물의 하나로 식물체에 널리 분포되어 있으며 다양한 구조와 분자량을 가진다. 이들은 phenolic hydroxyl기를 가지므로 단백질 및 거대분자들과 쉽게 결합하며, 항당뇨 및 항산화 활성과 같은 다양한 생리활성을 나타내는 것으로 알려져 있다.<sup>22,23)</sup> 따라서 본 실험에서는 황기의 항산화 및 항당뇨 활성을 알아보기 위하여 각 연근별 황기 에탄올 추출물의 총페놀성 함량 및 총 플라보노이드 화합물 함량을 측정하였으며 그 결과를 Table 2에 나타내었다. 각 연근별 황기 추출물의 총 페놀성 화합물의 함량은 6년근이 탄닌 26.13±0.79 µg/mg, 카테킨 24.03±0.74 µg/mg으로 다른 1년근과 3년근에 비해 함량이 높았다. 그러나 총플라보노이드 화합물의 함량은 1년근이 퀘르세틴 44.93±1.35 µg/mg, 루틴 70.32±2.03 µg/mg으로 3년근과 6년근에 비해 함량이 가장 높았다. 총페놀 함량의 측정물질로 이용된 카테킨과 탄닌의 경우 OH 그룹을 많이 가지고 있는데, 이 OH 관능기는 라디칼을 소거 시키며, 그 결과로 DPPH 혹은 ·OH 소거활성이 뛰어나다.<sup>24,25)</sup> 이와 같은 결과를 토대로 6년근 황기가 항산화 활성이 뛰어난 활성을 확인할 수 있었다.

**연근별 황기 에탄올 추출물의 환원력 평가** - 환원력은 흡광도 수치로써 발색정도가 높을수록 높은 환원력을 나타내며, 환원력은 항산화 활성과 밀접한 관련이 있는 것으로 보고되었다.<sup>26)</sup> 각 연근별 황기 에탄올 추출물 100 µg/mL, 500 µg/mL, 1000 µg/mL에 대한 환원력 측정 결과는 Fig. 1과 같다. DPPH, ·OH 및 총페놀 화합물 함량과 같이 6년근에서 가장 뛰어난 환원력을 보였다.



**Fig. 1.** Reducing power of ethanol extracts from *A. membranaceus* roots. α-Tocopherol was used as a positive control (□: 100 µg/mL, ▨: 500 µg/mL, ■: 1000 µg/mL).

**연근별 황기 추출물의 α-amylase 저해 활성 및 α-glucosidase 저해 활성** - 당뇨병은 암 및 순환기 질환과 더불어 3대 질병의 하나로 주목되고 있다. α-amylase는 탄수화물이 가수분해에 가장 먼저 작용하는 소화효소로 크게 타액의 α-amylase와 췌장 기원의 α-amylase로 나뉘게 된다. 탄수화물의 소화에서 중요한 효소인 α-amylase의 저해제 개발을 통한 탄수화물의 소화속도를 낮추어 식후 혈당 상승을 억제할 수 있다. 그리하여 각 연근별 황기 에탄올 추출물을 이용하여 pancreatin α-amylase에 대한 저해 활성을 검토한 결과 6년근 황기 1000 µg/mL의 농도에서 33.33±0.55%, 500 µg/mL의 농도에서 24.59±1.09%, 100 µg/mL의 농도에서 13.30±2.60% 저해 활성을 보여 다른 연근별 황기에 비해 뛰어난 활성을 보였다.

α-Glucosidase는 소장의 brush-border membrane에 존재하는 소화효소이다. 이들은 이당류나 다당류를 탄수화물이 소화 흡수되기 위한 상태인 단당류로 가수분해하는 역할을 한다. α-Glucosidase 저해제는 탄수화물 식이 후 혈당 상승을 억제할 수 있다. 그러므로 각 연근별 황기 추출물을 이용하여 α-glucosidase에 대한 저해 활성을 검토한 결과 6년근 황기 1000 µg/mL의 농도에서 49.71±1.01%, 500 µg/mL의 농도에서 14.62±2.68%, 100 µg/mL의 농도에서 7.60±5.64%

**Table III.**  $\alpha$ -Amylase and  $\alpha$ -glucosidase inhibition activities of ethanolic extracts from *A. membranaceus* roots

Samples	Con. ( $\mu\text{g/mL}$ )	Inhibition (%) <sup>a</sup>	
		$\alpha$ -Amylase	$\alpha$ -Glucosidase
1 year	100	13.11 $\pm$ 0.55	7.02 $\pm$ 7.65
	500	18.03 $\pm$ 0.95	22.22 $\pm$ 5.36
	1000	29.33 $\pm$ 0.83	38.60 $\pm$ 6.08
3 years	100	9.47 $\pm$ 1.67	2.34 $\pm$ 1.01
	500	15.48 $\pm$ 0.83	41.52 $\pm$ 1.01
	1000	23.13 $\pm$ 0.83	7.60 $\pm$ 2.68
6 years	100	13.30 $\pm$ 24.60	7.60 $\pm$ 5.64
	500	24.59 $\pm$ 1.09	14.62 $\pm$ 2.68
	1000	33.33 $\pm$ 0.55	49.71 $\pm$ 1.01
Acarbose <sup>b</sup>	0.01	35.34 $\pm$ 0.32	55.56 $\pm$ 7.09

<sup>a</sup>Each value represents the mean $\pm$ S.D. (n=3).

<sup>b</sup>Acarbose is positive control.

저해 활성을 보여 다른 연근별 황기에 비해 뛰어난 활성을 보였다. 따라서 6년근 황기가 다른 연근의 황기에 비해 뛰어난 항당뇨 활성을 보이는 것으로 평가 되었다. Koo<sup>27)</sup> 등의 연구에 따르면, 혈당강화 실험에 있어 상엽이나 누에에서 추출한 활성물질의 혈당 강하작용은 인슐린의 분비 자극에 의한 것이 아니라 소장의 용모막에서 다당류가 단당류로 분해되는 과정에 관여하는 효소인  $\alpha$ -glucosidase에 경쟁적으로 결합하여 효소 활성을 억제함으로써 장내에서 당질의 소화와 흡수를 지연시켜 식후 급격한 혈당의 상승과 이에 따른 불필요한 인슐린의 분비를 억제해 주는 기전에 의한 것이라고 하였다. 따라서 본 실험의 결과를 토대로 보았을 때 6년근 황기 추출물이  $\alpha$ -glucosidase에 경쟁적으로 결합하여 효소 활성을 억제함으로써 항당뇨 활성을 나타내며, 이와 같은 결과로 인해 혈당강화 효과가 있음을 제시하는 바이다.

## 결 론

연근별 황기 (1년근, 3년근, 6년근) 에탄올 추출물을 대상으로 항산화 및 항당뇨 활성을 측정하였다. 항산화 활성에 있어 DPPH 라디칼 및  $\cdot\text{OH}$ 에 대한 각 연근별 황기 에탄올 추출물의 소거능은 6년근일 때 각각  $\text{IC}_{50}$  값이 749.25  $\mu\text{g/mL}$ , 10.55  $\mu\text{g/mL}$ 로 가장 높게 나타났다. 또한 총 페놀성 화합물의 함량과 환원력 평가에 있어서도 6년근이 가장 높았으나, 총플라보노이드 화합물의 함량은 1년근일 때 케르세틴 44.93 $\pm$ 1.35  $\mu\text{g/mg}$ , 루틴 70.32 $\pm$ 2.03  $\mu\text{g/mg}$ 으로 3년근과 6년근에 비해 함량이 가장 높았다. 항당뇨 활성을 평가하는  $\alpha$ -amylase 저해 활성 및  $\alpha$ -glucosidase 저해 활성에 있어서

도 6년근 황기 에탄올 추출물이 가장 뛰어난 활성을 보였다. 이로서 황기는 오래 숙성될수록 항산화 및 항당뇨 활성이 뛰어나다는 것을 확인하였으며, 이를 통해 기능성 식품 및 의약품 소재로 개발할 수 있는 연구가 계속되어야 할 것이다.

## 인용문헌

1. Evance, C. R., Halliwell, B. and Lunt, G. G. (1995) Free radical and oxidative stress: environment, drugs and food additives. *Portland Press, London, England*.
2. Sozmen, E. Y., Tanyakin, T., Onat, T., Kufay, F. and Frlacin, S. (1994) Ethanol-induced oxidative stress and membrane injury in rat erythrocytes. *Eur. J. Clin. Chem. Clin. Biochem.* **32**: 741-744.
3. Kim, H. K., Kwon, Y. J., Kim, Y. E. and Nahmang, B. (2004) Changes of total polyphenol content and antioxidant activity of *Aster scaber* Thumb extracts with different microwave assisted extraction conditions. *Korea J. Food Preserv.* **11**: 88-93.
4. Kim, T. K., Shin, H. D. and Lee, Y. H. (2003) Stabilization of polyphenolic antioxidants using inclusion complexation with cyclodextrin and their utilization as the fresh-food preservation. *Korean J. Food Sci. Technol.* **35**: 266-271.
5. Cha, B. C. and Lee, E. H. (2007) Antioxidant activities of flavonoids from the leaves of *Smilax china* Linne. *Kor. J. Pharmacogn.* **38**: 31-36.
6. Lee, Y. M., Shin, H. D., Lee, J. J. and Lee, M. Y. (2007) Antioxidative effect of *Chaenomelis fructus* ethanol extract. *Korea J. Food Preserv.* **14**: 177-182.
7. Park, Y., Boo, H. O., Park, Y. L., Cho, D. H. and Lee, H. H. (2007) Antioxidant activity of *Momordica charantia* L. extracts. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* **15**: 56-61.
8. Yang, H. J. and Park, S. N. (2007) Evaluation of antioxidant potential of extract/fractions of *Equisetum arvense* (L). *Korea J. Soc. Cosmet. Chem.* **33**: 61-67.
9. Seo, H. S., Chung, B. H. and Cho, Y. G. (2008) Antioxidant and anticancer effects of Agrimony (*Agrimonia pilosa* L.) and Chinese lizardtail (*Saururus chinensis* Baill). *Korean J. Medicinal Crop Sci.* **16**: 139-143.
10. Lim, A. K., Kim, J. O., Jung, M. J., Jung, H. K., Hong, J. H. and Kim, D. I. (2008) Functional biological activity of hot water and ethanol extracts from *Taraxaci herba*. *J. Food Sci. Nutr.* **37**: 1231-1237.
11. Kim, J. S. and Kim, C. S. (1997) A study on the constituents from the roots of *Astragalus membranaceus* (L). *Kor. J. Pharmacogn.* **28**: 75-79.
12. Min, S. H. and Lee, B. R. (2008) Effect of *Astragalus membranaceus* powder on yeast bread baking quality. *Korean J. Food Culture* **23**: 228-234.
13. 대한한의학회 (2005) 본초학. 연립사.

서울.

14. Cui, B., Inoue, J., Takeshita, T., Kinjo, J. and Nohara, T. (1992) Triterpene glycoside from the seeds of *Astragalus sinicus* L. *Chem. Pharm. Bull.* **40**: 3330-3333.
15. Kitagawa, I., Wang, H. K., Saito, M., Takagi, A. and Yoshikawa, H. (1983) Astragalosides I, II and IV, acetyastragaloside I and isoastragalosides I and II. *Chem. Pharm. Bull.* **31**: 698-708.
16. Ionkova, I. and Alfermann, W. (1990) Transformation of *Astragalus* species by *Agrobacterium rhizogenes* and their saponin production. *Planta Med.* **56**: 634-635.
17. Li, C. Y. and Rhee, H. I. (2004) Antioxidant activity of *Astragalus membranaceus* extract. *J. Agric. Sci.* **15**: 103-110.
18. Baek, N. I., Kim, Y. S., Kyung, J. S. and Park, K. H. (1996) Isolation of anti-hepatotoxic agent from the root of *Astragalus membranaceus*. *Kor. J. Pharmacogn.* **27**: 111-116.
19. Blois, M. S. (1958) Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* **181**: 1199-1200.
20. Birt, D. F., Hendrich, S. and Wang, W. Q. (2001) Dietary agents in cancer prevention: flavonoids and isoflavonoids. *Pharmacol. Ther.* **90**: 157-177.
21. Lin, J. Y. and Tang, C. Y. (2007) Determination of total phenolic and flavonoid contents in selected fruits and vegetables, as well as their stimulatory effects on mouse splenocyte proliferation. *Food Chem.* **101**: 140-147.
22. Choi, S. Y., Lim, S. H., Kim, J. S., Ha, T. Y., Kim, S. R., Kang, K. S. and Hwang, I. K. (2005) Evaluation of the estrogenic and antioxidant activity of some edible and medicinal plants. *Korean J. Food Sci. Technol.* **37**: 549-556.
23. Lee, J. H. and Lee, S. R. (1994) Analysis of phenolic substances content in Korean plant food. *Chem. Pharm. Bull.* **26**: 310-316.
24. Jung, M. J., Heo, S. I. and Wang, M. H. (2008) Free radical scavenging and total phenolic contents from methanolic extracts of *Ulmus davidiana*. *Food Chem.* **108**: 482-487.
25. Pietta, P. G. (2000) Flavonoids as antioxidants. *J. Nat. Prod.* **63**: 1035-1042.
26. Shiddhuraju, P., Monhan, P. S. and Becker, K. (2002) Studies on the antioxidant activity of Indian laburnum (*Cassia fistula* L.): a preliminary assessment of crude extracts from stem bark, leaves, flowers and fruit pulp. *Food Chem.* **79**: 61-67.
27. Kim, M. S., Choue, R. W., Chung, S. H. and Koo, S. J. (1998) Blood glucose lowering effects of Mulberry leaves and Silkworm extracts on mice fed with high-carbohydrate diet. *Kor. J. Nut.* **31**: 117-125.

(2008년 12월 19일 접수)