

개똥쑥의 영양적 특성 및 생리활성

류지현¹ · 김라정¹ · 이수정¹ · 김인수¹ · 이현주² · 성낙주^{1*}

¹경상대학교 식품영양학과 · 농업생명과학연구원

²한국국제대학교 식품과학부

Nutritional Properties and Biological Activities of *Artemisia annua* L.

Ji-Hyun Ryu¹, Ra-Jeong Kim¹, Soo-Jung Lee¹, In-Soo Kim¹,
Hyun-Ju Lee², and Nak-Ju Sung^{1*}

¹Dept. of Food Science and Nutrition, Institute of Agriculture and Life Science,
Gyeongsang National University, Gyeongnam 660-701, Korea

²Division of Food Science, International University of Korea, Gyeongnam 663-759, Korea

Abstract

The nutritional properties and biological activities of leaves and stems of Gaeddongssuk (*Artemisia annua* L.) were investigated. Contents of moisture, crude lipid and crude protein were significantly higher in the leaves, and then ash, crude fiber and mineral were significantly higher in the stems. Contents of total phenols and flavonoids of leaves were about 2 fold higher than those of stems. Antioxidant activity was significantly increased in a dose-dependent manner; also, water and ethanol extracts of leaves were stronger than those of stems. Especially, DPPH radical scavenging activity, reducing power and tyrosinase inhibition activity were significantly higher in leaves extracts than stems extracts of Gaeddongssuk. But, α -glucosidase inhibition activity was higher in stem than its leaves extract. In MTT assay by human breast adenocarcinoma cell line MCF-7 and MDA-MB-231, ethanol extracts of leaves showed the highest anticancer activity; the rates of growth inhibition were 76.26% and 52.59% on MCF-7 and MDA-MB-231 cells, at the concentration of 250 μ g/mL, respectively. In conclusion, biological activities of extracts from Gaeddongssuk were dependent on the fiber, phenolic and flavonoid content.

Key words: Gaeddongssuk (*Artemisia annua* L.), antioxidant activity, tyrosinase, α -glucosidase, MTT assay

서 론

쑥은 국화과(Compositae) 쑥속(*Artemisia*)에 속하는 생명력과 번식력이 강한 다년생 초본으로 중국이나 한국 등 아시아 지역과 유럽 및 아메리카 지역의 임야에 널리 분포되어 있으며, 전 세계적으로 약 400여종이 분포되어 국내에서는 약 300여 종이 자생하고 있는 것으로 알려져 있다(1). 우리나라에서는 민간요법으로 전초를 말려 진정, 경련, 마비 및 전신강직 등의 치료와 복통, 토혈, 만성간염, 식욕부진 및 만성 위장염 등에 이용되어 왔으며(2), 생즙 또는 달인물은 땀, 입욕 및 찜질 등의 외용 또는 음용 및 구황식물로 이용되어 왔다(3,4). 최근에는 항암, 항산화, 항균 및 가축 사료로써 쑥의 이용가능성 등에 관하여 연구되어 있는데, 국내에서는 산쑥, 약쑥, 인진쑥, 참쑥에 관한 연구가 주류를 이루고 있다(2,5-10). 참쑥은 flavonoid 성분이 분리·동정되었으며, 이들 물질은 효소적 또는 비효소적으로 지질과산화물을 저해하며 비타민 E보다 높은 항산화 활성을 가지는 것으로

로 보고되어 있다(9). 인진쑥 에탄올 추출물은 여타 쑥에 비해 항산화 활성이 높으며(2), scoparone, capilartemisin A와 B, cirsimaritin, genkwanin 및 rhamnocitrin 등 4종의 flavonoids 성분이 동정된 바 있다(10). 약쑥의 용매별 생리활성을 분석한 보고에서 ethyl acetate 분획물이 타 분획물보다 항산화 활성이 높았는데, 이는 시료 중의 총 페놀 및 플라보노이드의 함량에 기인된 것으로 보고되어 있다(6).

개똥쑥(*Artemisia annua* L.)은 잔잎쑥, 개똥쑥으로도 불리며 길가나 빈터, 강가 등에서 잘 자란다. 높이가 약 1 m 정도에 이르고 6~8월에 녹색의 꽃이 피며 우리나라의 경기, 제주, 평북, 함남 지방이나 아시아 및 유럽 등지에 널리 분포되어 있다. 중국에서는 예로부터 말라리아 치료를 위한 약초로 사용되어 왔는데, sesquiterpene의 주성분인 artemisinin이 강력한 항말라리아 효능을 지니므로 현재 의약품으로도 이용되고 있다(11). 개똥쑥의 정유성분으로는 linalool, 1,8-cineol, p-cymene, thujone, camphor 등이 있는 것으로 알려져 있으나(12), 국내에서 개똥쑥에 관한 연구로는 전초

*Corresponding author. E-mail: snakju@gnu.ac.kr
Phone: 82-55-751-5975, Fax: 82-55-751-5971

의 총 페놀 화합물 함량에 기인하여 DPPH 라디칼 소거능 및 SOD 유사활성이 높았다는 보고(13)와 개똥쑥의 수용성 추출물이 항곰팡이 활성을 가진다는 보고(14)에 불과하다.

따라서 본 연구에서는 개똥쑥의 영양성분 및 생리활성에 관한 기초 연구로서 잎과 줄기로 구분한 후 각각 물 및 80% 에탄올로 추출하여 *in vitro*에서 항산화 활성, tyrosinase와 α -glucosidase 저해활성 및 암세포 증식억제 활성을 측정하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 개똥쑥(*Artemisia annua* L.)은 2009년 7월경 경상남도 하동군에서 자생하는 것을 채취하였으며, 이물질을 제거하고 그늘에서 15~20일간 자연건조한 후 잎과 줄기로 구분하여 실험에 사용하였다.

추출물의 조제

건조된 개똥쑥 잎과 줄기 시료 각 50 g에 20배의 증류수 및 80% 에탄올을 가하여 60°C 수욕상에서 12시간씩 2회 반복하여 추출한 후 회전식 진공증발 농축기로 완전 건조시켰다. 추출 수율은 추출 전 개똥쑥 시료에 대한 추출물의 완전 건조 후 중량 백분율로 계산하였으며, 각 추출물은 증류수를 가하여 일정농도로 조정된 후 생리활성 측정용 시료로 사용하였다.

영양성분 분석

개똥쑥 잎과 줄기의 수분 함량은 105°C 상압가열건조법, 회분은 550°C 직접회화법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 조단백질은 semi-micro Kjeldahl법, 조섬유는 AOAC법(15)으로 정량하였다. 무기물은 시료에 진한 황산과 질산을 각각 10 mL씩 가하여 분해시킨 다음 Inductively Coupled Plasma (ICP, Optima 3300 DV, Perkin-Elmer Co., Melville, NY, USA)로 분석하였다.

방향족 화합물 및 갈색도 측정

개똥쑥 추출물 중 방향족 화합물의 함량은 280 nm, 갈색도는 420 nm에서 분광광도계로 각각 측정하여 흡광도 값으로 나타내었다(16).

총 페놀 및 플라보노이드 함량 측정

총 페놀 함량은 Folin-Denis법(17)에 따라 시료 추출물 1 mL에 Folin-Ciocalteu 시약 및 10% Na_2CO_3 용액을 각각 1 mL씩 차례로 가하여 실온에서 1시간 반응시킨 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 플라보노이드는 Moreno 등(18)의 방법에 따라 추출물 1 mL에 10% aluminum nitrate 및 1 M potassium acetate 0.1 mL, ethanol 4.3 mL를 차례로 가하여 혼합하고 실온에서 40분간 반응시킨 다음 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. 개똥쑥 추출물의 총 페놀 및 플라보노이드 함량은 표준물질로 각각 caffeic acid 및 quercetin

(Sigma Co., St. Louis, MO, USA)을 이용한 검량선에 의해 계산하였다.

DPPH 라디칼 소거능 측정

1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH) 라디칼 소거능은 Blois(19)의 방법을 개량하여 DPPH에 대한 전자공여 활성으로 나타내었다. 즉, 일정농도의 시료 추출물과 DPPH 용액(5 mg/100 mL methanol)을 동량으로 혼합한 다음 실온에서 20분간 반응시킨 후 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능은 시료 첨가구와 무첨가구의 흡광도 비로 나타내었다.

환원력 측정

Fe^{++} 이온을 환원시키는 정도를 Oyaizu(20)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 시료 추출물, 200 mM의 phosphate 완충용액(pH 6.6) 및 1% potassium ferricyanide 용액을 동량씩 혼합하여 50°C의 수욕상에서 20분간 반응시킨 후 10% TCA 용액 1 mL를 가하여 반응을 정지시키고, 5,000 rpm에서 5분간 원심분리 하였다. 상정액을 1 mL 취하여 증류수 및 0.1% ferric chloride 용액을 동량으로 혼합한 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였다.

Tyrosinase 및 α -glucosidase 저해활성 측정

Tyrosinase 저해활성은 0.2 M phosphate 완충용액(pH 6.5) 2.3 mL에 2 mM L-tyrosine 용액 0.4 mL, 시료 추출물 0.2 mL 및 tyrosinase(220 unit/mL, Sigma Co.) 0.1 mL를 차례로 혼합한 후 37°C에서 30분간 반응시켜 470 nm에서 흡광도(S_{OD})를 측정하였다(21). α -Glucosidase 저해활성은 0.1 M phosphate 완충용액(pH 6.8)에 용해한 2.5 mM의 p-nitrophenyl- α -D-glucoopyranoside 100 μL , 0.2 unit/mL의 α -glucosidase 50 μL 및 추출물 50 μL 를 혼합하여 37°C에서 20분간 반응시킨 다음 0.1 M NaOH 100 μL 로 반응을 정지시킨 후 405 nm에서 흡광도(S_{OD})를 측정하였다(22). 각 효소의 저해활성은 효소액을 첨가하지 않은 실험구의 흡광도(B_{OD}) 및 시료 무첨가구의 흡광도(C_{OD})를 각각 측정하여 다음의 식에 따라 저해활성을 계산하였다.

$$\text{Inhibition activity (\%)} = \left(1 - \frac{S_{OD} - B_{OD}}{C_{OD}}\right) \times 100$$

암세포 증식억제 활성 측정

유방암 세포에 대한 시료 추출물의 증식억제 활성을 알아 보기 위하여 MTT[3-(4,5-dimethylthiazol)-2,5-diphenyl tetrazolium bromide] 방법을 이용하였으며(23), 실험에 이용한 암세포주는 유방암 세포인 MCF-7과 MDA-MB-231로 한국세포주은행으로부터 분양받아 10% FBS, penicillin(100 units/mL), streptomycin(50 $\mu\text{g/mL}$)을 첨가한 RPMI-1640 배지에서 37°C, 5% CO_2 조건으로 배양하였다. 즉, 96 well plate에 5×10^4 cells/mL의 세포를 100 μL 씩 분주하여 37°C의 5% CO_2 incubator에서 24시간 동안 배양한 후, 62.5, 125,

Table 1. Nutritional composition of *A. annua* (% , dry basis)

	Moisture	Ash	Crude lipid	Crude protein	Crude fiber
Leaves	12.53±0.59 ^{1)*}	11.23±0.13	11.23±0.22*	9.36±0.12*	23.31±1.49
Stems	10.27±0.13	13.31±0.18*	6.80±0.63	4.71±0.13	30.18±1.16*

¹⁾Each value represents mean±SD, n=3.

*p<0.05; significantly different among the different sample by Student *t*-test.

250 및 500 µg/mL 농도로 조절한 시료 추출물을 100 µL씩 접종하였다. 이를 다시 24시간 배양한 다음 5 mg/mL의 MTT 용액을 10 µL씩 첨가하여 4시간 동안 37°C에서 배양하였으며, 이때 생존하는 세포와 MTT와의 반응으로 생성된 formazan 결정을 dimethyl sulfoxide(DMSO) 100 µL를 가한 후 ELISA reader로 540 nm에서 흡광도를 측정하였다.

통계처리

반복 실험하여 얻은 결과는 SPSS 12.0 package를 사용하여 분산분석 하였으며, 결과는 평균±표준편차로 나타내었다. 각 시료의 분석결과에 대한 유의성 검정은 분산분석을 한 후 p<0.05 수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

결과 및 고찰

영양성분

개똥쑥 잎과 줄기의 영양성분을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 수분, 조지방 및 조단백질 함량은 잎에서, 회분과 조섬유는 줄기에서 유의적으로 높은 함량이었다. 조단백질은 잎이 줄기에 비해 약 2배 정도 높았다.

개똥쑥을 꽃, 잎, 줄기 및 뿌리로 구분하여 일반성분을 분석한 보고에서 수분, 회분 및 조단백질 함량은 잎에서 가장 높았으며, 특히 조지방은 잎이 줄기에 비해 약 3.2배 정도 높아 본 실험 결과와 비슷한 경향이었으나, 회분 함량은 줄기에 비해 잎에서 약 3배 정도 높게 측정되어 본 실험과는 다소 상반된 경향이었다(24). Lee와 Park(25)은 참쑥과 강화약쑥에서 회분 함량이 9.4~11.8%, 조지방은 4.3~6.2%, 조단백질은 14.2~16.4%, 조섬유는 13.7~19.9%로 쑥의 일반적인 영양성분 중 조섬유의 함량이 대체로 높은 비율을 차지하는 것으로 보고하여 본 실험과도 일치하였다. 또한 쑥의 조섬유 함량은 줄기에서 47.8~51.9%로 다른 부위에 비해 높다고 한 보고(26)도 있으며, Brisibe 등(24)은 개똥쑥의 부위별 섬유소 함량을 분석한 결과 줄기 및 뿌리는 잎과 꽃보다 섬유소 함량이 높으며, 특히 소화성 섬유소의 비율이 높아 가축의 사료로써 이용 가치가 있는 것으로 보고한 바 있다. 또한 쑥은 종류가 다양하고 부위별 성분 함량에 차이를 보이며 개화여부, 재배방식, 토양, 기후, 비료의 사용 및 수확 시기 등의 조건에 따라 성분함량에 차이를 보인다는 보고도 있다(27).

무기물

개똥쑥 잎과 줄기의 무기물 함량은 Table 2와 같으며, 잎

Table 2. Mineral contents of *A. annua*

Minerals	Leaves		Stems	
	Contents (mg%)	(%) ¹⁾	Contents (mg%)	(%)
K	2,910.38±52.59 ²⁾	65.02	4,274.30±131.42	81.65
Ca	588.44±10.36	13.15	390.24±7.66	7.45
Mg	241.71±6.52	5.40	104.08±3.66	1.99
Na	83.14±3.53	1.86	51.77±2.81	0.99
Fe	95.47±1.48	2.13	ND ³⁾	—
Mn	0.39±0.12	0.01	ND	—
Al	107.10±2.77	2.39	ND	—
P	447.44±5.55	9.99	413.17±4.59	7.89
Se	2.14±2.22	0.05	1.53±1.51	0.03
Total	4,476.21±85.14		5,235.09±151.65*	

¹⁾Ratio to the total mineral contents.

²⁾Each value represents mean±SD, n=3.

³⁾ND: not detected.

*p<0.05; significantly different among the different sample by Student *t*-test.

에서 9종, 줄기에서 6종의 무기물이 검출되었다. 무기물 총량은 잎이 4,476.21 mg%, 줄기는 5,235.09 mg%로 줄기가 잎에 비해 약 1.2배 정도 높았는데, 이 같은 데이터는 칼륨이 잎에 비해(2,910.38 mg%) 줄기(4,274.30 mg%)에서 약 1.5배 정도 높게 정량된 결과 때문이다. 그 외 모든 무기물은 모두 잎에서 높은 함량을 보였으며, 영양학적으로 중요시 되는 칼슘은 잎과 줄기에서 각각 588.44 mg%, 390.24 mg%로 무기물 총량의 13.15% 및 7.45%를 차지하였다. 더욱이 철분, 망간 및 알루미늄은 잎에서만 검출되었는데, 개똥쑥 잎의 철분 함량은 95.47 mg%로 사철쑥의 21.23 mg%(28) 및 강화사자밭쑥의 0.54~1.02 mg%(29)보다 높았다.

맑은대쑥의 무기물 조성은 칼륨>칼슘>마그네슘>나트륨>망간의 순이었으며, 칼륨의 함량이 무기물 총량의 약 90% 이상을 차지하였다는 보고(30)는 본 실험과 비슷하였다. 개똥쑥에서 12종의 무기물을 분석한 보고에서는 잎이 줄기보다 무기물 함량이 높은 것으로 보고된 바 있는데(24), 이는 본 실험과 다소 상이한 결과로 가장 높은 비율을 차지한 칼륨의 함량이 본 실험 결과 줄기에서 상당히 높게 정량되었기 때문인 것으로 사료된다.

방향족 화합물 함량 및 갈색도

개똥쑥을 물 및 에탄올로 추출하였을 때 추출 수율은 잎이 각각 7.94%와 15.00%, 줄기는 23.01%와 27.69%로 줄기에서 높았으며, 물보다 에탄올 추출 시 수율이 더 높았다. 개똥쑥 잎과 줄기 추출물의 방향족 화합물 함량 및 갈색도를 측정 한 결과는 Table 3과 같다. 각 추출물을 500 µg/mL 농도로 하여 280 nm에서 흡광도를 측정 한 결과, 잎 에탄올 추출물(LE)이

Table 3. Aromatic compounds index and browning intensity of *A. annua* extracts

Sample code ¹⁾	Aromatic compounds index (280 nm)	Browning intensity (420 nm)
LW	0.52±0.00 ^{B2)}	0.78±0.01 ^B
LE	1.17±0.06 ^C	2.13±0.04 ^C
SW	0.54±0.10 ^B	0.74±0.00 ^B
SE	0.37±0.03 ^A	0.40±0.01 ^A

¹⁾LW: water extract from leaves of *A. annua*, LE: ethanol extract from leaves of *A. annua*, SW: water extract from stems of *A. annua*, SE: ethanol extract from stems of *A. annua*

²⁾Each value represents mean±SD, n=3.

^{A-C}Means with different superscripts in the same column are significantly different at p<0.05.

1.17로 가장 높았으며, 그 외 추출물에서는 0.37~0.54의 범위였다. 420 nm에서도 이와 유사한 경향으로 잎 에탄올 추출물(LE)에서 2.13으로 가장 높았으며, 그 외 추출물에서는 1.00 이하의 흡광도 값이었다.

280 nm에서의 흡광도 값은 항산화성 물질의 용출정도와 방향족 화합물의 함량을 추정하기 위해 이용되며, 420 nm에서의 흡광도 값은 갈색화 반응생성물의 농도를 나타내는 것으로 알려져 있다(16). 본 실험에서는 잎 에탄올 추출물(LE)의 흡광도 값이 유의적으로 높았으며 줄기 에탄올 추출물에서 가장 낮아 항산화능도 이와 같은 경향일 것으로 예상되나, 썩과 솔잎의 열수 및 70% 아세톤 추출물은 280 nm에서 갈색도와 전자공여능의 관계가 역상관계인 것으로 보고된 바 있으므로(16) 시료 중의 방향족 화합물의 함량이나 갈색도가 항산화능과 일치하지는 않을 것으로 생각된다.

총 페놀 및 플라보노이드 함량

개똥썩 잎과 줄기 추출물의 총 페놀 및 플라보노이드 함량을 측정된 결과는 Fig. 1과 같다. 총 페놀 함량은 잎의 물 및 에탄올 추출물에서 각각 88.19 mg/g과 99.98 mg/g이었으며, 줄기에서는 각각 45.03 mg/g, 41.44 mg/g으로 줄기에 비해 잎에서 약 2배 정도 높은 함량이었다. 플라보노이드 함량은 총 페놀 함량과 유사한 경향으로 잎의 에탄올 추출물

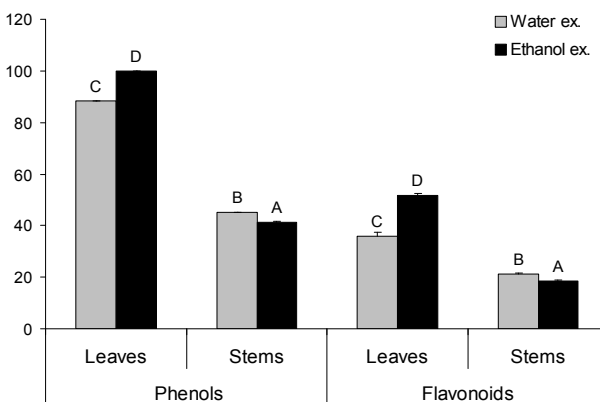


Fig. 1. Phenols and flavonoids contents of *A. annua* extracts. Means with different letters (A-D) in the same item are significantly different at p<0.05.

에서 51.86 mg/g으로 가장 높았으며, 줄기 에탄올 추출물에서는 18.55 mg/g이었다. 개똥썩의 총 페놀 및 플라보노이드 함량은 잎의 경우 에탄올 추출물이 유의적으로 높았으나, 줄기는 물 추출물에서 다소 높았다.

Choi 등(26)은 사철썩의 잎, 종실 및 줄기에서 총 페놀 함량을 측정된 결과, 잎>종실>줄기의 순으로 많았으며, 개똥썩의 부위별 총 페놀 함량은 꽃대에서 가장 높았고 뿌리에서 가장 낮았으나, 잎은 줄기에 비해 약 2.7배 높은 함량을 보여(24) 본 실험 결과와 유사한 경향이었다. 또한 개똥썩의 지상부 전초 중 총 페놀 함량은 70.4 mg/g으로 이는 항산화 활성 증가에 유의적인 영향을 미친다는 보고도 있다(13). 본 연구에서 줄기에 비해 잎의 총 페놀 및 플라보노이드 함량이 높은 것은 잎이 줄기보다 표면적이 넓고, 조직이 얇고 연하며 또한 기공을 가지고 있으므로 추출과정에서 시료 내부에 강하게 결합되어 있던 폴리페놀 화합물이 저분자 폴리페놀 화합물로의 유리가 용이해진 결과로 추정된다.

DPPH 라디칼 소거능

개똥썩 추출물의 농도를 125, 250, 500, 1,000 및 2,000 µg/mL로 조정하여 DPPH 라디칼 소거능을 측정된 결과는 Fig. 2와 같다. 반응액에 첨가된 시료의 농도가 증가됨에 따라 소거능은 유의적으로 상승하였다. 잎의 물 추출물(LW) 및 에탄올 추출물(LE)은 줄기 추출물(SW, SE)에 비해 모든 농도에서 높은 소거능을 보였으며, 잎 추출물은 250 µg/mL 농도에서 60% 이상이었고, 줄기 추출물은 1,000 µg/mL 농도에서 50% 이상의 소거능을 보였다. 특히, 개똥썩 잎 에탄올 추출물(LE)의 IC₅₀ 값은 147.15 µg/mL로 DPPH 라디칼 소거능이 가장 높았으며 줄기 에탄올 추출물이 776.92 µg/mL로 소거능이 가장 낮았다.

맑은대썩의 ethyl acetate 및 butanol 분획물의 DPPH 라디칼 소거능에 대한 IC₅₀ 값은 각각 31.5 µg/mL 및 85.6 µg/mL로 BHT(252.3 µg/mL)보다 라디칼 소거능이 높았다고 보고된 바 있다(30). Choi 등(26)은 사철썩 잎, 종실 및 줄기

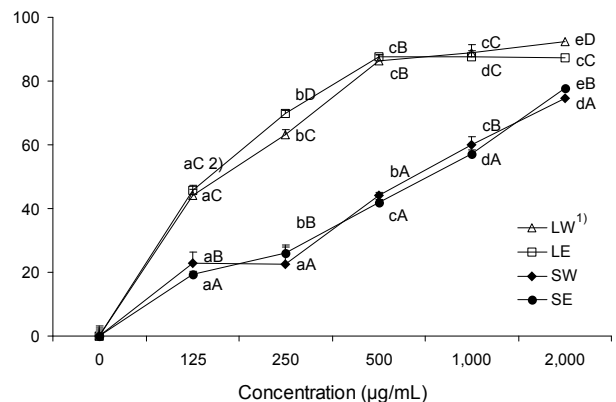


Fig. 2. DPPH radical scavenging activity of *A. annua* extracts. ¹⁾Refer to the comment in Table 3. ²⁾Each value represents mean±SD, n=3. Means with different letters in the same extract (a-e) and concentration (A-D) are significantly different at p<0.05.

추출물의 DPPH 라디칼 소거능을 비교한 결과 잎 추출물이 종실 및 줄기 추출물보다 높은 소거능을 보였는데, 잎 추출물에서 페놀함량이 높았기 때문이라고 추정할 바 있다. 이러한 결과는 약쑥의 용매별 분획물 중 페놀 및 플라보노이드 함량이 높았던 ethyl acetate 분획물이 여타 분획물에 비해 항산화능 및 지질과산화 억제능이 높았다는 보고(6)와도 잘 일치한 결과였다. 또한 쑥의 물 및 에탄올 추출물의 전자공여능이 에탄올 추출물에서 더 우수하였다는 보고(31)는 본 실험과도 잘 일치한 결과였다. 따라서 식물체 추출물의 DPPH 라디칼 소거능이 페놀류나 플라보노이드 물질에 연유된다는 것으로 볼 때(32), 본 실험 결과도 총 페놀 및 플라보노이드 함량에 의존적으로 DPPH 라디칼 소거능이 높은 것으로 판단된다.

환원력

개똥쑥 잎과 줄기 추출물의 환원력을 측정한 결과는 Fig. 3과 같이 모든 시료에서 농도 의존적으로 환원력이 증가하였다. 잎은 줄기에 비해 흡광도 값이 2배 이상 높게 측정되었는데, 흡광도 값이 0.5에 이르는 추출물의 농도는 잎 에탄올 추출물에서 284.60 µg/mL, 물 추출물에서 355.00 µg/mL이었으며, 줄기 추출물은 1,000 µg/mL 이상으로 LE>LW>SE>SW의 순으로 환원력이 높았다.

인진쑥 메탄올 추출물의 환원력은 50~500 µg/mL 농도에서 0.058~0.627 범위의 흡광도를 보여 시료의 첨가 농도에 의존적으로 증가하였으나, 동일농도의 tocopherol보다는 낮은 활성이었다고 보고된 바 있다(7). 시료의 환원력은 전자 공여를 통한 라디칼의 소거능과 관련성이 높기 때문에 DPPH 라디칼 소거능이 높은 시료인 경우 환원력이 높은 것으로 알려져 있으며(33), 이 또한 시료 중의 페놀 화합물의 함량에 의존적인 것으로 알려져 있다(34).

Tyrosinase 저해활성

개똥쑥의 미백효과를 간접적으로 측정하기 위한 일환으로 개똥쑥 추출물의 tyrosinase 저해활성을 측정한 결과는

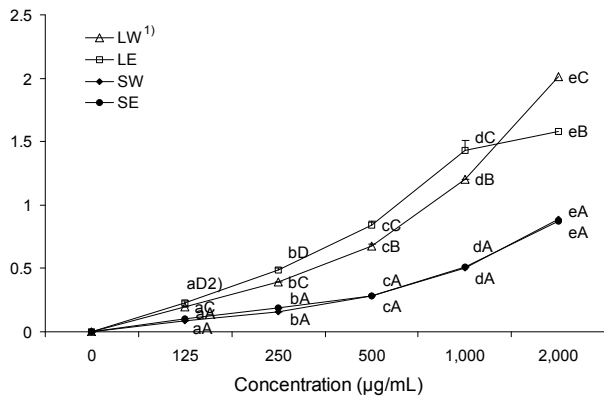


Fig. 3. Reducing power of *A. annua* extracts. ¹⁾Refer to the comment in Table 3. ²⁾Each value represents mean±SD, n=3. Means with different letters in the same extract (a-e) and concentration (A-D) are significantly different at p<0.05.

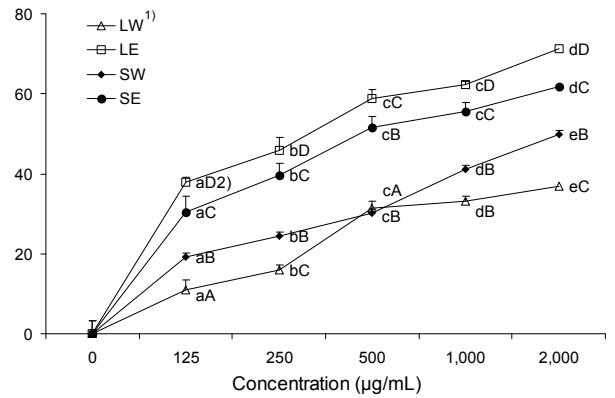


Fig. 4. Tyrosinase inhibition activity of *A. annua* extracts. ¹⁾Refer to the comment in Table 3. ²⁾Each value represents mean±SD, n=3. Means with different letters in the same extract (a-e) and concentration (A-D) are significantly different at p<0.05.

Fig. 4와 같다. 개똥쑥의 부위별 에탄올 추출물(LE, SE)은 물 추출물(LW, SW)에 비해 높은 저해활성을 보여, 2,000 µg/mL 농도에서 각각 71.30%와 61.76%이었으나, 물 추출물의 활성은 50% 미만에 불과하였다. IC₅₀ 값은 잎과 줄기 에탄올 추출물에서 각각 338.17 µg/mL 및 448.36 µg/mL이었으며, 물 추출물은 2,000 µg/mL 이상이었다.

생쑥은 건조쑥에 비해 tyrosinase 저해활성이 높았으며, 생쑥의 hexane 및 chloroform 분획물은 10,000 µg/mL 농도에서 각각 96.7%와 98.9%의 저해활성을 보였다는 보고가 있다(35). 약쑥은 100 µg/mL의 농도에서 48%로 느타리버섯, 홍경천 및 생지황보다 활성이 높았으며(36), Hyun 등(37)은 비쑥 70% 메탄올 추출물의 tyrosinase 저해활성을 측정한 결과 10,000 µg/mL 농도에서 33.40%의 활성을 보였다고 하였다.

α-Glucosidase 저해활성

개똥쑥 잎과 줄기의 α-glucosidase 저해활성은 Fig. 5에 나타난 바와 같이 농도 의존적으로 저해활성이 증가하였다. 줄기 에탄올 추출물(SE)은 모든 실험 농도에서 56.25~86.49

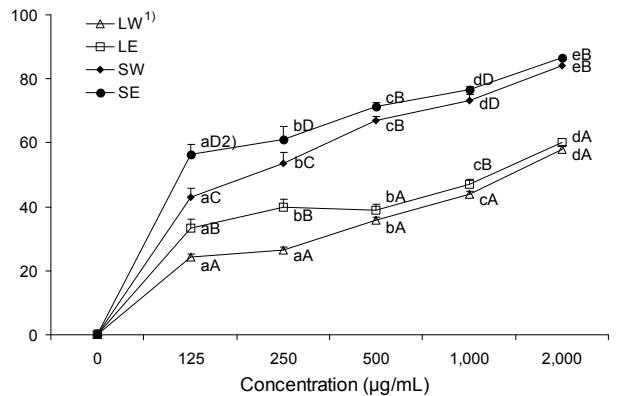


Fig. 5. α-Glucosidase inhibition activity of *A. annua* extracts. ¹⁾Refer to the comment in Table 3. ²⁾Each value represents mean±SD, n=3. Means with different letters in the same extract (a-e) and concentration (A-D) are significantly different at p<0.05.

Table 4. Growth inhibition rates of *A. annua* extracts on MCF-7 human breast adenocarcinoma cell (%)

Sample code ¹⁾	Concentration ($\mu\text{g/mL}$)				IC ₅₀ values ($\mu\text{g/mL}$)
	62.5	125	250	500	
LW	24.65 \pm 2.76 ^{aA2)}	27.26 \pm 2.73 ^{aA}	47.07 \pm 2.78 ^{bB}	49.00 \pm 0.17 ^{bA}	453.35 \pm 8.68
LE	26.92 \pm 0.73 ^{aA}	30.20 \pm 4.91 ^{aA}	76.26 \pm 1.48 ^{bD}	76.44 \pm 0.03 ^{bC}	209.12 \pm 0.50
SW	20.36 \pm 5.32 ^{aA}	28.18 \pm 2.91 ^{bA}	38.83 \pm 1.46 ^{cA}	49.09 \pm 0.14 ^{dA}	500 ^{<3)}
SE	25.05 \pm 2.85 ^{aA}	43.24 \pm 1.14 ^{bB}	51.97 \pm 0.93 ^{cC}	72.68 \pm 0.30 ^{dB}	256.68 \pm 5.90

¹⁾Refer to the comment in Table 3.

²⁾Each value represents mean \pm SD, n=3. Means with different superscripts in the same row (a-d) and column (A-D) are significantly different at p<0.05.

³⁾50% inhibition did not appear at concentrations (62.5~500 $\mu\text{g/mL}$) of *A. annua* extract.

의 범위로 가장 활성이 높았고, 다음으로 줄기 물 추출물 (SW)이 43.00~84.13%의 저해활성을 보여 항산화능 및 tyrosinase 저해활성의 결과와는 달리 줄기 추출물이 잎 추출물에 비해 유의적으로 높은 활성을 나타내어 IC₅₀ 값은 줄기 물 추출물이 220.56 $\mu\text{g/mL}$ 이었으며, 줄기 에탄올 추출물은 125 $\mu\text{g/mL}$ 미만에서도 50% 이상의 저해활성을 보였다. 따라서 개똥쭉 줄기 추출물은 탄수화물의 소화과정에서 α -glucosidase에 의한 단당류 생성을 저해함으로써 식후 혈당이 급격히 상승하는 작용을 효과적으로 감소시킬 수 있을 것으로 예측된다. 해조류는 약 32~75% 정도의 식이섬유소를 함유하고 있어 위 내용물의 체류시간을 연장하고 흡수억제 작용을 함으로써 당내성을 증가시키는 것으로 보고되어 있으며(38), 식물류의 페놀 및 플라보노이드 물질은 구조적 특징에 따라 항당뇨 활성에 차이를 보이는 것으로 알려져 있다(39). 더욱이 당뇨쥐에게 썩 추출물을 급이함으로써 나타난 혈당강하와 체중감소 저해효과는 시료에 의해 말초조직에서 당 이용성이 증가되었기 때문으로 보고된 바 있으며(40), α -glucosidase 저해제는 제2형 당뇨의 완화를 위한 보충제로 유효하다고 알려져 있다(41). 본 실험결과 개똥쭉의 α -glucosidase 저해활성은 생체 내 항당뇨 활성에도 유효할 것으로 예상되며, 이는 개똥쭉 줄기에 함유된 섬유소의 함량과도 관련성이 높을 것으로 생각된다.

암세포 증식억제 활성

개똥쭉 추출물이 인체 유방암 세포인 MCF-7 및 MDA-MB-231의 증식억제 미치는 영향을 알아보기 위하여 추출물의 농도를 62.5~500 $\mu\text{g/mL}$ 범위로 달리하여 MTT assay를 하였다(Table 4, 5). 개똥쭉의 MCF-7 세포에 대한 증식

억제 활성은 Table 4와 같이 추출물의 첨가 농도가 증가함에 따라 유의적으로 상승하였으며, 250 $\mu\text{g/mL}$ 농도에서 잎 에탄올 추출물(LE)은 70% 이상, 줄기 에탄올 추출물은 51.97%의 활성을 보였는데, 500 $\mu\text{g/mL}$ 농도에서는 잎 및 줄기 에탄올 추출물에서 모두 70% 이상의 활성을 보였다. 반면에 물 추출물은 500 $\mu\text{g/mL}$ 농도에서도 50% 미만의 활성이였으며, 잎과 줄기 추출물 간에 유의적인 차이가 없었다.

MDA-MB-231 세포에 대한 증식억제 활성은 Table 5와 같다. 500 $\mu\text{g/mL}$ 농도에서 줄기 에탄올 추출물(SE)은 60.78%로 여타의 추출물에 비해 유의적으로 활성이 높았으나, 잎 에탄올 추출물(LE)은 125~250 $\mu\text{g/mL}$ 농도에서 활성이 가장 높았으며, 특히 250 $\mu\text{g/mL}$ 농도에서 50% 이상의 활성을 보여 MCF-7 세포의 활성과 유사한 경향이였다. 또한 잎 물 추출물(LW)은 62.5~250 $\mu\text{g/mL}$ 농도에서 줄기 에탄올 추출물(SE)에 비해 유의적으로 활성이 높아 개똥쭉 추출물의 MDA-MB-231 세포에 대한 증식억제 활성은 줄기보다 잎에서 높은 것으로 생각된다.

사철쭉의 에탄올 추출물은 물 추출물보다 인체 폐암세포주인 A549에 대하여 높은 증식억제 활성을 보였으며(42), 큰비쭉 용매별 분획물은 인간유래 백혈암 세포인 HL-60에서 apoptosis유도에 의한 세포자멸사를 통해 세포의 증식을 억제한다고 보고되어 있다(43). 개똥쭉에서 분리한 artemisinin 유도체는 암세포의 사멸에 효과적이며, 정상세포에는 독성이 없고, 암세포에만 특이적으로 세포독성으로 보이는데, 특히 HTB-27 유방암 세포를 선택적으로 괴사시킨다고 보고된 바 있다(44). 썩 아세톤 분획물은 생쥐 유래의 백혈병 임파모세포인 L1210, 인체 결장암세포인 HCT-48 및 인체 간암세포인 HepG-2에 대해 증식억제 활성이 있었는데(45),

Table 5. Growth inhibition rates of *A. annua* extracts on MDA-MB-231 human breast adenocarcinoma cell (%)

Sample code ¹⁾	Concentration ($\mu\text{g/mL}$)				IC ₅₀ values ($\mu\text{g/mL}$)
	62.5	125	250	500	
LW	37.75 \pm 2.09 ^{aD2)}	41.16 \pm 0.95 ^{aC}	46.59 \pm 2.23 ^{bBC}	50.37 \pm 1.78 ^{cB}	413.20 \pm 0.36
LE	33.49 \pm 1.96 ^{aC}	47.09 \pm 1.98 ^{bD}	52.59 \pm 2.52 ^{cC}	55.57 \pm 0.00 ^{cC}	313.49 \pm 10.88
SW	14.78 \pm 2.07 ^{aB}	16.30 \pm 0.55 ^{aA}	25.51 \pm 4.47 ^{bA}	25.97 \pm 2.26 ^{bA}	500 ^{<3)}
SE	7.13 \pm 0.98 ^{aA}	27.81 \pm 0.98 ^{bB}	44.85 \pm 3.33 ^{cB}	60.78 \pm 1.54 ^{dD}	362.02 \pm 0.62

¹⁾Refer to the comment in Table 3.

²⁾Each value represents mean \pm SD, n=3. Means with different superscripts in the same row (a-d) and column (A-D) are significantly different at p<0.05.

³⁾50% inhibition did not appear at concentrations (62.5~500 $\mu\text{g/mL}$) of *A. annua* sample.

물 및 에탄올 추출물은 500 µg/mL의 농도에서 인체 폐암세포인 A549에 대해 22% 및 22.5%, 유방암 세포인 MDA에서는 30% 및 27%로 물 추출물에서 증식억제 활성이 다소 높은 것으로 보고되어(46) 본 실험 결과와는 상반된 경향이었는데, 이는 시료의 종류에 따른 차이로 해석된다.

따라서 본 연구결과 개똥쑥 추출물은 항산화 활성 및 유방암 세포의 증식억제 효과가 높은 것으로 확인되어 천연식품을 이용한 보존제나 건강식품 및 항암제의 개발에 이용 가능성을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

요 약

개똥쑥(*Artemisia annua* L.)의 기능성을 밝히고 식품으로써 이용성을 증대시키기 위하여 개똥쑥 잎과 줄기의 영양 성분 및 생리활성을 측정하였다. 수분, 조지방 및 조단백질 함량은 잎에서 높았으나 회분, 조섬유 및 무기물 함량은 줄기에서 유의적으로 높았다. 총 페놀과 플라보노이드 함량은 잎이 줄기에 비해 약 2배 정도 높았다. 추출물의 농도를 달리 하여 항산화능을 측정한 결과 농도에 의존적으로 활성이 증가하였으며, 잎은 줄기에 비해 활성이 높았다. 특히, DPPH 라디칼 소거능, 환원력 및 tyrosinase 저해활성은 모든 농도에서 잎이 줄기에 비해 유의적으로 높았으나, α-glucosidase 저해활성은 줄기 추출물이 더 높았다. 인체 유방암 세포인 MCF-7 및 MDA-MB-231에 대한 증식억제 활성은 줄기보다 잎 추출물에서, 물보다 에탄올 추출물에서 유의적으로 활성이 높았다. 특히, 잎 에탄올 추출물의 MCF-7 및 MDA-MB-231 세포에 대한 증식억제 활성은 250 µg/mL에서 각각 76.26% 및 52.59%로 추출물 중 가장 높은 활성을 보였다. 이상의 결과, 개똥쑥 추출물의 생리활성은 시료 중의 섬유소, 페놀 및 플라보노이드 함량에 의존적인 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업(110021-3)의 연구과제로 수행된 결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Lee CB. 1997. *Korea botanical book*. Jin Myung Publication Co., Seoul, Korea. p 292.
2. Lee SD, Park HH, Kim DW, Bang BH. 2000. Bioactive constituents and utilities of *Artemisia* sp. as medical herb and foodstuff. *Korean J Food & Nutr* 13: 490-505.
3. Sim YJ, Han YS, Chun HJ. 1992. Studies on the nutritional components of mugwort *Artemisia mongolica* Fischer. *Korean J Food Sci Technol* 24: 49-53.
4. Choi BB, Lee HJ, Bang SK. 2005. Studies on the volatile components and biochemical characterizations of *Artemisia princeps* and *A. argyi*. *Korean J Food & Nutr* 18: 334-340.
5. Lee GD, Kim JS, Bae JO, Yoon HS. 1992. Antioxidative

- effectiveness of water extract and ether extract in wormwood (*Artemisia montana* Pampan). *J Korean Soc Food Nutr* 21: 17-22.
6. Hong JH, Jeon JL, Lee JH, Lee IS. 2007. Antioxidative properties of *Artemisia princeps* Pamp. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 657-662.
7. Jung MJ, Yin Y, Heo SI, Wang MH. 2008. Antioxidant and anticancer activities of extract from *Artemisia capollaries*. *Kor J Pharmacogn* 39: 194-198.
8. Lee HO, Han KY, Han DM. 1999. Antibacterial and antifungal effect by *Artemisia lavandulaefolia* essential oil. *Korean J Food & Nutr* 12: 559-563.
9. Lee SJ, Chung HY, Lee IK, Yoo ID. 1999. Isolation and identification of flavonoid from ethanol extracts of *Artemisia vulgaris* and their antioxidant activity. *Korean J Food Sci Technol* 31: 815-822.
10. Wang XJ, Sun H, Choi SU. 1997. Quantitative analysis of 6,7-dimethylesculetin and capillarisine in *Artemisia capillares* Thunb. and prescriptions containing the crude drug. *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi* 19: 667-670.
11. Klayman DL. 1985. Qinghaosa (*Artemisia*): An antimalarial drug from China. *Science* 228: 1049-1055.
12. Fabien J, Veronique M, Jean MB, Mechel D, Josette V. 2002. Antibacterial and antioxidant activities of *Artemisia annua* essential oil. *Fitoterapia* 73: 532-535.
13. Kim KB, Yoo KH, Park HY, Jeong JM. 2006. Anti-oxidative activities of commercial edible plant extracts distributed in Korea. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 49: 328-333.
14. Kim HC, Kil BS, Lee YH. 2001. The antifungal activity of chemical substances from *Artemisia annua*. *Korean J Ecol* 24: 137-140.
15. AOAC. 1995. *Official methods of analysis*. 16th ed. Patricia C, ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA. Vol 2, Ch 26, p 36.
16. Kang YH, Park YK, Oh SR, Moon KD. 1995. Studies on the physiological functionality of pine needle and mugwort extracts. *Korean J Food Technol* 27: 978-984.
17. Gutfinger T. 1981. Polyphenols in olive oil. *J Am Oil Chem Soc* 58: 966-968.
18. Moreno MIN, Isla MI, Sanpietro AR, Vattuone MA. 2000. Comparison of the free radical scavenging activity of propolis from several region of Argentina. *J Ethnopharmacol* 71: 109-114.
19. Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
20. Oyaizu M. 1986. Studies on products of browning reaction: Antioxidant activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Japanese J Nutr* 44: 307-315.
21. Yagi A, Kanbara T, Morinobu N. 1986. The effect of tyrosinase inhibition for aloe. *Planta Med* 3981: 517-519.
22. Choe M, Kim DJ, Lee HJ, You JK, Seo DJ, Lee JH, Chung MJ. 2008. A study on the glucose regulating enzymes and antioxidant activities of water extracts from medicinal herbs. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 542-547.
23. Mosmann T. 1983. Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: application to proliferation and cytotoxicity assays. *J Immunol Meth* 65: 55-63.
24. Brisibe EA, Umoren UE, Brisibe F, Magalhães PM, Ferreira JFS, Luthria D, Wu X, Prior RL. 2009. Nutritional characterization and antioxidant capacity of different tissues of *Artemisia annua* L. *Food Chem* 115: 1240-1246.
25. Lee SD, Park HH. 2001. Effect of feeding basal diet supplemented with mugwort powder on the serum components in growing rat. *Korean J Food & Nutr* 13: 411-417.

26. Choi SR, You DH, Kim JY, Park CB, Ryu J, Kim DH, Eun JS. 2008. Antioxidant and antimicrobial activities of *Artemisia capillaris* Thunberg. *Korean J Medicinal Crop Sci* 16: 112-117.
27. Roh TH, Lee JC, Lee KS, Shim JS. 1994. Component comparison of *Artemisia selengensis* and *Artemisia* sp. for *Artemisia selengensis* utilization. *Korean J Medicinal Crop Sci* 2: 174-179.
28. Lee HJ, Hwang EH, Yu HH, Song IS, Kim CM, Kim MC, Hong JH, Kim DS, Han SB, Kang KJ, Lee EJ, Chung HW. 2002. The analysis of nutrients in *Artemisia capillaris* Thunberg. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 361-366.
29. Kim CH. 2009. Antioxidant activity and quality characteristics of *Artemisia* sp. with different heat treatments. *Korean J Culinary Res* 15: 128-138.
30. Jung IC. 2006. Rheological properties and sensory characteristics of white bread with added mugwort powder. *J East Asian Soc Dietary Life* 16: 332-343.
31. Park CS, Kwon CJ, Choi MA, Park GS, Choi KH. 2002. Antioxidative and nitrite scavenging activities of mugwort and pine needle extracts. *Korean J Food Preserv* 9: 248-252.
32. Kim EY, Baik IH, Kim JH, Kim SR, Rhyu MR. 2004. Screening of the antioxidant activity of some medicinal plants. *Korean J Food Sci Technol* 36: 333-338.
33. Gordon MF. 1990. The mechanism of antioxidant action in vitro. In *Food Antioxidants*. Hudson BJJ, ed. Elsevier Applied Science, London, UK. p 1-18.
34. Tabart J, Kevers C, Pincemail J, Defraigne JO, Dommes J. 2009. Comparative antioxidant capacities of phenolic compounds measured by various tests. *Food Chem* 113: 1226-1233.
35. Kwak JH, Seo UK, Han YH. 2001. Inhibitory effect of mugwort extracts on tyrosinase activity. *Korean J Biotechnol Bioeng* 16: 220-223.
36. Shin JY. 2001. Screening of natural products that have activities against skin-aging. *Korean J Food & Nutr* 14: 568-572.
37. Hyun SH, Jung SK, Jwa MK, Song CK, Kim JH, Lim SB. 2007. Screening of antioxidants and cosmeceuticals from natural plant resources in Jeju island. *Korean J Food Sci Technol* 39: 200-208.
38. Cho YJ, Bang MA. 2004. Hypoglycemic and antioxidative effects of dietary sea-tangle extracts supplementation in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Nutr* 37: 5-14.
39. Sharma B, Balomajumder C, Roy P. 2008. Hypoglycemic and hypolipidemic effects of flavonoid rich extract from *Eugenia jambolana* seeds on streptozotocin induced diabetic rats. *Food Chem Toxicol* 46: 2376-2383.
40. Tastekin D, Atasever M, Adiguzel G, Keles M, Tastekin A. 2006. Hypoglycemic effect of *Artemisia herba-alba* in experimental hyperglycemic rats. *Bull Vet Inst Pulawy* 50: 235-238.
41. Baron AD. 1998. Postprandial hyperglycemia and α -glucosidase inhibitors. *Diabetes Res Clin Pract* 40: 51-55.
42. Lee MK, Choi GP, Ryu LH, Lee GY, Yu CY, Lee HY. 2004. Enhanced immune activity and cytotoxicity of *Artemisia capillaris* Thunb. extracts against human cell line. *Korean J Medicinal Crop Sci* 12: 36-42.
43. Kim KN, Lee JA, Yoon WJ, Kim JY, Song GP, Park SY. 2007. The cytotoxicity of *Artemisia fukudo* extracts against HL-60 cells. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 819-824.
44. Singh NP, Lai H. 2001. Selective toxicity of dihydroartemisinin and holotransferin toward human breast cancer cells. *Life Sci* 70: 49-56.
45. Hwang YK, Kim DC, Hwang WI, Han YB. 1998. Inhibitory effect of *Artemisia princeps* Pampan. extract on growth of cancer cell lines. *Korean J Nutr* 31: 799-808.
46. Park CS, Kim ML. 2006. Functional properties of mugwort extracts and quality characteristics of noodles added mugwort powder. *Korean J Food Preserv* 13: 161-167.

(2010년 11월 18일 접수; 2011년 1월 26일 채택)