

## 도라지 잎과 줄기의 화학성분 및 항산화활성

정창호 · 심기환<sup>†</sup>

경상대학교 대학원 응용생명과학부 · 농업생명과학연구원

### Chemical Composition and Antioxidative Activities of *Platycodon grandiflorum* Leaves and Stems

Chang Ho Jeong and Ki Hwan Shim<sup>†</sup>

Division of Applied Life Sciences, Graduate School, Institute of Agricultural  
& Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

#### Abstract

The chemical composition and antioxidative activities of *Platycodon grandiflorum* leaves and stems was investigated in order to evaluate the potential as functional food material. The moisture contents of leaves and stems were 84.31% and 75.91%, respectively. The Ca content was the highest in leaves (351.49 mg%) and stems (217.56 mg%). The major free sugar of leaves was glucose (1,729.87 mg%). However major free sugar of stems was fructose (734.91 mg%). Glutamic acid (242.91 mg%) and arginine (228.60 mg%) in leaves were major amino acids, lysine (110.08 mg%) and glutamic acid (80.40 mg%) in stems were major amino acids. Oleic acid and linoleic acid were major fatty acids in crude fat of both leaves and stems. DPPH free radical scavenging activities of fractions from leaves and stems were rising with increasing amount of fractions. Like antioxidant activity, the reducing power of fractions from leaves and stems was also dependent on concentration while butanol fraction of stems showed the highest reducing power.

**Key words:** *Platycodon grandiflorum*, minerals, amino acid, DPPH free radical scavenging activity, reducing power

#### 서 론

도라지(*Platycodon grandiflorum* A. DC)는 한국, 일본 및 중국의 산간지방에서 널리 자생하며, 식용으로 이용되고 있는 산채식물이다(1). 주성분으로는 triterpenoid계 saponin과 당질, 섬유질을 함유하고 있어 한방에서는 배농, 거담, 기관지염 및 천식 등의 호흡기계 질환에 사용되어온 생약재로서 방약합편에 49건, 동의보감에 287건의 처방에 빈용되는 식물로서 약용보다는 식용으로 더 많이 이용되어 왔다(2). 최근 도라지의 여러 가지 약리효과를 검증한 결과로 도라지의 소비량이 증가하면서 재배면적이 확대되고 있으며, 특히 도라지를 20년 이상 장기 재배하는 방법이 개발됨에 따라 20년 근 이상의 도라지 즉, 다년생 도라지에 대한 각종 연구들이 활발히 진행되고 있다.

도라지에 대한 연구로 Chung 등(3)과 Hwang 등(4)은 장생도라지와 일반 도라지와외의 각종 영양성분을 분석한 결과 장생도라지에서 무기물, 다가 불포화지방산인 linoleic acid 및 필수아미노산의 함량이 매우 높은 것으로 보고하였으며, Shon 등(5,6)은 장생도라지 추출물의 돌연변이 억제효과를 연구한 결과 장생도라지의 약리성분이 대사활성과정의 돌

연변이 억제효과 및 장생도라지 4년근과 24년근의 일반성분, 총식이섬유, 조사포닌, 무기물 함량의 비교 및 전자공여능과 아질산염 소거효과와 같은 생리활성에 대하여 연구하였다. 또한 Kim 등(7)은 장생도라지의 열수 및 메탄올 추출물에서 세포독성은 거의 없었고, 암세포 접착저해 및 면역관련실험에서 약리활성이 매우 높았으며, Choi 등(8)은 간세포에서 *t*-butyl hydroperoxide에 의해 유발된 산화적 스트레스에 대한 열수 추출물의 보호효과에 대하여 연구한 결과 외부의 해로운 물질에 의해 발생하는 free radical을 제거함으로써 인체에서 해독작용을 담당하는 조직인 간의 보호효과가 크다고 보고하였고, 그 외에도 항콜린작용, 혈당강화작용 및 콜레스테롤 대사 개선작용 등이 있는 것으로 밝혀져 있다(9-11). 그러나 도라지 뿌리의 생산과정에서 부산물로 나오는 잎과 줄기는 거의 폐기되고 버려지고 있는 실정므로 이에 대한 체계적인 연구는 매우 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 도라지의 잎이나 줄기에서도 도라지 뿌리에 함유되어 있는 saponin과 같은 생리활성 성분들이 많이 존재할 것으로 추측되고, 도라지 뿌리를 채취하고 난 부산물을 이용하여 건강기능성 식품을 제조하기 위한 기초자료로 활용하기 위하여 도라지 잎과 줄기의 영양성분 및

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail: khshim@nongae.gsnu.ac.kr  
Phone: 82-55-751-5479. Fax: 82-55-753-4630

항산화활성을 조사하였다.

### 재료 및 방법

#### 시료 및 추출물의 조제

도라지 잎과 줄기는 2004년 6월 경남 하동에서 재배하고 있는 것을 채취한 것으로 냉동보관하면서 실험에 사용하였으며, 항산화 실험을 위한 추출물의 조제는 음건·세절한 잎과 줄기 각 1 kg을 상온에서 1주일동안 메탄올(8 L)에 침지하였다. 침지한 추출액을 회전진공농축기(EYELA, N-N series, Japan)로 감압 농축한 다음 증류수에 용해시켜 클로로포름 및 부탄올로 극성에 따라 순차적으로 용매분획을 실시하여 그 분획물을 이용하여 실험에 사용하였다.

#### 일반성분 분석

수분은 105°C 건조 후 함량을 측정하여 산출하였고, 조단백질은 Auto-Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet 추출법으로 측정하였으며, 조섬유는 1.25% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 및 NaOH 분해법, 조회분은 550°C 직접회화법으로 측정하였고, 그 외 나머지 성분들은 가용성 무질소물로 나타내었다(12).

#### 무기성분 분석

도라지 잎과 줄기에 함유된 무기성분을 분석하기 위하여 각 시료 100 mg에 분해용액(HClO<sub>4</sub>:H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>=9:2:5) 25 mL를 가하여 열판(hot plate)에서 무색, 투명하게 변할 때까지 분해한 후 100 mL로 정용하여 여과(Whatman No. 2)한 후 Inductively coupled plasma spectrometer(Thermo Jarrel Ash Atom Scan 25, USA)로 분석하였다.

#### 유리당 분석

유리당 분석은 Choi 등의 방법(13)으로 유리당 획분을 얻은 다음 0.45 µm syringe filter로 여과한 후 Sep-pak C<sub>18</sub>로 색소 및 단백질 성분을 제거한 다음 HPLC(Water 486, USA)로 분석하였다.

#### 아미노산 분석

아미노산 분석은 시료를 일정량 취하여 6 N HCl 용액 2 mL를 가하고 진공밀봉하여 heating block(110±1°C)에서 24시간동안 가수분해시킨 후 glass filter로 여과한 여액을 회전진공농축기(EYELA, N-N series, Japan)를 이용하여 HCl을 제거하고 증류수로 3회 세척한 다음 감압농축하여 sodium citrate buffer(pH 2.2) 2 mL로 용해한 후 0.22 µm syringe filter로 여과한 여액을 아미노산 자동분석기(Pharmacia, Biochrom 20)를 이용하여 분석하였다.

#### 지방산조성 분석

도라지 잎과 줄기 2 g을 원통여지(Whatman Cat No. 2800260)에 넣고, diethyl ether를 가하여 Soxhlet추출법으로 약 10시간 정도 연속 추출하여 조지방을 얻고 이를 Metcalf 등의 방법(14)에 준하여 지방산 methyl ester를 조제한 후 GLC(5890 Series II, Hewlett Packard, USA)로 분석하였다.

#### DPPH radical 소거활성

용매별로 분획하여 획득한 도라지 잎과 줄기 분획물의 DPPH radical 소거활성은 Blois 방법(15)에 따라 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl(DPPH)의 환원성을 이용하여 516 nm에서 UV/Vis-spectrophotometer(Shimadzu UV-1601, Japan)로 측정하였다.

#### 환원력

도라지 잎과 줄기 분획물의 환원력은 Oyaizu의 방법(16)에 따라 측정하였다. 농도를 각각 달리하여(0, 31.2, 62.5, 125, 250, 500 µg/mL) 첨가한 분획물에 sodium phosphate buffer(2.5 mL, 200 mm, pH 6.6)와 potassium ferricyanide(2.5 mL, Sigma)를 혼합시켰다. 그리고 혼합물을 50°C에서 20분 동안 incubation시킨 후 trichloroacetic acid(2.5 mL, 10%, w/v)를 첨가시킨 후 10분 동안 650×g로 원심분리시켜 상정액(5 mL)에 탈이온수(5 mL)와 1% ferric chloride(1 mL, Sigma)를 첨가시켰고, UV/Vis-spectrophotometer(Shimadzu UV-1601, Japan)를 사용하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다.

### 결과 및 고찰

#### 일반성분 함량

도라지 잎과 줄기의 일반성분을 분석한 결과는 Table 1에서 보는 바와 같이 잎에서는 수분 84.31%, 가용성 무질소물 5.75% 및 조단백질 5.38% 순이었으며, 줄기의 경우 수분 75.91%, 조섬유 12.45% 및 가용성 무질소물 3.63% 순이었다. Shon 등(6)은 도라지 4년근과 24년근의 일반성분을 분석한 결과 수분은 4년근과 24년근에서 각각 83.2%와 82.7%, 총당 11.2%와 10.4% 및 조섬유가 2.0%와 2.7% 순으로 나타나 도라지의 생육기간이 길어짐에 따라 부분적으로 섬유화되는 경향이있었다고 보고하였다. 또한 Lee와 Lee(17)는 도라지의 부위별 일반성분을 분석한 결과 잎과 줄기의 수분은 각각 88.8%와 89.5%, 당 4.5%와 3.0%, 조단백질 3.2%와 2.2%이었다고 보고하여 본 실험의 결과와 유사한 경향이였다.

Table 1. Proximate composition in *Platycodon grandiflorum* leaves and stems

(Unit: %)

Sample	Moisture	Crude protein	Crude fat	Nitrogen free extract	Crude fiber	Ash
Leaves	84.31	5.38	2.31	5.75	1.38	0.87
Stems	75.91	3.24	2.05	3.63	12.45	2.72

**Table 2. Contents of minerals in *Platycodon grandiflorum* leaves and stems** (Unit: mg%)

Minerals	Leaves	Stems
Na	24.97	23.74
Mg	46.80	19.45
Ca	351.49	217.56
K	235.52	112.68
Mn	1.03	0.25
Fe	5.66	3.75
Zn	0.83	0.73
B	34.08	33.19
P	51.17	50.41

**무기성분 함량**

도라지 잎과 줄기의 무기성분 함량을 ICP로 분석한 결과는 Table 2와 같다. 잎에 함유되어 있는 무기성분 중 Ca이 351.49 mg%로 가장 높게 나타났고, K(235.52 mg%), P(51.17 mg%) 및 Mg(46.80 mg%) 순으로 함유되어 있었으며, 줄기에서도 Ca이 217.56 mg%로 가장 많이 함유되어 있었고, 다음으로 K(112.68 mg%), P(50.41 mg%) 및 B(33.19 mg%) 순으로 도라지 잎과 줄기에 함유되어 있는 주요 무기성분은 유사하였다. Lee와 Lee(17)는 도라지의 부위별 무기성분 함량을 측정된 결과 도라지 잎과 줄기의 무기성분으로는 Ca과 K으로 보고하였으며, 그 함량은 잎에서 각각 350 mg%와 328 mg%, 줄기에서는 131 mg%와 262 mg%이었다고 보고하였다.

**유리당 함량**

도라지 잎과 줄기의 유리당 함량을 HPLC로 분석한 결과는 Table 3과 같다. 도라지 잎과 줄기의 유리당 함량을 분석한 결과 총 3종의 유리당이 분리, 동정되었으며, 주요 유리당 으로서는 sucrose, glucose 및 fructose였고, 잎에서는 glucose가 1,729 mg%, sucrose가 376 mg%, fructose가 113 mg% 순으로 함유되어 있었다. 또한 줄기에서는 fructose가 734 mg%, sucrose가 702 mg%, glucose가 191 mg% 순으로 함유되어 있었다.

**아미노산 함량**

도라지 잎과 줄기의 아미노산 함량을 아미노산 자동분석기로 분석한 결과는 Table 4와 같다. 총 아미노산에 대한 필수아미노산 함량 비교에서 잎의 경우 1,114.68 mg%, 줄기에서는 271.60 mg%로 필수아미노산 함량 차이가 많았다. 또한 잎에 가장 많이 함유되어 있는 아미노산은 glutamic acid(242.91 mg%)이었으며, 다음으로 arginine(228.60 mg%),

**Table 3. Contents of free sugar in *Platycodon grandiflorum* leaves and stems** (Unit: mg%)

Sample	Sucrose	Glucose	Fructose	Maltose	Galactose
Leaves	376	1,729	113	- <sup>1)</sup>	-
Stems	702	191	734	-	-

<sup>1)</sup>Not detected.**Table 4. Contents of amino acid in *Platycodon grandiflorum* leaves and stems** (Unit: mg%)

Amino acids	Leaves	Stems
Aspartic acid	173.99	55.03
Threonine	126.74	24.42
Serine	114.81	30.08
Glutamic acid	242.91	80.40
Proline	201.71	46.91
Glycine	125.47	29.87
Alanine	150.56	2.60
Cystine	35.38	29.64
Valine	123.74	4.14
Methionine	58.79	26.29
Isoleucine	140.32	44.09
Leucine	207.78	11.48
Tyrosine	121.12	33.65
Phenylalanine	160.42	11.74
Histidine	86.69	39.36
Lysine	210.20	110.08
Arginine	228.60	24.14
Total A.A	2,509.23	603.92
Total E.A.A <sup>1)</sup>	1,114.68	271.60

<sup>1)</sup>Essential amino acids (Thr + Val + Met + Ile + Leu + Phe + His + Lys).

lysine(210.20 mg%) 순으로 함유되어 있었다. 줄기에 가장 많이 함유되어 있는 아미노산은 lysine(110.08 mg%)이었으며, 다음으로 glutamic acid(80.40 mg%), aspartic acid(55.03 mg%) 순으로 함유되어 있었고, alanine(2.60 mg%)이 가장 함량이 적었다. Chung 등(3)은 3년근 도라지와 24년근 도라지의 아미노산을 분석한 결과 3년근 도라지가 24년근 도라지보다 총 아미노산 함량이 515.8 mg%나 많은 것으로 보고하였으며, 3년근 도라지의 주요 아미노산은 glutamic acid, arginine 및 asparagine이었고, 24년근 도라지는 arginine, asparagine 및 alanine 순이었다고 보고하였다. 또한 Hwang 등(4)은 도라지의 아미노산 조성 및 함량을 분석한 결과 glutamic acid(1,553.0 mg%), aspartic acid(417.3 mg%) 및 valine(206.6 mg%) 순으로 보고하였다.

**지방산 조성**

도라지 잎과 줄기의 지방산 조성을 GC로 분석한 결과는 Table 5와 같다. 잎의 경우 포화지방산이 50.52%, 불포화지방산은 49.48%였으며, 줄기에서는 포화지방산이 전체 지방산의 42.13%, 불포화지방산은 57.87%로 잎보다 줄기에서 불

**Table 5. Composition of fatty acids in *Platycodon grandiflorum* leaves and stems** (Unit: Peak area%)

Fatty acids	Leaves	Stems
Lauric acid	7.66	6.10
Myristic acid	13.31	16.83
Palmitic acid	17.58	12.21
Stearic acid	4.97	3.58
Oleic acid	18.64	19.30
Linoleic acid	30.84	38.57
Arachidic acid	7.00	3.41

포화지방산의 함량이 많았다. 또한 잎에 함유되어 있는 주요 지방산은 linoleic acid로 전체 지방산 중 30.84%로 가장 많았고, 다음은 oleic acid가 18.64%이었으며, 줄기에 함유되어 있는 주요 지방산 역시 linoleic acid가 38.57%로 높았다. Chung 등(3)은 도라지의 지방산 조성을 분석한 결과 3년근과 24년근 모두 포화지방산의 경우에는 palmitic acid가 각각 21.0%와 17.4%로 높았으며, 불포화지방산의 경우에는 linoleic acid가 각각 39.1%와 48.7%로 높았다고 보고하여 부위에 상관없이 도라지의 주요 지방산은 linoleic acid인 것을 알 수 있었다.

DPPH radical 소거활성

DPPH 시약을 이용하여 도라지 잎과 줄기의 용매 분획물을 이용하여 항산화효과를 측정된 결과는 Fig. 1과 같다. 잎과 줄기 모두 용매 분획물의 농도가 증가함에 따라 DPPH radical 소거활성이 증가하는 경향이었으며, 또한 잎과 줄기

의 부탄올 분획물에서 높은 DPPH radical 소거활성이 있었고, 특히 줄기의 부탄올 분획물에서 가장 높은 DPPH radical 소거활성을 나타낸 반면 클로로포름 분획물에서는 활성이 낮았다. Shon 등(5)은 장생 도라지의 연근별로 추출용매를 달리하여 제조한 추출물을 농도별로 첨가한 후 전자공여 작용을 측정된 결과 24년근 도라지 추출물이 4년근에 비하여 약 2배정도의 높은 전자공여 작용을 보였으며, 추출용매별로는 에탄올 추출물에서 전자공여 작용이 높았다. 또한 추출물의 농도가 증가함에 따라 전자공여 작용도 증가한다고 보고하여 본 실험의 결과와 유사한 결과였다.

환원력

항산화반응과 같은 환원력은 reductions이 제공하는 수소 원자가 free radical 사슬을 분해함으로써 시작되며 흡광도 수치 자체가 시료의 환원력을 나타내고, 높은 환원력을 가지는 물질일수록 흡광도 값이 높다(18). 도라지 잎과 줄기의

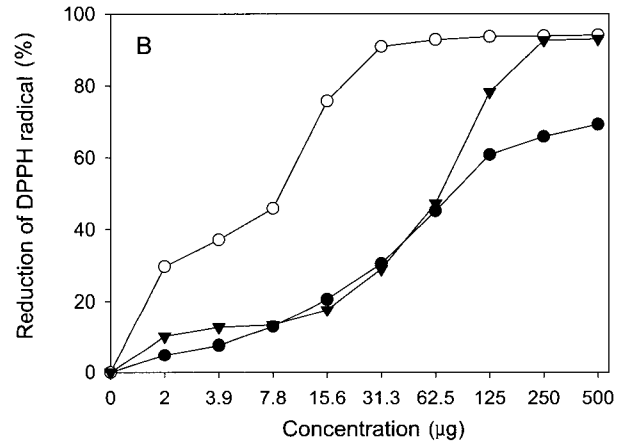
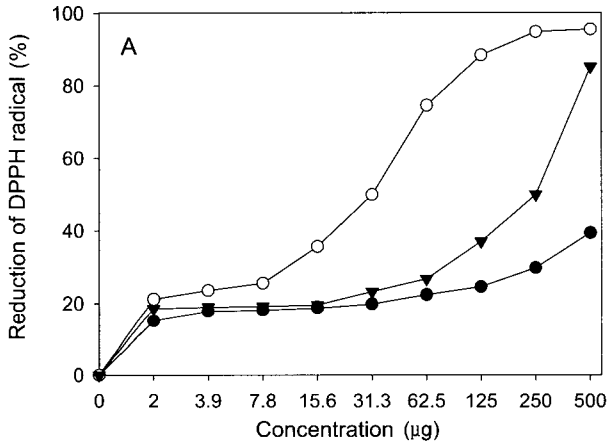


Fig. 1. DPPH radical scavenging activities of various solvent fractions of methanol extracts from *Platycodon grandiflorum* leaves (A) and stems (B).  
 ●: Chloroform fr., ○: Butanol fr., ▼: Water fr.

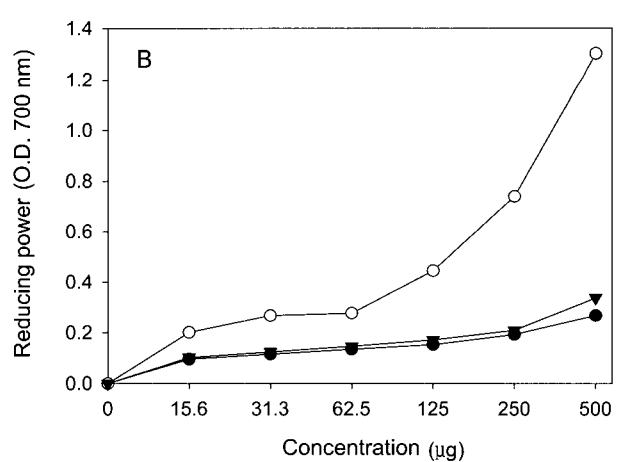
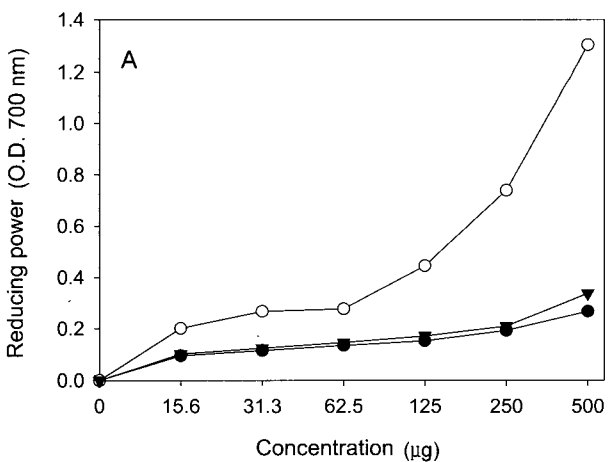


Fig. 2. Reducing power of various solvent fractions of methanol extracts from *Platycodon grandiflorum* leaves (A) and stems (B).  
 ●: Chloroform fr., ○: Butanol fr., ▼: Water fr.

용매 분획물을 이용하여 항산화효과를 측정하기 위한 다른 방법 즉, 환원력을 측정한 결과는 Fig. 2와 같다. 용매 분획물의 농도가 증가함에 따라 환원력이 증가하는 경향을 보여 DPPH radical 소거활성과 비슷한 결과였으며, 특히 부탄올 분획물의 환원력이 높았으며, 줄기의 부탄올 분획물 500 µg을 첨가하였을 때에는 2.25로 가장 높았다.

## 요 약

도라지 잎과 줄기를 기능성식품 재료로 이용하기 위한 기초자료를 제공하기 위하여 화학성분 및 항산화 활성을 조사하였다. 도라지 잎과 줄기의 수분함량은 각각 84.31%와 5.91%였으며, 도라지 잎과 줄기의 무기성분 중 Ca이 351.49 mg%와 217.56 mg%로 함량이 많았다. 도라지 잎의 주요 유리당은 glucose로 1,729.8 mg%가 함유되어 있었고, 줄기에서는 fructose가 734.87 mg%였다. 도라지 잎의 주요 아미노산으로는 glutamic acid(242.91 mg%)와 arginine(228.60 mg%)이었으며, 줄기에서는 lysine(110.08 mg%)과 glutamic acid(80.40 mg%)였고, 도라지 잎과 줄기의 주요 지방산은 oleic acid와 linoleic acid였다. 도라지 잎과 줄기의 용매 분획물을 이용하여 DPPH radical 소거활성을 측정한 결과 분획물의 농도가 증가함에 따라 DPPH radical 소거활성이 증가하였으며, 환원력도 농도의존적인 경향을 보였고, 특히 부탄올 분획물에서 환원력이 2.25로 가장 높았다.

## 문 헌

1. Lim KH. 1971. *A Medicinal Phytology (The details)*. Dong Myoung Sa, Seoul. p 281.
2. Lee SI. 1981. *Chinese pharmaceutics*. Soo Seo Won, Seoul. p 129.
3. Chung JH, Shin PG, Ryu JC, Jang DS, Cho SH. 1997. Chemical compositions of *Platycodon grandiflorum* (jacquin) A. De Candolle. *Agric Chem Biotechnol* 40: 148-151.
4. Hwang JB, Yang MO, Shin HK. 1998. Survey for amino acid of medicinal herbs. *Korean J Food Sci Technol* 30: 35-41.
5. Shon MY, Seo JK, Kim HJ, Sung NJ. 2001. Antimutagenic effect of extract of *Platycodon grandiflorum*. *Korean J Food Sci Technol* 33: 651-655.
6. Shon MY, Seo JK, Kim HJ, Sung NJ. 2001. Chemical compositions and physiological activities of Doraji (*Platycodon grandiflorum*). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 717-720.
7. Kim YS, Lee BE, Kim KJ, Lee YT, Cho KB, Chung YC. 1998. Antitumor and immunomodulatory of the *P. grandiflorum* cultivated for more than 20 years. *Yakhak Hoeji* 42: 382-387.
8. Choi CY, Lee KJ, Jeong HG. 2002. Effects of aqueous extract isolated from *Platycodon grandiflorum* against t-butyl hydroperoxide induced oxidative stress in rat primary hepatocytes. *Yakhak Hoeji* 46: 466-471.
9. Lee EB. 1974. Pharmacological studies of "*Platycodi Radix*". *Korean J Pharmacog* 5: 49-60.
10. Seo JK, Chung YC, Chun SS, Lee YY, Lee SJ, Shon MY, Sung NJ. 2004. Effect of physiologically active compounds isolated from *Platycodon grandiflorum* on streptozotocin-induced diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 981-986.
11. Kim KS, Osamu E, Shinji I, Hiroshige I. 1995. Effect of *Platycodon grandiflorum* feeding on serum and liver lipid concentrations in rats with diet-induced hyperlipidemia. *J Nutr Sci Vitaminol* 41: 485-491.
12. AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis*. 15th ed. Association of official analytical chemists, Washington DC.
13. Choi JH, Jang JG, Park KD, Park MH, Oh SK. 1981. High performance liquid chromatographic determination of free sugars in ginseng and its products. *Korean J Food Sci Technol* 13: 107-113.
14. Metcalf LD, Schmits AA, Pelka JR. 1966. Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. *Anal Chem* 38: 514-515.
15. Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
16. Oyaizu M. 1986. Studies on products of browning reactions: antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Jpn J Nutr* 44: 307-315.
17. Lee WH, Lee MJ. 1974. Study on the changes in Ca · Mg · K · Na and P contents of the *Platycodon graucum* Nakai by water immersion and boiling. *J Korean Soc Food Nutr* 3: 35-41.
18. Gordon MH. 1990. The mechanism of antioxidant action *in vitro*. In *Food antioxidant*. Hudson BJB, ed. Elsevier Applied Science, London/New York. p 1-18.

(2006년 2월 1일 접수; 2006년 4월 26일 채택)