



## Comparison of ginsenoside contents and antioxidant activity according to the size of ginseng sprout has produced in a plant factory

Seung Ha Hwang<sup>1</sup> · Su Cheol Kim<sup>1</sup> · Jin A Seong<sup>1</sup> · Hee Yul Lee<sup>1</sup> · Du Yong Cho<sup>1</sup> · Min Ju Kim<sup>1</sup> ·  
Jea Gack Jung<sup>1</sup> · Eun Hye Jeong<sup>1</sup> · Ki-Ho Son<sup>2</sup> · Kye Man Cho<sup>1</sup>

### 식물공장에서 생산된 새싹인삼의 크기에 따른 진세노사이드 함량 및 항산화 활성 비교

황승하<sup>1</sup> · 김수철<sup>1</sup> · 성진아<sup>1</sup> · 이희율<sup>1</sup> · 조두용<sup>1</sup> · 김민주<sup>1</sup> · 정재각<sup>1</sup> · 정은혜<sup>1</sup> · 손기호<sup>2</sup> · 조계만<sup>1</sup>

Received: 14 May 2021 / Accepted: 29 July 2021 / Published Online: 30 September 2021  
© The Korean Society for Applied Biological Chemistry 2021

**Abstract** In this study, the ginseng sprout has produced through smart farm was classified according to its size and divided into above-ground (AG) and below-ground (BG) parts to compare ginsenoside contents and antioxidant activity. In the case of the AG part, the total phenolic contents were the highest at 5.16 mg/g in medium (M) size and the lowest at 2.23 mg/g in largest (L) size. The BG part also showed the highest content in the M size, but there was no significant difference. Also, the total flavonoid contents were also high in the M size in both the AG (5.16 mg/g) and BG (1.28 mg/g) parts. The major ginsenosides in the AG part were Re (20.33-24.15 mg/g) > Rd (11.36-27.42 mg/g) > Rg1 (4.48-5.54 mg/g) and the main ginsenosides in the BG part were Rb1 (5.09-8.61 mg/g) > Re (4.48-5.54 mg/g) > Rc (3.11-4.11 mg/g) in orders. In the case of M size, Re and Rd were approximately 4- and 19-folds higher at 24.15 mg/g and at 27.42 mg/g in the AG part and 5.20 mg/g and 1.43 mg in the BG part, respectively. In addition, F3 and Rh1 were detected in the AG part, but not in the

BG part. 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (74.95%), 2,4,6-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) diammonium salt (94.47%), and hydroxyl (70.39%) radical scavenging activities and FRAP (2.169) assay were the highest in M size than other sizes.

**Keywords** Antioxidant activity · Ginseng sprout · Ginsenoside · Plant factory · Size

## 서론

최근 농업은 농업 인구의 고령화와 급격한 기후 변화 등에 의해 농업 환경이 급변 중이며, 이에 대응하기 위해 재배 전반의 작물 생육 정보, 생육 환경 등을 손쉽게 기록, 저장하여 작업의 생산성 및 효율성을 높이는 스마트 팜 혹은 식물공장에 대한 관심이 증가하고 있다[1]. 스마트 팜 혹은 식물공장은 기존 농업 기술에 자동화와 ICT 정보화 등의 기술을 접목하여 작물의 생산에서 유통 및 소비까지의 전 과정에 걸쳐 생산성과 효율성을 증진시키고 품질 향상 등으로 고부가가치 창출이 가능한 농업 기술이다[2].

인삼(*Panax ginseng*)은 오가피나무과의 다년생 초본으로 아주 오래전부터 한의약 혹은 건강기능식품 소재로 널리 사용되어 왔다[3,4]. 인삼은 주로 뿌리를 약용이나 식용으로 사용하며, 정상적으로 재배된 인삼은 쓴맛이 강하고 잎의 경화도가 높아 이용하기에 부적절하다. 그러나, 새싹인삼은 1년 혹은 2년근 이내의 묘삼을 이용하여 약 20-60일 정도 재배해 잎, 줄기 및 뿌리를 모두 섭취할 수 있도록 재배되고 있다[5]. 새싹인삼은 재

Kye Man Cho (✉)  
E-mail: kmcho@gntech.ac.kr

<sup>1</sup>Department of Food Science, Gyeongsang National University, Jinju 52725, Republic of Korea

<sup>2</sup>Department of Horticultural Science, Gyeongsang National University, Jinju 52725, Republic of Korea

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.

배기기간이 짧고 스마트 팜 혹은 식물공장과 같은 시설에서도 재배가 가능하여 계절에 영향을 받지 않으며 농약을 사용하지 않고 뿌리, 줄기 및 잎 모두를 섭취할 수 있는 특징이 있다[6]. 최근에 새싹인삼의 효소가수분해의 항산화 활성[7], 새싹인삼과 차풀의 복합 추출물 피부 항산화 및 미백효과[8] 등의 연구가 보고되었다. 또한 카스텔라 및 설기떡과 같은 가공식품으로 활용되어지고 있다[9,10].

인삼의 생리활성 물질로는 대표적인 삼 사포닌인 진세노사이드를 비롯하여 인삼 탄백질 및 polyphenol성 화합물, 산성 다당체 등이 보고되어 있다[11-13]. 진세노사이드는 triterpenoid의 dammarane계의 인삼 속의 식물에만 존재하는 특유한 사포닌이다. 기본 골격의 탄소 3, 6, 및 20번의 위치에 glucose, xylose 및 rhamnose 등의 당을 결합하는 형태의 구조를 가지며 이들은 protopanaxadiol (PPD) 및 protopanaxatriol (PPT), oleanolic acid, octillol 형태로 구분되며[14], 약성이 매우 온화하고 과량 투여에 의한 독성이 없으며 용혈 작용이 거의 없는 것으로 알려졌다[15,18]. PPD 형태의 진세노사이드는 Rb1 및 Rb2, Rb3, Rc, Rd, Rg1 등 및 PPT 계열의 진세노사이드는 Re 및 Rf, Rg1, Rg2 등이 있으며[16], 이러한 진세노사이드들은 여러 효능들이 알려져 있다. 대표적으로 항암, 항당뇨 작용 및 면역기능 조절작용 등에 효능이 있다고 보고되었다[17-19]. 인삼은 주로 뿌리만 식용으로 사용되고 있으며 이는 재배 년 수가 지날수록 잎의 경질화 등에 의해 식용이 어렵기 때문이다. 그러나, 광합성과 관련이 있는 인삼의 잎에도 적지 않은 진세노사이드가 함유되어 있다고 보고되었다[15,20].

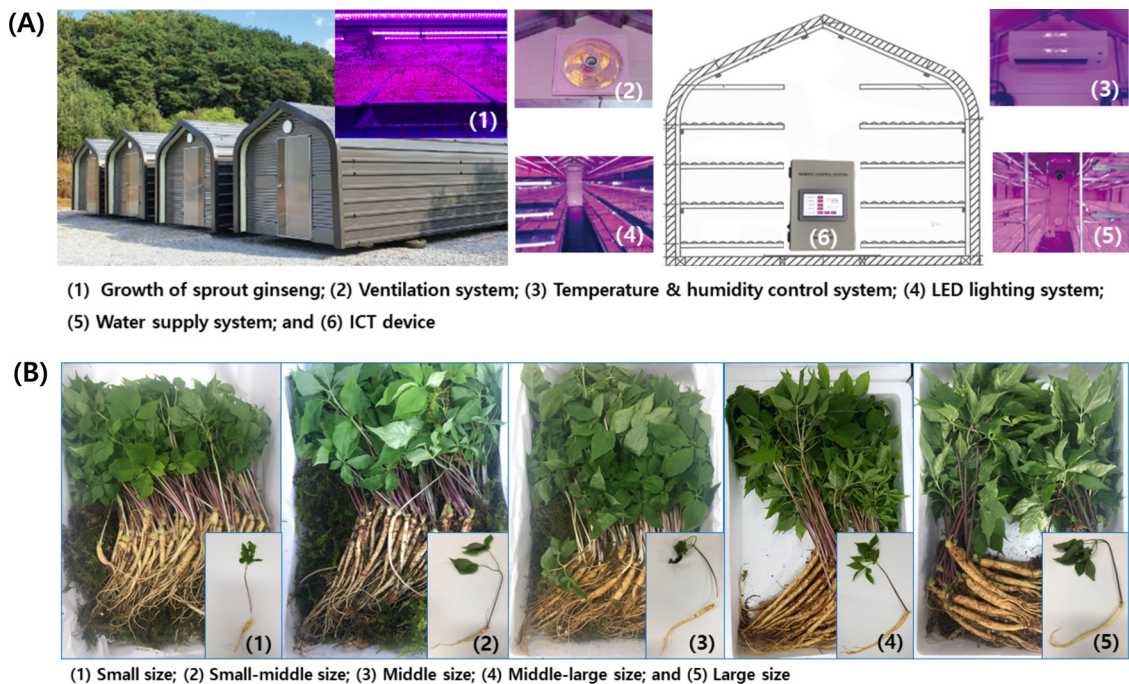
본 연구에서는 농업 환경 변화에 따른 기능성 소재로서 새싹인삼의 생산을 위하여 묘상 크기에 따라 식물공장에서 재배된

새싹인삼의 진세노사이드 함량 및 항산화 활성을 분석하여 기능성 소재로 생산을 위한 최적의 새싹인삼 크기 선정의 기초자료로 활용하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험 재료, 시약 및 분석 기기

실험에 사용된 새싹인삼은 경상남도 사천시 서포면 소재 ㈜드림팜의 식물공장에서 재배된 것을 공급받아 사용하였다. 즉, 온도  $19\pm 2^\circ\text{C}$ , 습도  $55\pm 5\%$  및 식물성장 LED 광원(적색, 청색과 백색 혼합 광원)  $400\pm 200\text{ lx}$ 로 자동 제어된 식물공장(Fig. 1A)에서 30일간 재배된 새싹인삼을 공급받았으며 크기에 따라 small (S), small-middle (SM), middle (M), middle-large (ML) 및 large (L)로 분류하였다(Fig. 1B). 21종의 ginsenoside 표준품(Rb1, Re, Ro, Rg2, Rg3, Rb2, Rd, F2 및 compound K등)은 KOC바이오텍(Daejeon, Korea)에서 구입하였다. 총 phenolics 측정에 사용된 Folin-Cicalteu phenol과 총 flavonoids 함량 측정에 사용된 diethyleneglycol 등은 Sigma-Aldrich사(St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였고 항산화 활성에 사용된 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), 2,4,6-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) diammonium salt (ABTS), thiobarbituric acid (TBA) 및 trichloroacetic acid (TCA) 등 역시 Sigma-Aldrich사에서 구입하여 사용하였다. HPLC-grade water, acetonitrile 및 methanol은 Fisher Scientific사(Fairlawn, NJ, USA)에서 구입하였고 이외 분석에 사용된 시약은 1급으로 구입하여 실험에 사용하였다.



**Fig. 1** Photograph of structure and composition of plant factory for the produce ginseng sprout. (A) structure and composition of smart farm and (B) ginseng sprout according to different sizes

총 phenolics, 총 flavonoids 및 라디칼 소거활성 측정은 분광 광도계(UV-1800 240V, Shimadzu Corp., Kyoto, Japan)를 사용하여 측정하였다. Ginsenoside 함량은 high performance liquid chromatography (HPLC Agilent 1260 system, Agilent Technologies Inc., Waldbronn, Germany)를 사용하였고 검출기로 diode array detector를 사용하였다.

**길이 및 무게 측정**

각 크기별 새싹인삼 30수에 대해서 지상부(잎과 줄기)와 지하부(뿌리)로 나눈 후 길이와 무게를 측정하여 평균값으로 표기하였다.

**추출물 제조**

각 크기별 새싹인삼의 지상부와 지하부는 55±1 °C에서 2일간 건조하고 분쇄한 후 -20 °C에 보관하면서 사용하였다. 건조하여 분쇄한 시료 10 g에 50% 발효주정(HI-San Trading Co., Ltd., Haman, Korea) 10 mL를 분주하여 상온에서 12시간 추출하여 원심분리한 후 상등액을 0.45 µm membrane filter (Dismic-25CS, Toyotoshikaisha, Ltd, Tokyo, Japan)로 여과하여 추출물을 제조하였다. 추출물은 총 phenolic과 총 flavonoid 함량 및 항산화 활성 측정에 사용하였고 음성대조구로는 50% 발효 주정 추출 시료 대신에 50% 발효 주정을 사용하였다.

**총 phenolics 및 flavonoids 함량**

총 phenolics 함량은 Folin과 Denis [21]의 방법을 조금 변형하여 실시하였다. 희석한 시료(50배 희석) 추출물과 25% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액을 각각 0.5 mL씩 시험관에 분주하여 3분간 반응한 후 2 N Folin-Ciocalteu phenol 시약 0.25 mL 첨가하여 30 °C에서 1 시간 발색 시켰다. 이 후 원심분리하여 상등액을 750 nm에서 측정하였고 함량은 gallic acid를 이용하여 작성된 표준 검량곡선에 대입하여 값을 계산하였다.

총 flavonoids 함량은 Lee 등 [22]의 방법을 약간 변형하여 실시하였다. 희석된 시료(20배 희석) 추출물 0.5 mL를 시험관에 분주하고 diethylene glycol 용액 1 mL과 1 N NaOH 0.01 mL를 혼합하여 항온수조(37 °C)에서 1시간 반응시킨 후 420 nm로 측정하였으며 rutin을 이용하여 작성된 표준 검량곡선으로부터 함량을 계산하였다.

**Ginsenoside 함량 분석**

진세노사이드 분석은 Jin 등[23]의 방법을 약간 변형하여 실시하였다. 건조 분말 시료 1 g에 50% HPLC methanol 20 mL를 가하여 항온수조(70 °C)에서 1시간 추출하고 이를 원심분리하고 0.45 µm membrane filter로 여과하는 과정을 2회 반복하여 추출물 40 mL를 얻는다. 추출 시료는 60 °C에서 감압 농축 후 최종 HPLC water 2 mL로 용해하여 0.45 µm membrane filter로 여과하여 분석에 사용하였다. 시료 주입량은 10 µL, 유속은 1.0 mL/min을 유지하였고 HPLC 칼럼은 TSKgel ODS-100Z (4.6 ×250 nm, 5 µm, Tosoh Corp., Tokyo, Japan)를 사용하였으며 203 nm 파장에서 분석을 진행하였다. 이동상 용매는 HPLC water와 HPLC acetonitrile를 각각 용매 A와 용매 B로 사용하였으며 분석조건은 용매 B를 기준으로 10 min-19%, 15 min-20%, 40 min-23%, 75 min-35%, 90 min-90% 105 min-19%로 분석하였다.

**항산화 능력 측정**

DPPH, ABTS 및 hydroxyl 라디칼 소거활성은 Hwang 등[24] 및 Ahn 등[25]의 방법에 따라 측정하였다. DPPH 용액 0.8 mL를 시험관에 분주하고 50배 희석한 시료 0.2 mL를 가하여 잘 혼합한 후 실온 암실에서 30분간 반응시킨 후 분광 광도계를 이용하여 파장 525 nm에서 측정하였다. ABTS 라디칼 소거활성은 7 mM ABTS 용액과 2.45 mM potassium persulfate 용액을 1:1로 섞어 실온 암실에서 12-16시간 반응하여 ABTS<sup>+</sup> 이온을 형성시킨 후 732 nm에서 흡광도 값이 0.7±0.02가 되도록 추출 용매(메탄올)로 희석한 ABTS 라디칼 생성 용액 0.9 mL과 100배 희석된 시료 0.1 mL를 시험관에 분주하여 적당히 교반한 후 3분 후에 측정하였다. Hydroxyl 라디칼 소거활성은 10 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 10 mM FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O-EDTA 및 10 mM 2-deoxyribose 0.2 mL를 시험관에 분주하고 희석된 시료 1.4 mL를 가하여 충분히 교반 후 37 °C에서 4시간 동안 반응시켰다. 이 후 1% TBA와 2.8% TCA를 각각 1 mL를 분주하고 100 °C에서 20분 동안 발색한 후 520 nm의 파장에서 측정하였다. 음성대조구는 시료 대신 추출 용매(50% 발효 주정)를 사용하였고 DPPH, ABTS 및 hydroxyl 라디칼 소거활성은 시료 첨가구와 무첨가구(음성대조구) 사이의 차이를 백분율(%)로 나타냈었다.

Ferric reducing/antioxidant power (FRAP) 측정은 Hwang 등[26]의 방법을 조금 변형하여 측정하였다. pH 3.6의 30 mM acetate buffer, 10 mM TPTZ 시약(in 40 mM HCl) 및 20 mM FeCl<sub>3</sub> 용액을 10:1:1(v/v/v)의 비율로 혼합 후 37 °C 항온수조에서 15분 예비 반응하여 FRAP 측정을 준비하였다. 20배 희석한 추출 시료 0.05 mL과 예비 반응시킨 FRAP 시약 0.95 mL를 시험관에 분주하여 37 °C에서 15분 반응시키고 593 nm에서 흡광도를 측정하였다.

**결과 및 고찰**

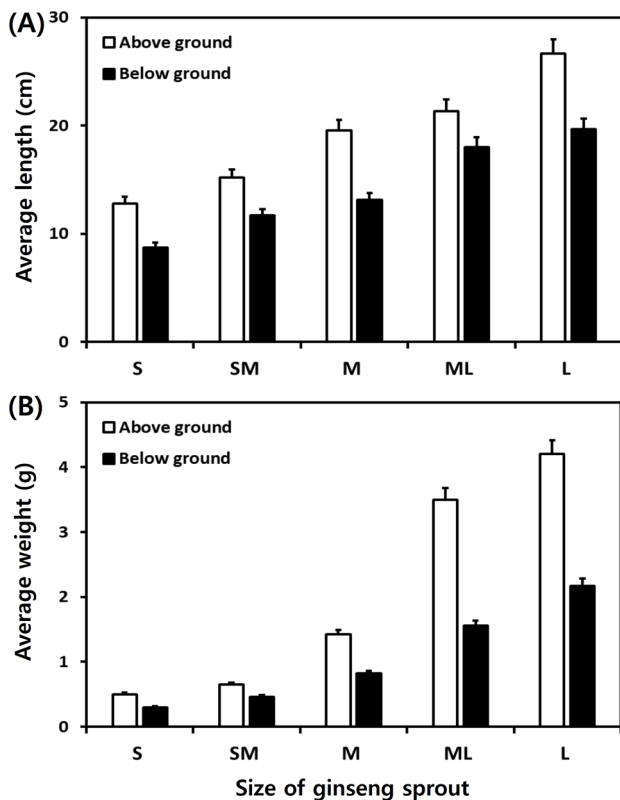
**크기에 따른 새싹인삼의 길이 및 무게**

식물공장에서 재배된 새싹인삼을 크기가 작은 것에서부터 제일 큰 것까지 S, SM, M, ML, 및 L 크기로 총 5개로 분류하여 실험을 진행하였다. 각 크기의 새싹인삼을 30수씩 채취하여 지상부(잎과 줄기) 및 지하부(뿌리)로 구분하여 평균 길이와 무게를 측정된 결과 Fig. 2와 같았다. 새싹인삼의 평균 길이는 지상부와 지하부 모두 S 크기일 때 12.78 cm 및 8.71 cm에서 M 크기에서 19.52 cm와 13.11 cm로 길이가 증가하였으며 L 크기에서 지상부 26.66 cm와 지하부 19.67 cm로 크기가 클수록 길이가 길어졌다. 평균 무게 역시 S 크기에서 지상부와 지하부 각각 0.5 g과 0.3 g 있었으며 L 크기에서 4.2 g과 2.17 g으로 무게가 증가하였다.

**크기에 따른 새싹인삼의 총 phenolic 및 총 flavonoid 함량**

식물공장에서 생산하여 크기에 따라 S부터 L까지 5종류로 분류하여 지상부와 지하부로 나눠 측정된 총 phenolic와 총 flavonoid 함량은 Fig. 3과 같았다. 총 phenolic 함량은 S 크기에서 지상부는 2.81 GAE mg/g으로 나타났으며 지하부는 1.11 GAE mg/g으로 나타났다. SM과 M 크기로 크기가 증가할수록 지상부의 함량은 3.96 및 5.16 GAE mg/g으로 증가하였으나,



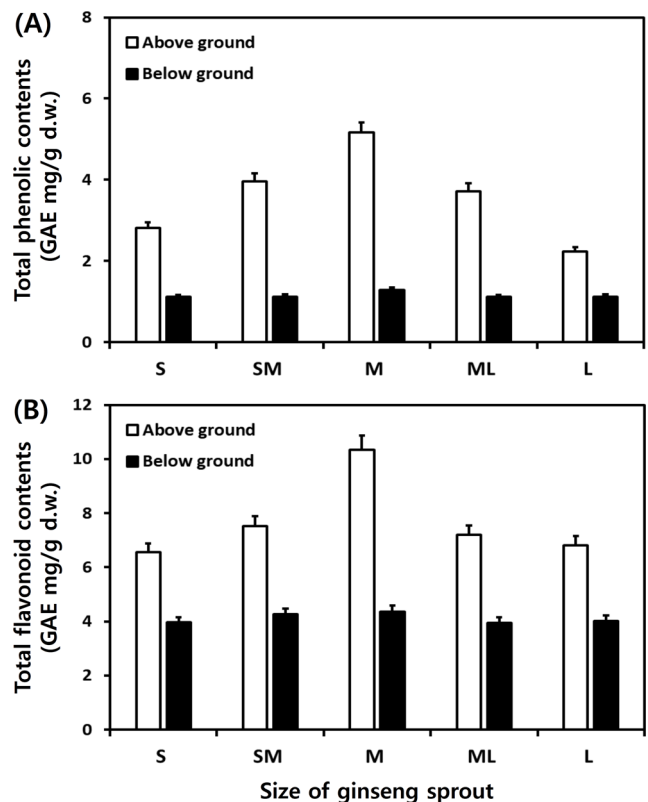


**Fig. 2** Comparison of average length and weight of ginseng sprout (above and below grounds) according to different sizes. (A) average length and (B) average weight. All values are presented as the mean $\pm$ SD of thirty ginseng sprout. Abbreviation: S, small ginseng sprout; SM small-middle ginseng sprout; M, middle sprout ginseng; ML, middle-large ginseng sprout, and L, large ginseng sprout

ML과 L 크기로 갈수록 3.72 및 2.23 GAE mg/g으로 함량은 감소하였다. 지하부 역시 M 크기에서 1.28 GAE mg/g으로 높은 함량을 보였으며 L 크기에서 1.12 GAE mg/g으로 가장 낮은 함량을 보였다.

총 flavonoid 함량은 S 크기에서 M 크기로 증가할수록 지상부의 함량은 6.55, 7.51 및 10.34 RE mg/g으로 증가하였으나, ML 크기 및 L 크기로 크기가 증가할수록 7.19 및 6.81 RE mg/g으로 함량이 낮아졌다. 지하부 역시 M 크기에서 4.36 RE mg/g으로 가장 높은 함량을 보였으나 다른 크기들 간의 차이는 보이지 않았다. 총 phenolic과 총 flavonoid 함량은 M 크기에서 가장 높은 함량을 보였다.

Phenolics와 flavonoids 화합물은 식물계에 널리 존재하며 천연물 유래 대표적인 항산화제로 알려져 있고 산화적 스트레스 방어 효과를 나타내고 활성산소를 제거하는데 기여한다고 알려져 있다[24,27]. Phenolic hydroxyl이라는 페놀성 물질이 거대 분자와 결합하여 항균, 항암, 항산화 등의 생리활성 기능을 나타낸다고 알려져 있다[28,29]. 따라서 M 크기가 S나 L과 같이 다른 크기에 비해 항산화 활성이 높은 것은 이에 기인한 것으로 판단되었다. Lee 등[30]은 수경재배 인삼의 뿌리와 잎, 줄기의 총 폴리페놀 함량을 비교한 결과 각각 115.74와 282.15 mg/g으로 잎과 줄기에서 높은 것으로 보고하였다. Kim 등[32]은 새



**Fig. 3** Comparison of total phenolic and total flavonoid contents of ginseng sprout (above and below grounds) according to different sizes. (A) total phenolic content and (B) total flavonoid content. All values are presented as the mean $\pm$ SD of pentaplicate determination. Abbreviation: S, small ginseng sprout; SM small-middle ginseng sprout; M, middle ginseng sprout; ML, middle-large ginseng sprout, and L, large ginseng sprout

싹삼의 지하부와 비교해 지상부에서 총 phenolic, 총 flavonoid, phenolic acids 및 flavonols 함량이 높은 것으로 보고하였으며, 지상부에서 검출된 phenolic acids와 flavonols 중 chlorogenic acid와 quercetin이 각각 주요 화합물로 검출된 것으로 보고하였다. Park의 연구[32]에서 새싹인삼을 잎과 뿌리로 나누어 에탄올에 추출하여 총 phenolics 및 총 flavonoids 함량 및 미백 효능을 비교한 결과 총 phenolics 및 flavonoids 함량은 뿌리보다 잎 추출물에서 높은 함량을 나타내어 본 연구와 동일한 결과를 보였다. 또한, 새싹인삼의 추출물을 농도별로 무첨가군과 비교하였으며 새싹인삼 추출물에서 멜라닌 생성이 억제되어 미백에 효능이 있음을 보고하였다.

#### 크기에 따른 새싹인삼의 진세노사이드 함량

식물공장에서 생산된 새싹인삼을 크기에 따라 분류하여 이를 지상부와 지하부로 나눠 측정된 진세노사이드의 함량은 Table 1과 Fig. 4와 같다. 진세노사이드 21종의 화합물 중 Re의 함량이 가장 높게 나타났으며, 지상부가 지하부에 비해 평균적으로 약 4-5배 높게 나타났다. 지상부의 경우 M 크기는 24.15 mg/g으로 가장 높은 함량을 보였으며 L 크기에서 20.33 mg/g으로 가장 낮은 함량을 보였다. 지하부의 경우 SM 크기에서 5.54

**Table 1** Comparison of ginsenoside contents of sprout ginseng (above and below grounds) according to different sizes

Contents <sup>1)</sup> (mg/g d.w.)	Sprout ginseng*									
	Above ground					Below ground				
	S	SM	M	ML	L	S	SM	M	ML	L
<b>Protopanaxtriol types</b>										
Ginsenoside Rg1 (1)	4.69±0.23	5.25±0.26	5.36±0.27	4.12±0.21	4.01±0.20	0.78±0.04	1.08±0.05	1.32±0.07	1.70±0.09	1.94±0.10
Ginsenoside Re (2)	22.16±1.11	23.04±1.15	24.15±1.21	22.24±1.11	20.33±1.02	4.67±0.23	5.54±0.28	5.20±0.26	4.48±0.22	5.06±0.25
Ginsenoside Rf (4)	0.24±0.01	0.27±0.01	0.29±0.01	0.28±0.01	0.27±0.01	0.46±0.02	0.67±0.03	0.70±0.04	0.70±0.04	0.78±0.04
Ginsenoside F5 (5)	0.54±0.03	0.60±0.03	0.78±0.04	0.62±0.03	0.59±0.03	0.14±0.01	0.20±0.01	0.28±0.01	0.19±0.01	0.21±0.01
Ginsenoside F3 (6)	2.12±0.11	2.85±0.14	4.84±0.24	2.63±0.13	2.35±0.12	ND <sup>2)</sup>	ND	ND	ND	ND
Ginsenoside Rg2 (7)	1.03±0.05	1.41±0.07	2.00±0.10	1.50±0.08	1.44±0.07	0.69±0.03	0.69±0.03	0.60±0.03	0.50±0.03	0.54±0.03
Ginsenoside Rh1 (8)	0.14±0.01	0.20±0.01	0.29±0.01	0.24±0.01	0.26±0.01	ND	ND	ND	ND	ND
Ginsenoside F1 (11)	1.05±0.05	12.1±0.61	3.30±0.17	1.53±0.08	1.39±0.07	0.50±0.03	0.63±0.03	0.60±0.03	0.58±0.03	0.63±0.03
Protopanaxtriol (18)	1.98±0.10	2.10±0.11	2.07±0.10	2.10±0.11	1.28±0.06	0.39±0.02	0.68±0.03	0.62±0.03	0.58±0.03	0.25±0.01
Total	33.95	36.93	43.08	35.26	31.92	7.63	9.49	9.32	8.73	9.41
<b>Protopanaxdiol types</b>										
Ginsenoside Rb1 (9)	1.75±0.09	1.90±0.10	2.30±0.12	2.64±0.13	2.35±0.12	5.09±0.25	8.03±0.40	8.61±0.43	6.62±0.33	7.23±0.36
Ginsenoside Rc (10)	1.28±0.06	1.80±0.09	3.73±0.19	2.17±0.11	1.69±0.08	3.11±0.16	3.99±0.20	4.09±0.20	3.83±0.19	4.11±0.21
Ginsenoside Rb2 (12)	2.93±0.15	3.30±0.17	8.03±0.40	4.04±0.20	3.17±0.16	2.12±0.11	2.80±0.14	2.26±0.11	2.30±0.12	2.47±0.12
Ginsenoside Rb3 (13)	0.67±0.03	0.73±0.04	1.73±0.09	1.13±0.06	0.82±0.04	0.78±0.04	0.86±0.04	0.71±0.04	0.65±0.03	0.73±0.04
Ginsenoside Rd (14)	11.36±0.24	11.93±0.60	27.42±1.37	13.92±0.70	11.96±0.60	1.33±0.07	1.27±0.06	1.43±0.07	1.21±0.06	1.25±0.06
Ginsenoside Rd2 (15)	1.07±0.05	1.22±0.06	5.31±0.27	2.36±0.12	1.43±0.07	0.82±0.04	1.45±0.07	1.20±0.06	0.76±0.04	0.81±0.04
Ginsenoside F2 (16)	1.36±0.07	1.77±0.09	6.91±0.34	2.28±0.11	2.42±0.12	0.43±0.02	0.44±0.02	0.69±0.03	0.35±0.02	0.20±0.01
Ginsenoside Rg3 (17)	0.89±0.04	1.06±0.05	2.05±0.10	1.17±0.06	0.61±0.03	0.36±0.02	0.81±0.04	0.69±0.03	0.85±0.04	0.54±0.03
Compound K (19)	0.46±0.02	0.67±0.03	1.28±0.06	0.91±0.05	0.73±0.04	0.98±0.05	1.07±0.01	0.95±0.03	0.80±0.04	0.52±0.03
Ginsenoside Rh2 (20)	0.33±0.02	0.52±0.03	1.04±0.05	0.79±0.04	0.66±0.03	0.34±0.02	0.33±0.02	0.27±0.01	0.27±0.01	0.13±0.01
Protopanaxdiol (21)	0.71±0.04	0.92±0.05	2.14±0.11	1.39±0.07	0.84±0.04	0.28±0.01	0.29±0.01	0.21±0.01	0.17±0.01	0.16±0.01
Total	22.81	25.82	61.94	32.80	26.68	15.64	21.34	21.11	17.81	18.15
<b>Oleanane types</b>										
Ginsenoside Ro (3)	4.55±0.23	4.91±0.25	5.02±0.25	3.25±0.31	3.26±0.26	2.57±0.13	3.36±0.17	2.40±0.12	3.20±0.16	4.03±0.20
Total	4.55	4.91	5.02	3.25	3.26	2.57	3.36	2.40	3.20	4.03
Total ginsenosides	61.31	67.66	110.04	71.31	61.86	25.84	34.19	32.83	29.74	31.59

<sup>1)</sup>All values are presented as the mean±SD of triplicate determination

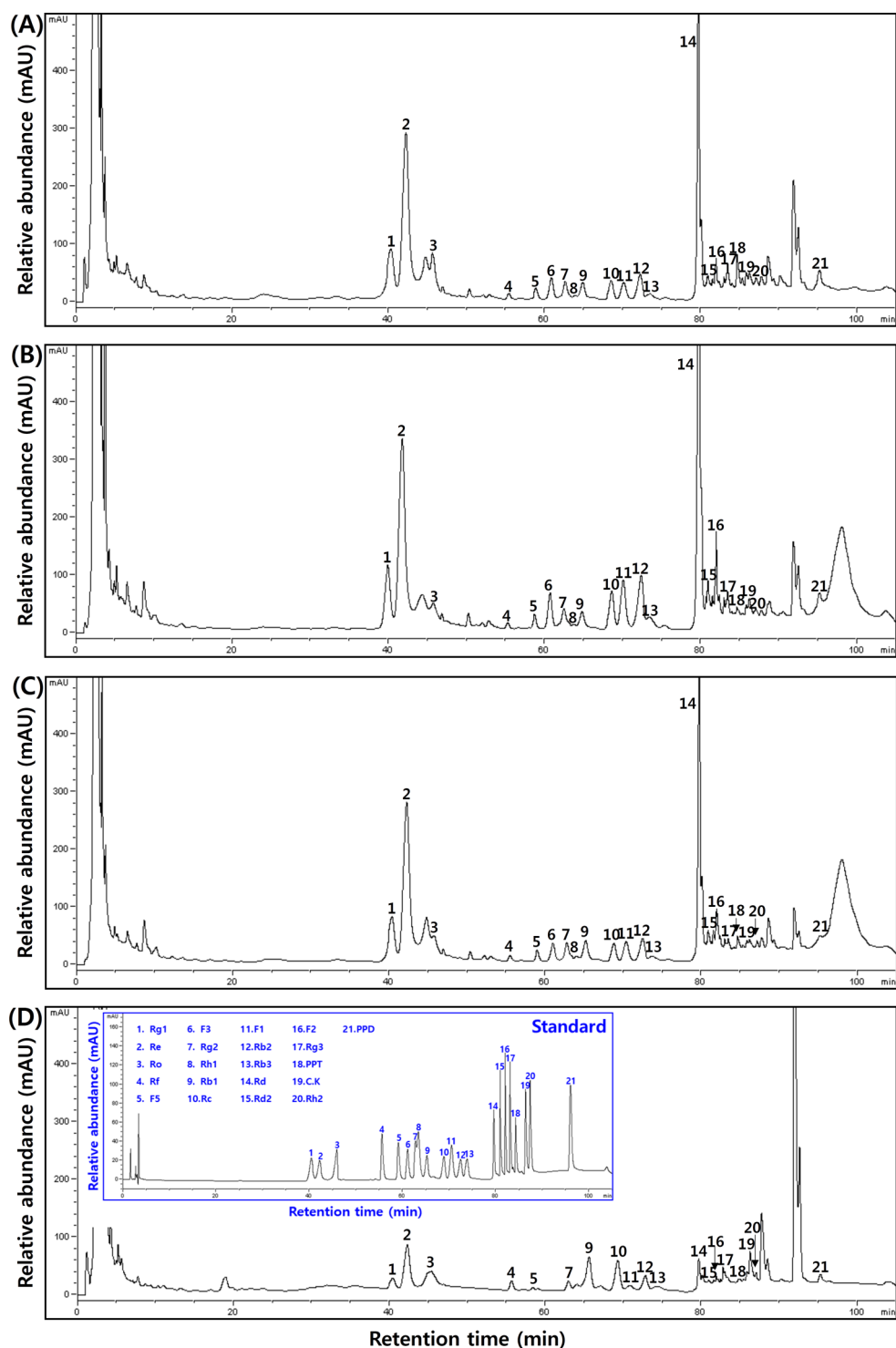
<sup>2)</sup>ND: not detected

\*Abbreviation: S, small sprout ginseng; SM small-middle sprout ginseng; M, middle sprout ginseng; ML, middle-large sprout ginseng, and L, large sprout ginseng

mg/g의 함량을 보였으며, M 크기에서는 5.20 mg/g으로 두번째로 높은 함량을 보였다. 지상부와 달리 지하부에서는 Re 함량의 큰 차이를 보이지 않았다. PPT 계열 화합물 중 F1과 Rh1은 지하부에서 검출되지 않았으며, 이중 진세노사이드 F1의 경우에는 옆에만 함유되어 있는 화합물로 알려져 있다[33]. 진세노사이드 Rb1은 지하부에서 높은 함량을 보였으며, M 크기일 때 8.61 mg/g으로 가장 높았고 지상부에서 2.30 mg/g으로 약 4배 높은 함량을 보였다. Rd는 지상부에 높은 함량을 보였으며 S, SM, ML 및 L 크기에서 평균 12.29 mg/g의 함량으로 큰 차이를 보이지 않았으나, M 크기에서 27.42 mg/g으로 약 2배 높은 함량을 보였다. F2 화합물은 M 크기에서 6.91 mg/g으로 높은 함량을 보였으며, S 크기에서 1.36 mg/g으로 가장 낮은 함량을 보였다. 총 진세노사이드 함량은 지상부의 S 크기에서 61.31 mg/g에서 SM 크기에서 67.66 mg/g, M 크기에서 110.04

mg/g으로 점차 증가하다가 ML크기에서 71.31 mg/g 및 L 크기에서 61.86 mg/g으로 함량이 감소하였다. 지하부의 경우 S 크기에서 25.84 mg/g으로 가장 낮은 함량을 보였으나 SM 및 M 크기는 각각 34.19 및 32.83 mg/g으로 큰 차이를 보이지 않았다(Table 1).

인삼의 진세노사이드는 triterpenoid계 사포닌의 비율이 대부분을 차지하며 진세노사이드 Rb1, Re, Rf, Rg1 및 Rc 등의 화합물이 이에 속한다[34]. 진세노사이드는 dammarane-type의 4환상 구조와 oleanane-type의 5환상 구조를 가지며 triterpenoid계는 dammarane-type의 형태를 가진다고 보고되었다[35]. Farnesyl diphosphate는 isoprenoid 경로에서 squalene으로 합성되며[36], squalene epoxidase 반응과 oxidosqualene cyclases의 촉매 작용을 통해 phyosterol과 triterpene으로 합성되며 이 단계에서 진세노사이드의 전구체인 4 환상 골격의 dammarenediol



**Fig. 4** The typical HPLC chromatogram of ginseng sprout (above and below grounds) according to different sizes. (A) above ground of small ginseng sprout, (B) above ground of small-middle ginseng sprout, (C) above ground of large ginseng sprout, (D) below ground of small ginseng sprout, (E) below ground of small-middle ginseng sprout, (F) below ground of large ginseng sprout

과 5 환상 골격의  $\beta$ -amyrin이 합성되며 이는 수산화 및 당화 반응으로 진세노사이드로 변환된다[37]. Cytochrome P450 효소는 PPD의 탄소 6번의 수산화 반응에 관여하여 PPD로 변환시

키는 것으로 보고되었으며[38], glycosyltransferase 효소가 PPD 및 PPT의 골격에 작용하여 당화 반응이 일어난다고 보고되었다[39-41]. 이러한 당화 과정을 통해 여러 진세노사이드 화합물

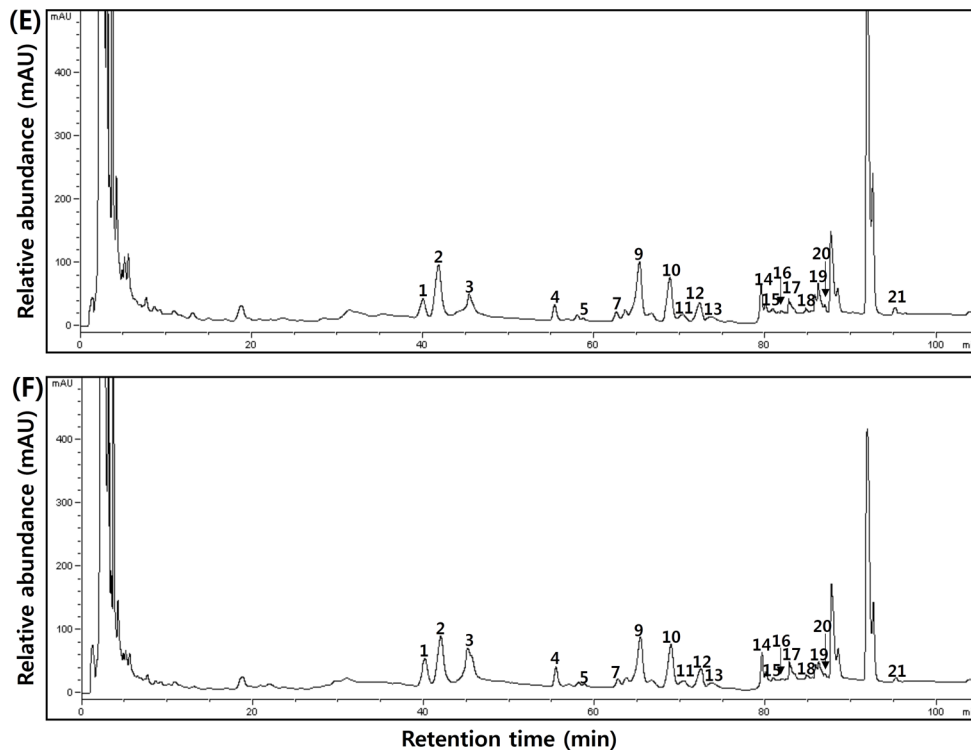


Fig. 4 Continued

이 합성되는 것으로 추측된다. 본 연구에서 PPD 중 가장 높은 비율을 함유한 진세노사이드 Rd는 지방 분화 억제 효과를 확인하는 3T3-L1세포에서 효과적으로 지방 분화를 억제하는 것으로 확인되었으며, 세포내 대사 중심 단백질로서 활성화되었을 때 지방 분화 과정과 같은 단백질 합성 신호 전달 경로를 억제하는 것으로 알려진 AMPK를 활성화시켰으며 PPAR $\gamma$ 의 활성을 효과적으로 억제하여 지방 분화 과정의 발현과 활성을 억제하는 것으로 보고되었다[42].

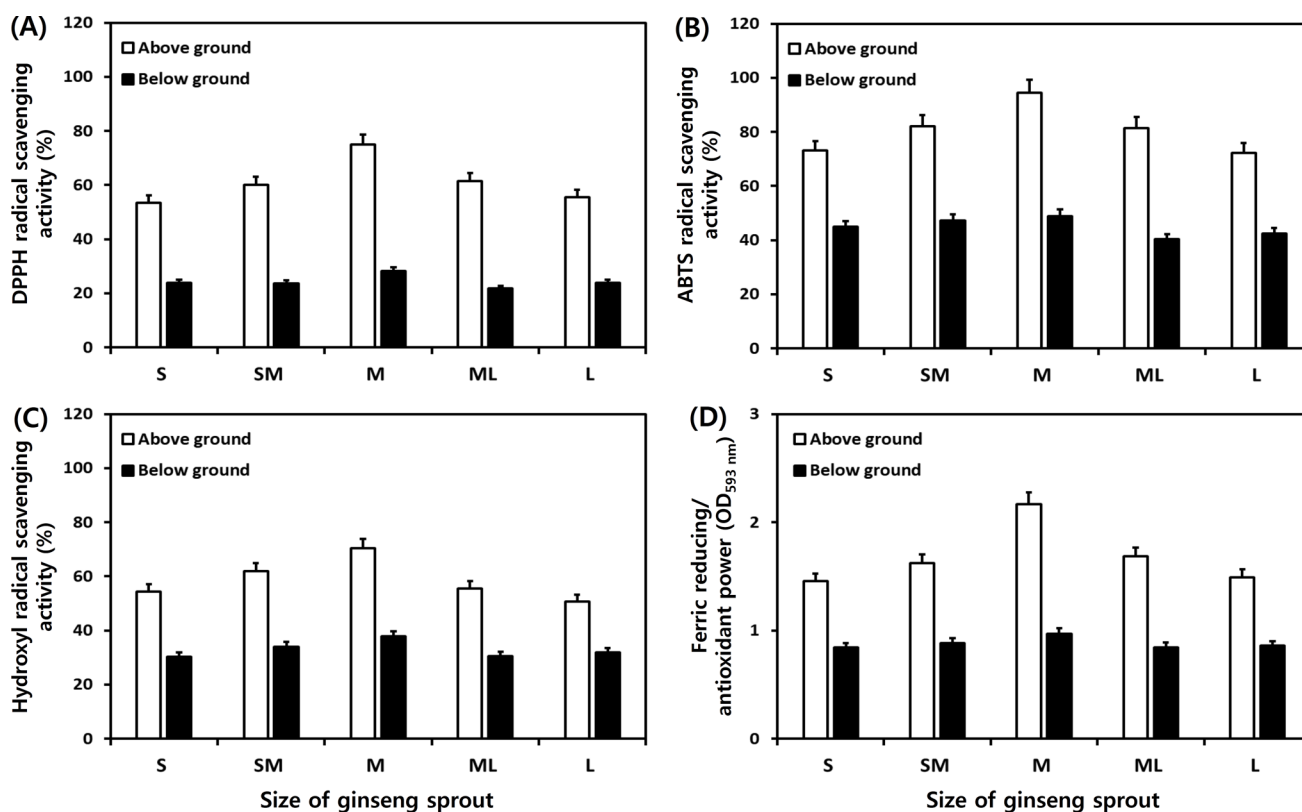
**크기에 따른 새싹인삼의 항산화 능력**

식물공장에서 생산된 새싹인삼의 크기에 따른 지상부와 지하부의 라디칼 소거활성과FRAP 환원력은 Fig. 5와 같았다. DPPH 라디칼 소거능은 S 크기 지상부의 활성은 53.51%의 활성을 보였으며, 지하부의 경우 23.88%의 활성을 보였다. M 크기에서 가장 높은 활성을 보였으며, 지상부의 경우 74.95%와 지하부는 28.12%의 활성을 보였다. 가장 크기가 큰 L 크기에서는 M 크기보다 낮은 55.43% 및 23.74%의 활성을 보였다(Fig. 5A). ABTS 라디칼 소거능 역시 M 크기에서 지상부 및 지하부 각각 94.47% 및 48.84%의 높은 활성을 보였으며, L 크기에서 72.21% 및 42.42%로 가장 낮은 활성을 보였다(Fig. 5B). Hydroxyl 라디칼 소거능은 DPPH와 비슷한 활성을 보였으며 지상부는 S (54.44%), SM (61.90%), M (70.39%), ML (55.44%), 및 L (50.75%)로 중간 크기에서 높은 활성을 보였으며, 가장 큰 크기에서 가장 낮은 활성을 보였다. 지하부 역시 중간 크기인 M에서 37.87% 활성으로 가장 높은 활성을 보였다(Fig. 5C). FRAP 환원력 또한 다른 라디칼 소거능과 같이 M 크기에서 지상 및 지하부의 활성이 가장 높게 나타났다(Fig. 5D).

DPPH 라디칼 소거능은 비라디칼 형태인 DPPH-H와 항산화제의 수소공여능력이 DPPH 용액이 환원되는 원리를 기초로 한다고 보고되었다[43]. 앞선 총 phenolic과 총 flavonoid 연구결과에서 언급한 바와 같이 본 연구에서의 항산화 활성은 phenolic과 flavonoid 화합물의 영향을 받아 위와 같은 결과가 나온 것으로 추측된다. Jeong 등[44]은 산양삼의 연근별 진세노사이드를 분석한 결과 총 진세노사이드 함량이 37.34 mg/g으로 가장 높은 9년근일 때 DPPH 및 ABTS 소거능이 82.37  $\mu$ g GAE/g 및 723.63  $\mu$ g AAE/g으로 가장 높은 활성을 보여 본 실험과 유사하게 경향을 보였다. Lee 등[6]은 새싹인삼의 추출물의 농도가 높아질수록 DPPH 라디칼 소거활성 및 B16F10 세포에서의 멜라닌 생합성이 저해하였으며 RT-PCR 분석으로 멜라닌 생합성 전사 인자인 MITF의 발현을 조절하고 tyrosinase의 활성에 영향을 주어 멜라닌 합성을 저해하였다고 보고하였다.

**초 록**

본 연구에서는 식물공장을 통해 생산된 새싹인삼을 크기에 따라 분류하고 이를 지상부와 지하부로 나누어 진세노사이드 함량과 항산화 활성을 비교하였다. 지상부의 경우 총 phenolic 함량은 중간 크기인 M에서 5.16 GAE mg/g로 가장 높았으며 가장 큰 크기인 L에서 2.23 GAE mg/g으로 가장 낮은 함량을 보였다. 지하부 역시 M 크기에서 가장 높은 함량을 보였으나, 큰 차이를 보이지 않았다. 한편, 총 flavonoid 함량 역시 지상부(5.16 RE mg/g) 와 지하부(1.28 RE mg/g) 모두 M 크기에서 높은 함량을 보였다. 지상부의 주요 진세노사이드는 Re



**Fig. 5** Comparison of antioxidant activities of ginseng sprout (above and below grounds) according to different sizes. (A) DPPH radical scavenging activity; (B) ABTS radical scavenging activity; (C) Hydroxyl radical scavenging activity; and (D) Ferric reducing/antioxidant power. All values are presented as the mean±SD of pentaplicate determination. Abbreviation: S, small ginseng sprout; SM, small-middle sprout ginseng; M, middle ginseng sprout; ML, middle-large ginseng sprout, and L, large ginseng sprout

(20.33-24.15 mg/g) > Rd (11.36-27.42 mg/g) > Rg1 (4.48-5.54 mg/g) 순 있었고 지하부는 Rb1 (5.09-8.61 mg/g) > Re (4.48-5.54 mg/g) > Rc (3.11-4.11 mg/g) 순 있었다. M 크기의 경우 Re와 Rd는 각각 지상부에서 24.15 mg/g과 27.42 mg/g 및 지하부에서 5.20 mg/g과 1.43 mg/g으로 약 4배와 19배 높은 함량을 보였다. 지상부에는 F3 및 Rh1이 검출되었으나, 지하부에서는 검출되지 않았다. DPPH (74.95%)와 ABTS (94.47%), hydroxyl (70.39%) 라디칼 소거 활성 및 FRAP (2.169) 활성은 다른 크기들보다 M 크기에서 가장 높은 활성을 보였다.

**Keywords** 식물공장 · 새싹인삼 · 진세노사이드 · 크기 · 항산화

**감사의 글** 본 연구는 2021년 농촌진흥청 농축산물 수출확대 장애요인해소 기술개발(과제번호: PJ015655)과 2018년 산학연협력 기술개발(과제번호: S266050) 연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

**Conflict of interest** All authors declare that they have no conflict of interest.

## References

- Baek JH, Heo JW, Kim HH, Hong YS, Lee JS (2018) Research-platform design for the korean smart greenhouse based on cloud computing. Protected Horticulture and Plant Factory 27: 27–33. doi: 10.12791/KSBEC.2018.27.1.27
- Park JY, Heo MY (2016) Trends in international standardization of smart agriculture. J Korean Inst of Commu Sci 34: 70–75
- Han JH, Park SJ, Ahn CN, Wee JJ, Kim KY, Park SH (2004) Nutritional composition, ginsenoside content and fundamental safety evaluation with leaf and stem extract of *Panax ginseng*. J Korean Soc Food Sci Nutr 33: 778–784
- Choi JE, Han JS, Kang SJ, Kim KH, Kim KH, Yook HS (2010) Saponin contents and physicochemical properties of red ginseng extract pouch products collected from ginseng markets in Korea. J Korean Soc Food Sci Nutr 39: 1660–1665. doi: 10.3746/jkfn.2010.39.11.1660
- Seong BJ, Kim SI, Jee MG, Lee HC, Kwon AR, Kim HH, Won JY, Lee KS (2019) Changes in growth, active ingredients, and rheological properties of greenhouse-cultivated ginseng sprout during its growth period. Korean J Med Crop Sci 27: 126–135. doi: 10.7783/KJMCS.2019.27.2.126
- Lee DU, Ku HB, Lee YJ, Kim GN, Lee SC (2019) Antioxidant and antimelanogenic activities of *Panax ginseng* sprout extract. J Korean Soc Food Sci Nutr 48: 699–703
- Kim DG, Shin JH, Kang MJ (2018a) Physicochemical characteristics of *Panax ginseng* C.A. Meyer sprout cultivated with nanobubble water and antioxidant activities of enzymatic hydrolysates. J Agric Life Sci 52: 109–120
- Kim GW, Choi YH, Kim BL, Kim Y, Seong RS, Han MH (2018b) Determination of anti-oxidative and whitening effects of complex extracts obtained from sprout *Panax ginseng* C.A. Meyer and *Cassia nomame* (Sieb.) *honda* on skin. Asian J Beauty Cosmetol 16: 309–320
- Kim KP, Kim KH, Yook HS (2016) Quality characteristics of castella



- with *Panax ginseng* sprout powder. J Korean Soc Food Sci Nutr 45: 711–716
10. Lee SH (2018) Quality characteristics of *Sulgidduk* added with Panax ginseng sprout powder. Cul Sci and Hospi Res 24: 133–139
  11. Park JD (1996) Recent studies on the chemical constituents of Korean ginseng. Korean J Ginseng Sci 20: 389–415
  12. Sanata S, Kondo N, Shoji J, Tanaka O, Shivata S (1974) Studies on the saponins of ginseng. I. structure of ginseng-Ro, Rb1, Rb2, Rc and Rd. Chem Pharm Bull 22: 421–428. doi: 10.1248/cpb.22.421
  13. Kitagawa I, Taniyama T, Shibuya H, Nata T, Yoshikawa M (1987) Chemical studies on crude drug processing. V. on the constituents of ginseng radix rubra (2); comparison of the constituents of white ginseng and red ginseng prepared from the same *Panax ginseng* root. Yakugaku Zasshi 107: 495–505. doi: 10.1248/yakushi1947.107.7\_495
  14. Park SM, Jung EH, Kim JK, Jegal KH, Park CA, Cho IJ, Kim SC (2017) 20S-Protopanaxadiol, and aglycosylated ginsenoside metabolite, induces hepatic stellate cell apoptosis through liver kinase B1-AMP-activated protein kinase activation. J Ginseng Res 41: 392–402. doi: 10.1016/j.jgr.2017.01.012
  15. Chang HK (2003) Effect of processing methods on the saponin contents of *Panax ginseng* leaf-tea. Korean J Food & Nutr 16: 46–53
  16. Yang HC (1977) Studies on the saponin of ginseng leaves. Research Paper in Chungnam University 8: 117–121
  17. Kikuchi Y, Sasa H, Kita T, Hirata J, Tode T (1991) Inhibition of human ovarian cancer cell proliferation in vitro by ginsenoside-Rh2 and adjuvant effects to cisplatin in vivo. Anticancer Drugs (England) 2: 63–67. doi: 10.1097/00001813-199102000-00009
  18. Singh VK, Agarwal SS, Gupta BM (1984) Immuno-modulatory activity of Panax ginseng extract. Planta Med 50: 462–465. doi: 10.1055/s-2007-969773
  19. Huo Y, Chen Y (1998) The effect of Panax ginseng extract (GS) on insulin and corticosteroid receptors. J Trad Chin Medi 8: 293–295
  20. Lee JW, Do JH (2001) Antioxidative activity of ethanol extraction fraction from the Korean red tail ginseng. Korean J Food Sci Technol 33: 497–500
  21. Folin O, Denis W (1912) On phosphotungsticphosphomolybdic compounds as color reagents. J Biol Chem 12: 239–243
  22. Lee HY, Shin YM, Hwang CE, Lee BW, Kim HT, Ko JM, Baek IY, An MJ, Choi JS, Seo WT, Cho KM (2014) Production of soybean meat using Korean whole soybean and its quality characteristics and antioxidant activity. J Agric Life Sci 48: 139–156. doi: 10.14397/jals.2014.48.5.139
  23. Jin Y, Kim YJ, Jeon JN, Wang C, Min JW, Jung SY, Yang DC (2012) Changes of ginsenosides and physicochemical properties in ginseng by new 9 repetitive steaming and drying process. Korean J Plant Res 25: 473–481. doi: 10.7732/kjpr.2012.25.4.473
  24. Hwang CE, Seo WT, Cho KM (2013) Enhanced antioxidant effect of black soybean by *Cheonggukjang* with potential probiotic *Bacillus subtilis* CSY191. Korean J Microbiol 49: 391–397. doi: 10.7845/kjm.2013.3070
  25. Ahn MJ, Yuk HJ, Lee HY, Hwang CE, Jeong YS, Hong SY, Kwon OK, Kang SS, Kim HR, Park DS, Cho KM (2015) Effect of the enhanced biological activities and reduced bitter taste of bitter melon (*Momordica charantia* L.) by roasting. J Agric Life Sci 49: 107–119. doi: 10.14397/jals.2015.49.2.107
  26. Hwang CE, Ahn MJ, Lee HY, Lee BY, Kim HT, Ko JM, Baek IY, Seo WT, Cho KM (2014) Potential probiotic *Lactobacillus plantarum* P1201 to produce soy-yogurt with enhanced antioxidant activity. Korean J Food Sci Technol 46: 556–565. doi: 10.9721/KJFST.2014.46.5.556
  27. Cho HK, Lee JY, Seo WT, Kim MK, Cho KM (2012) Quality characteristics and antioxidant effects during Makgeolli fermentation by purple sweet potato-rice Nuruk. Korean J Food Sci Technol 44: 728–735. doi: 10.9721/KJFST.2012.44.6.728
  28. Park CK, Jeon BS, Yang JW (2003) The chemical components of Korean ginseng. Food Industry and Nutr 8: 10–23
  29. Lee SJ, Park DW, Jang HG, Kim CY, Park YS, Kim TC, Heo BG (2006) Total phenol content, electron donating ability and tyrosinase inhibition activity of pear cut branch extract. Korean J Hort Sci Technol 24: 338–342
  30. Lee YL, Seo JH, Hong CY, Kim KH, Lee JS, Jeong HS (2020) Antioxidant activities of hydroponic-cultured ginseng roots and leaves. Korean J Food Nutr 33: 058–063. doi: 10.9799/ksfan.2020.33.1.058
  31. Kim SC, Kang YM, Seong JA, Lee HY, Cho DY, Joo OS, Lee JH, Cho KM (2021) Comprehensive changes of nutritional constituents and antioxidant activities of ginseng sprouts according to the roasting process. Korean J Food Preserv 28: 72–87. doi: 10.11002/kjfp.2021.28.1.72
  32. Park SJ (2019) Antioxidant activities and whitening effects of ethanol extract from Panax ginseng sprout powder. J Korean Soc Food Sci Nutr 48: 276–281
  33. Lee SE, Lee SW, Bang JK, Yu YJ, Seong NS (2004) Antioxidant activities of leaf, stem and root of *Panax ginseng* C. A. Meyer. Korean J Med Crop Sci 12: 237–242
  34. Shibata S (2001) Chemistry and cancer preventing activities of ginseng saponins and some related triterpenoid compounds. J Korean Med Sci 16: 28–37. doi: 10.3346/jkms.2001.16.S.S28
  35. Kushiro T, Ohno Y, Shibuya M, Ebizuka Y (1997) In vitro conversion of 2,3-oxidosqualene into dammarenediol by panax ginseng microsomes. Biol Pharm Bull 20: 292–294. doi: 10.1248/bpb.20.292
  36. Abe I, Rohmer M, Prestwich GD (1993) Enzymatic cyclization of squalene and oxidosqualene to sterols and triterpenes. Chem Rev 93: 2189–2206. doi: 10.1021/cr00022a009
  37. Kim TD, Kim YS, Han JY, Lim S, Choi YE (2009) Metabolic engineering for production of ginsenosides on panax ginseng. J Plant Biotech 36: 352–359. doi: 10.5010/JPB.2009.36.4.352
  38. Shibuya M, Hoshino M, Katsube Y, Hayashi H, Kuchiro T, Ebizuka Y (2006) Identification of  $\beta$ -amyrin and sophoradiol 24-hydroxylase by expressed sequence tag mining and functional expression assay. FEBS J 273: 948–959. doi: 10.1111/j.1742-4658.2006.05120.x
  39. Kushiro T, Shibuya M, Ebuzuka Y (1998)  $\beta$ -amyrin synthase: cloning of oxidosqualene cyclase that catalyzes the formation of the most popular triterpene among higher plants. Eur J biochem 256: 238–244. doi: 10.1046/j.1432-1327.1998.2560238.x
  40. Haralampidis K, Trojanowska M, Osbourn AE (2001) Biosynthesis of triterpenoid saponin in plants. Adv Biochem Eng Biotechnol 75: 31–49. doi: 10.1007/3-540-44604-4\_2
  41. Choi DW, Jung JD, Ha YI, Park HW, In DS, Chung HJ, Liu JR (2005) Analysis of transcripts in methyl jasmonate-treated ginseng hairy roots to identify genes involved in the bio synthesis of ginsenosides and other secondary metabolites. Plant Cell Rep 23: 557–566. doi: 10.1007/s00299-004-0845-4
  42. Kim MS, Lee MS, Kim SH, Kim SH, Kim HJ, Sung MJ, Kim HY, Kwon DY, Hwang JT (2007) Anti-obesity effects of ginsenoside Rd via AMPK and PPAR gamma. Korean J Biotechnol Bioeng 22: 341–344
  43. Yang B, Zhao MM, Shi J, Yang N, Jiang YM (2008) Effect of ultrasonic treatment on the recovery and DPPH radical scavenging activity of polysaccharides from longan fruit pericarp. Food Chem 106: 685–690. doi: 10.1016/j.foodchem.2007.06.031
  44. Jeong BG, Jung GR, Kim MS, Moon HG, Park SJ, Shun JY (2019) Ginsenoside contents and antioxidant activities of cultivated mountain ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) with different ages. Korean J Food Preserv 26: 90–100