

## 수경재배 인삼 뿌리와 잎의 항산화 활성

이연리 · 서정현\* · 홍채영\* · 김길호\*\* · 이준수\*\*\* · 정현상\*\*\*

대전보건대학 식품영양과 부교수, \*충북대학교 식품생명공학과 석사과정,  
\*\*충북대학교 식품생명공학과 박사과정, \*\*\*충북대학교 식품생명공학과 교수

### Antioxidant Activities of Hydroponic-cultured Ginseng Roots and Leaves

Youn Ri Lee, Jeong Hyun Seo\*, Chae Young Hong\*, Kil Ho Kim\*\*, Junsoo Lee\*\*\* and †Heon Sang Jeong\*\*\*

Associate Professor, Dept. of Food and Nutrition, Daejeon Health Sciences College, Daejeon 34504, Korea

\*Master's Course, Dept. of Food Science and Biotechnology, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea

\*\*Doctor's Course, Dept. of Food Science and Biotechnology, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea

\*\*\*Professor, Dept. of Food Science and Biotechnology, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea

#### Abstract

This study was conducted to investigate the antioxidant activities on hydroponic-cultured ginseng roots (HGR) and leaves (HGL). The samples were lyophilized, extracted with 80% ethanol, and then evaluated the antioxidant activities compare with conventional-cultured ginseng. Total polyphenol content of ginseng, HGR, and HGL were 128.85±0.41, 115.74±1.28, and 282.15±5.15 mg/g, respectively. The DPPH radical scavenging activity(IC<sub>50</sub>) was the highest value of 6.47±0.13 mg/mL in the HGL. The ABTS radical scavenging activity was the highest value of 29.37±0.37 mg AA eq/g in HGL, and ginseng and HGR were 10.23±0.49 and 8.18±0.37 mg AA eq/g, respectively. The reducing power of ginseng, HGR, and HGL were 0.56±0.01, 0.53±0.01, and 0.68±0.01, respectively. Chelating effect was the highest value of 92.65±3.42% in HGL. The results of this study suggest that antioxidant activities in hydroponic-cultured ginseng leaves could have significant health benefits.

Key words: hydroponic-cultured ginseng, root and leaves, antioxidant activity, polyphenol content, reducing power

#### 서론

고려인삼(*Panax ginseng* C. A. Meyer)은 오갈피나무과(Araliaceae)의 속하는 다년생 초본류로서 효능을 인정받아 우리나라의 대표적인 생약재로 널리 이용되어 왔다(Ha & Ryu 2005). 산에서 야생하는 것을 산삼 또는 야생삼이라고 하고, 산의 입간에서 직파 또는 이식 재배하는 것을 산양삼 또는 장뇌삼이라고 부르며, 밭이나 논에서 재배하는 것을 인삼(재배삼)이라고 한다(Kim 등 1999).

인삼에는 배당체 성분인 ginsenoside를 비롯한 비사포닌계의 페놀성 성분, 폴리아세틸렌 성분, 알칼로이드 성분, 다당체 및 산성펩티드 등이 알려져 있으며(Kitakawa 등 1989), 인삼사포닌에 대한 독성 비교 연구(Brekman & Dardymov

1969)를 비롯하여 중추신경계에 미치는 영향(Benishin GC 1992), 뇌기능에 대한 작용(Saito & Nishiyama 1988), 항암작용(Kikuchi 등 1991), 면역기능조절(Singh 등 1984), 항당뇨작용(Huo 등 1988), 심혈관장애 개선작용(Kim 등 1992), 항스트레스(Saito & Bao 1984)에 미치는 영향이 보고되어져 있다. 또한 인삼성분은 체내 기초대사(Kim 등 1994), 피로회복(Avakian 등 1979), 당질대사(Joo 등 1982) 및 혈압강하작용(Nam KY 2002), 항산화효과(Song 등 2002; Jeon 등 2005; Lee 등 2005) 등 다양한 연구가 진행되었다.

인삼의 재배기간은 4-6년으로 길며 연작이 불가능하여 재배가능면적이 점차 줄어드는 실정이다. 따라서 인삼의 조직·세포배양 및 모낭근 배양을 통한 ginsenoside를 생산하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있으며, 인삼부산물에 대한 관

† Corresponding author: Heon Sang Jeong, Professor, Dept. of Food Science and Biotechnology, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea. Tel: +82-43-261-2570, Fax: +82-43-271-4412, E-mail: hsjeong@chungbuk.ac.kr

심은 점점 증가되고 있어 인삼 잎을 이용한 차의 개발에 관한 연구가 보고되어 있다(Yang 등 1996). 또한 다양한 천연물 및 부산물을 이용하여 약리활성물질을 생산하는 방법이 최근에 개발되어 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있지만(Cho 등 1999), 인삼을 수경재배하여 이용한 연구는 찾아보기 어려운 실정이다.

따라서 본 연구에서는 수경재배 인삼의 뿌리와 잎줄기 부분에 대한 항산화 활성을 토양재배 인삼과 비교하여 기능성 식품개발을 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 재료

본 실험에 사용된 수경재배 인삼은 1년근 묘삼을 4개월 수경재배 한 것으로 농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부에서 제공받았으며, 토양재배 인삼은 충북 괴산에서 재배한 4년근 인삼을 사용하였다. 토양재배인삼과 수경재배인삼 그리고 잎줄기는 수돗물로 수세한 다음 물기를 제거하고, 수경재배인삼(hydroponics ginseng roots, HGR)과 잎줄기(hydroponics ginseng leaves, HGL) 부분으로 나누어 동결건조(Ilshin FT-8512, Suwon, Korea)한 후 분쇄하여 시료로 사용하였다. 실험에 사용된 시약은 Folin-Ciocalteu reagent, garlic acid, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH), 2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid(ABTS), L-ascorbic acid, potassium persulfate, sodium phosphate buffer, potassium ferricyanide, trichloroacetic acid, ferric chloride, ferrous chloride, ferrozine이었으며, Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA) 제품을 사용하였으며, 모든 시약은 특급시약을 사용하였다.

### 2. 추출물의 제조

동결건조된 토양재배인삼, 수경재배인삼 및 잎줄기를 80% ethanol을 사용하여 추출하였다. 즉, 동결건조시료 1.0 g에 80% ethanol을 각각 200 mL씩 가하고, 80°C 수욕조에서 3시간 동안 3회 환류 추출한 후 추출액을 모아 여과한 다음 회전진공농축기(EYELA N-1000, Tokyo, Japan)로 40°C에서 용매를 완전히 제거한 후 동결건조하여 추출물을 제조하였다.

### 3. 총 폴리페놀 함량 분석

토양재배인삼과 수경재배인삼 및 잎줄기 추출물의 총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과, 몰리브덴이 청색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다(Dewanto 등 2002). 각 추출물 100  $\mu$ L에 2%  $\text{NaCO}_3$  용액 2 mL를 가한 후 3분간 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent 100  $\mu$ L를 가하였다. 2%  $\text{NaCO}_3$  용액을

가한 30분 후 반응액의 흡광도 값을 분광광도계(Beckman Coulter, DU-650, Anaheim, CA, USA)로 750 nm에서 측정하였다. 표준물질로 gallic acid를 사용하여 검량선을 작성하였고, 총 폴리페놀 함량은 시료 g 중의 mg gallic acid로 나타내었으며, 모든 실험은 3회 반복 실시하였다.

### 4. DPPH 라디칼 소거능 측정

토양재배인삼과 수경재배인삼 및 잎줄기 추출물의 라디칼소거활성은 Blois MS(1958) 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 시료 0.2 mL에  $2 \times 10^{-4}$  M DPPH 용액(99% ethanol에 용해) 0.8 mL를 가한 후, vortex mixer(G-560, Scientific Industries, Inc., NY, USA)로 10초간 진탕하고, 30분 후에 분광광도계를 이용하여 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 흡광도를 측정할 때 셀에 분주되는 각 시료에 의한 흡광도의 차이는 ethanol만의 흡광도를 측정하여 보정해 주었고, 이때 전자공여능은 시료 첨가구와 비첨가구의 흡광도 차이를 백분율(%)로 구하였으며, 추출물의 EDA(%) 값을 50% 감소시키는  $\text{IC}_{50}$ (Inhibition concentration)로 표현하였으며, 모든 실험은 3회 반복 실시하였다.

### 5. 총 항산화력 측정

토양재배인삼과 수경재배인삼 및 잎줄기 추출물의 총 항산화력은 ABTS<sup>+</sup> cation decolorization assay 방법에 따라 측정하였다(Re 등 2005). ABTS 7.4 mM과 potassium persulfate 2.6 mM을 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이 용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4-1.5가 되도록 흡광계수( $\epsilon=3.6 \times 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ )를 이용하여 증류수로 희석하였다. 희석된 ABTS 용액 1 mL에 추출액 50  $\mu$ L를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 60분 후에 측정하였으며, 표준물질로서 L-ascorbic acid를 동량 첨가하였고, 총 항산화력은 AEAC(L-ascorbic acid equivalent antioxidant capacity, mg AA eq/g)로 표현하였으며, 모든 실험은 3회 반복 실시하였다.

### 6. 환원력 측정

토양재배인삼과 수경재배인삼 및 잎줄기 추출물의 환원력은 Mau 등(2002)의 방법에 따라 측정하였다. 각각의 추출물 250  $\mu$ L에 0.2 M sodium phosphate buffer(pH 6.6) 250  $\mu$ L, 1% potassium ferricyanide(w/v) 250  $\mu$ L를 각각 혼합하여 50°C에서 20분 동안 반응시킨 후 1% trichloroacetic acid(w/v)를 가하였다. 위 반응액을 1,000 rpm에서 10분간 원심분리하여(Centrifuge MECTA 17R, Hanil Science Industrial Co., Ltd, Inchun, Korea) 상정액 500  $\mu$ L에 증류수 500  $\mu$ L를 혼합하고, 0.1% ferric chloride(w/v) 100  $\mu$ L를 가하여 반응액의 흡광도 값을 700 nm에서 측정하였으며, 모든 실험은 3회 반복 실시

하였다.

### 7. 금속이온 제거능 측정

토양재배인삼과 수경재배인삼 및 잎줄기 추출물의 금속이온 제거능은 Yen 등(2002)의 방법을 이용하여 측정하였다. 각각의 추출물 1 mL에 2 mM ferrous chloride와 5 mM ferrozine (3-(2-pyridyl)-5,6-diphenyl-1,2,4-triazine-4',4''-disulfonic acid)을 각각 100  $\mu$ L씩 가한 후 흡광도 값의 조정을 위해 methanol을 일정량 혼합하였다. 10분간 상온에서 방치한 후 562 nm 반응액의 흡광도를 측정하여 시료첨가구와 비첨가구의 흡광도 차를 백분율로 표시하였으며, 모든 실험은 3회 반복 실시하였다.

### 8. 통계분석

실험결과는 3회 반복측정한 후 평균 $\pm$ 표준편차로 나타내었으며, 통계처리는 SPSS Ver 12.0 package program(Statistical Package for the Social Science, SPSS INC, Chicago, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였으며, 측정값 간의 유의성을  $p < 0.05$  수준에서 Duncan's multiple range test로 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 총 폴리페놀 함량

토양재배인삼과 수경재배인삼 및 잎줄기 80% 에탄올 추출물의 총 폴리페놀 함량을 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. 토양재배인삼은 128.85 mg/g의 총 폴리페놀을 함유하고 있었으며, 수경재배인삼 및 잎줄기에는 각각 115.74 및 282.15 mg/g의 폴리페놀 함량을 나타내어 수경재배인삼은 토양재배인삼

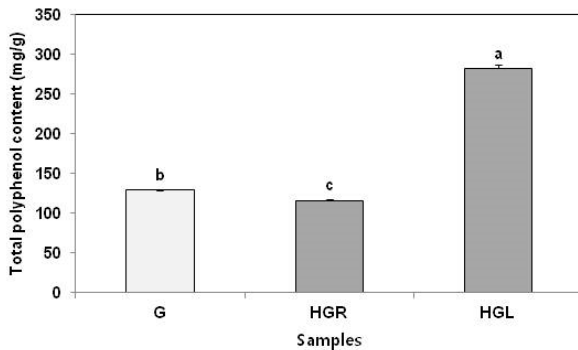


Fig. 1. Total polyphenol content of hydroptic-cultured ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) roots and leaves. G: Ginseng, HGR: Hydroptic-cultured ginseng roots, HGL: Hydroptic-cultured ginseng leaves. Different letters on the bars of same items indicate a significant difference ( $p < 0.05$ ).

에 비하여 낮은 함량을 보였지만, 수경재배인삼의 잎줄기 부분은 토양재배인삼에 비하여 높게 나타났다. Joung 등(2010)은 토양재배인삼의 경우 뿌리보다는 잎에서 더 높은 항산화력이 있다고 보고하였는데, 본 실험의 수경재배인삼에서도 항산화 활성을 나타내는 총 폴리페놀함량이 뿌리보다는 잎줄기에서 높게 나타났다.

### 2. DPPH 라디칼 소거능

토양재배인삼과 수경재배인삼 및 잎줄기 80% 에탄올 추출물에 대한 DPPH 라디칼 소거능( $IC_{50}$ )을 측정한 결과는 Fig. 2와 같다. 토양재배인삼의  $IC_{50}$ 값은 16.63 mg/mL였으며, 수경재배인삼 및 잎줄기에서 각각 20.35 및 6.47 mg/mL로 수경재배인삼 잎줄기부분이 높은 항산화 활성을 나타내었다. Lee 등(2010)의 보고에 의하면 토양재배인삼 잎에 함유되어 있는 총 폴리페놀성 물질이 전자공여능에 관여한다고 하였는데, 본 실험에서 나타난 결과로 볼 때 항산화 효과를 나타내는 대표적인 물질인 페놀성 화합물들이 뿌리보다 잎에 많이 함유되어 있기 때문인 것으로 생각된다.

### 3. 총 항산화력

ABTS 라디칼 소거능으로 측정된 총 항산화력(AEAC)은 Fig. 3에서 보는 바와 같이 토양재배인삼은 10.23 mg AA eq/g이었으며, 수경재배인삼 및 잎줄기에서 각각 8.18 및 29.37 mg AA eq/g으로 수경재배인삼의 잎줄기 부분에서 가장 높은 항산화 활성을 나타내었다. Jang 등(2008)의 보고에 의하면 토양재배인삼보다 장뇌삼이 ABTS radical 소거활성이 높다고 하였으나, 본 실험에서는 수경재배인삼보다 토양재배인

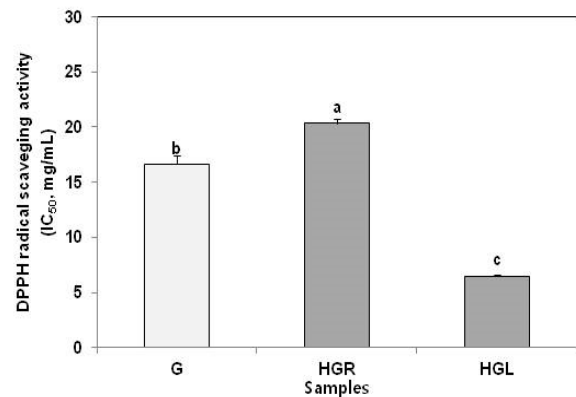
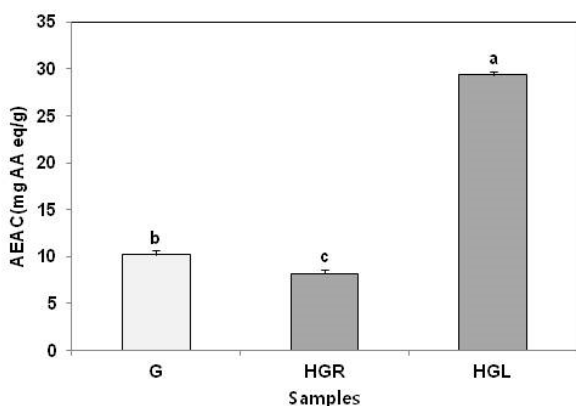


Fig. 2. DPPH radical scavenging activity ( $IC_{50}$ ) on hydroptic-cultured ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) roots and leaves. G: Ginseng, HGR: Hydroptic-cultured ginseng roots, HGL: Hydroptic-cultured ginseng leaves. Different letters on the bars of same items indicate a significant difference ( $p < 0.05$ ).

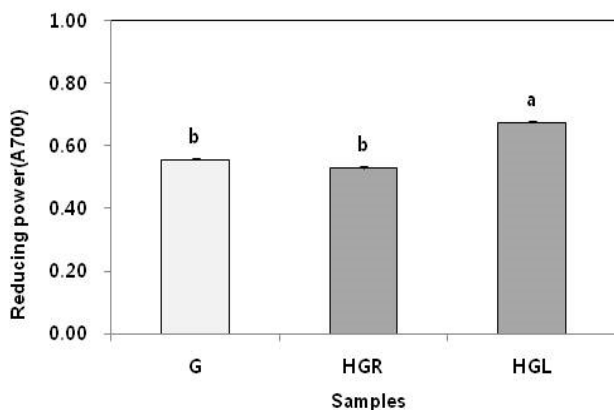


**Fig. 3. Total antioxidant activity (AEAC) on hydroipoic-cultured ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) roots and leaves.** G: Ginseng, HGR: Hydroipoic-cultured ginseng roots, HGL: Hydroipoic-cultured ginseng leaves. Different letters on the bars of same items indicate a significant difference ( $p < 0.05$ ).

삼에서 다소 높은 항산화 활성이 나타났다. 그러나 이는 토양재배인삼과 수경재배인삼의 생육조건에 따른 차이로 판단된다.

#### 4. 환원력

토양재배인삼과 수경재배인삼 및 잎줄기 80% 에탄올 추출물에 대한 환원력을 측정된 결과는 Fig. 4와 같다. 토양재배인삼의 환원력은 0.56이었으며, 수경재배인삼 및 잎줄기에서는 각각 0.53 및 0.68로 수경재배인삼 잎줄기에서 가장 높은 환원력을 나타내었다. Osawa T(1994)에 의하면 식물로부터 추출된 phenol류의 화합물은 항산화능을 포함한 다양한



**Fig. 4. Reducing power on hydroipoic-cultured ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) roots and leaves.** G: Ginseng, HGR: Hydroipoic-cultured ginseng roots, HGL: Hydroipoic-cultured ginseng leaves. Different letters on the bar of same items indicate a significant difference ( $p < 0.05$ ).

생물학적 효능을 나타낸다고 보고하였으며, 이들의 효능은 주로 산화환원력에 의한 것이라고 보고하였다. 본 실험에서 나타난 결과로 볼 때 수경재배인삼 잎줄기 추출물에서 환원력이 높게 나타난 것은 phenol류에 의한 것이라 판단된다.

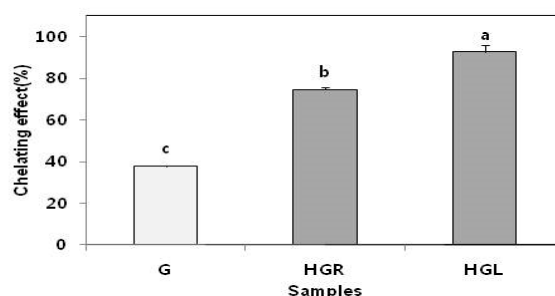
#### 5. 금속이온 제거능

토양재배인삼과 수경재배인삼 및 잎줄기 80% 에탄올 추출물에 대한 금속이온 제거능을 측정된 결과는 Fig. 5와 같다. 토양재배인삼의 금속이온 제거능은 37.85%이었으며, 수경재배인삼 및 잎줄기에서는 각각 74.62 및 92.65%로 수경재배인삼 잎줄기에서 높은 금속이온 제거능을 나타내었다. Seo 등(2008)은 금속이온을 제거할 수 있는 물질과 radical을 제거할 수 있는 물질이 다르다고 보고하였지만, 본 실험에서 나타난 결과에 의하면 polyphenol 함량이 높은 시료가 금속이온 제거능에서도 높게 나타났다. 금속이온을 제거하는 물질과 유리라디칼을 효과적으로 제거할 수 있는 물질이 수경재배인삼보다 잎줄기부분에 많이 함유되어 있기 때문인 것으로 생각된다.

이상의 결과를 요약해 보면 수경재배인삼보다 잎줄기 부분이 항산화 활성이 우수한 것으로 나타나 이를 이용한 음료, 추출 농축액, 그리고 환이나 알약 형태에 첨가되는 소재로서 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

#### 요약 및 결론

토양재배인삼과 수경재배인삼 및 잎줄기의 80% 에탄올 추출물에 대한 항산화 활성을 살펴보았다. 총 폴리페놀 함량은 115.74~282.15 mg/g 범위로 수경재배인삼 잎줄기에서 높게 나타났다. DPPH법에 의한 항산화 활성의  $IC_{50}$ 값은 6.47~20.35 mg/mL 범위로 수경재배인삼 잎줄기에서 높았고, ABTS



**Fig. 5. Ion chelating effects on hydroipoic-cultured ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) roots and leaves.** G: Ginseng, HGR: Hydroipoic-cultured ginseng roots, HGL: Hydroipoic-cultured ginseng leaves. Different letters on the bars of same items indicate a significant difference ( $p < 0.05$ ).

에 의한 총 항산화력은 8.18~29.37 mg AA eq/g 범위로 수경 재배인삼 잎줄기에서 높았다. 환원력은 0.53~0.68 범위로 수경재배인삼 잎줄기에서 높았으며, 금속이온 제거능은 37.85~92.65% 범위로 수경재배인삼 잎줄기에서 높게 나타났다. 본 연구결과 수경재배인삼 잎줄기 추출물이 항산화 기능을 함유한 기능성 식품소재로 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

## References

- Avakian EV, Evonuk E. 1979. Effect of *Panax ginseng* extract on tissue glycogen and adrenal cholesterol depletion during prolonged exercise. *Planta Med* 36:43-48
- Benishin CG. 1992. Actions of ginsenoside Rb1 on choline uptake in central cholinergic nerve endings. *Neurochem Int* 21:1-5
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200
- Brekhman II, Dardymov VI. 1969. New substances of plant origin which increase nonspecific resistance. *Ann Rev Pharmacol* 9:419-430
- Cho SM, Park JS, Kim KP, Cha DY, Kim HM, Yoo ID. 1999. Chemical features and purification of immunostimulating polysaccharides from the fruit bodies of *Agaricus blazei*. *Korean J Mycol* 27:170-174
- Dewanto V, Wu X, Liu RH. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50:4959-4964
- Ha DC, Ryu GH. 2005. Chemical components of red, white and extruded root ginseng. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34:247-254
- Huo YS, Chen Y, Yu ZY, Zhang PY. 1988. The effect of *Panax ginseng* extract (GS) on insulin and corticosteroid receptors. *J Tradit Chin Med* 8:293-295
- Jang HY, Park HS, Kwon KR, Rhim TJ. 2008. A study on the comparison of antioxidant effects among wild ginseng, cultivated wild ginseng, and cultivated ginseng extracts. *J Pharmacopunct* 11:67-78
- Jeon BH, Seong GS, Chun SG, Sung JH, Chang CC. 2005. Antioxidative effects of white ginseng and red ginseng on liver of high fat diet-treated mice. *J Ginseng Res* 29:138-144
- Joo CN, Koo JH, Lee HB, Yoon JB, Byun YS. 1982. Biochemical studies on the absorption of ginseng saponin and its effect on metabolism in animal body. *Korean Biochem J* 15:189-199
- Joung EM, Hwang IG, Lee MK, Cho SK, Chung BH, Jo SJ, Lee SH, Lee JS, Jeong HS. 2010. Ginsenoside compositions and antioxidant activity of cultured and mountain ginseng. *J Agric Life Sci* 44:61-67
- Kikuchi Y, Sasa H, Kita T, Hirata J, Tode T, Nagata I. 1991. Inhibition of human ovarian cancer cell proliferation *in vitro* by ginsenoside Rh2 and adjuvant effects to cisplatin *in vivo*. *Anticancer Drugs* 2:63-67
- Kim H, Chen X, Gills CN. 1992. Ginsenosides protect pulmonary vascular endothelium against free radical induced- injured injury. *Biochem Biophys Res Commun* 189:670-676
- Kim JY, Park JY, Lee KU. 1994. Diabetes and traditional medicine: Effect of several traditional drug on the plasma glucose levels in streptozotocin-induced diabetic rat. *Diabetes Metab J* 18:377-381
- Kim SH, Kim DH, Lee TH. 1999. Herbal and pharmacological effects of ginseng radix and strategy for future research. *J Ginseng Res* 23:21-37
- Kitakawa I, Taniyama T, Yoshikawa M, Ikenishi Y, Nakagawa Y. 1989. Chemical studies on crude drug processing VI. Chemical structures of malonyl-ginsenosides Rb1, Rb2, Rc and Rd isolated from the root of *Panax ginseng* C. A. Meyer. *Chem Pharm Bull* 37:2961-2970
- Lee JW, Park CK, Do JH. 2005. Antioxidative activity of the water soluble browning reaction products from Korean red ginseng. *J Ginseng Res* 29:44-48
- Lee KS, Seong BJ, Kim GH, Kim SI, Han SH, Kim HH, Baik ND. 2010. Ginsenoside, phenolic acid composition and physiological significances of fermented ginseng leaf. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:1194-1200
- Mau JL, Lin HC, Song SF. 2002. Antioxidant properties of several specialty mushrooms. *Food Res Int* 35:519-526
- Nam KY. 2002. Clinical applications and efficacy of Korean ginseng. *J Ginseng Res* 26:111-131
- Osawa T. 1994. Novel natural antioxidant for utilization in food and biological system. In Uritani I, Garcia VV, Mendoza EM (Eds.), *Postharvest Biochemistry of Plant Food Material in the Tropics*. pp.241-251. Japan Scientific Societies Press
- Saito H, Bao T. 1984. Effect of red ginseng on mice exposed to various stress. *Proc 4th Int Ginseng Symp*. Seoul, Korea
- Saito H, Nishiyama N. 1988. Effect of ginseng and its saponins on experimental amnesia in mice and on cell cultures of neurons. *Proc 5th Int Ginseng Symp*. Seoul, Korea

- Seo SJ, Choi Y, Lee SM, Kong S, Lee J. 2008. Antioxidant activities and antioxidant compounds of some specialty rices. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37:129-135
- Singh VK, Agarwal SS, Gupta BM. 1984. Immunomodulatory activity of *Panax ginseng* extract. *Planta Med* 50:462-465
- Song YB, Kwak YS, Park KH, Chang SK. 2002. Effect of total saponin from red ginseng on activities of antioxidant enzymes in pregnant rats. *J Ginseng Res* 26:139-144
- 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 Radical Biology and Medicine* 26:1231-1237
- Yang DC, Choi HY, Kim YH, Yun KY, Yang DC. 1996. Growth and ginsenosides production of hairy root (*Panax ginseng* C. A. Meyer) via light energy. *Korean J Ginseng Sci* 20:318-324
- Yen GC, Duh PD, Tsai HL. 2002. Antioxidant and pro-oxidant properties of ascorbic acid and gallic acid. *Food Chem* 79:307-313
- 
- Received 12 February, 2020  
Revised 14 February, 2020  
Accepted 17 February, 2020