



## Changes of nutritional constituents and antioxidant activities by the growth periods of produced ginseng sprouts in plant factory

Jin A Seong<sup>1</sup> · Hee Yul Lee<sup>2</sup> · Su Cheol Kim<sup>1</sup> · Du Yong Cho<sup>2</sup> · Jea Gack Jung<sup>2</sup> · Min Ju Kim<sup>2</sup> · Ae Ryeon Lee<sup>2</sup> · Jong Bin Jeong<sup>2</sup> · Ki-Ho Son<sup>2,3</sup> · Kye Man Cho<sup>1,2</sup>

### 식물공장에서 생산된 새싹인삼의 생육 시기에 따른 영양성분 및 항산화 활성 변화

성진아<sup>1</sup> · 이희율<sup>2</sup> · 김수철<sup>1</sup> · 조두용<sup>2</sup> · 정재각<sup>2</sup> · 김민주<sup>2</sup> · 이에련<sup>2</sup> · 정종빈<sup>2</sup> · 손기호<sup>2,3</sup> · 조계만<sup>1,2</sup>

Received: 4 June 2022 / Accepted: 13 July 2022 / Published Online: 30 September 2022  
© The Korean Society for Applied Biological Chemistry 2022

**Abstract** Ginseng sprouts, which can be eaten from leaves to roots, has the advantage of not having to use pesticides without being affected by the season by using smart farms. The optimal cultivation timing of sprout ginseng was checked and the nutritional content and antioxidant activity were compared and analyzed. The values of total fatty acids and total minerals were no significant changes during the growth periods. The contents of total amino acids were slightly decreased to 45 days and after increased to 65 days. When the growth period was 65 days, arginine had the highest content of 3309.11 mg/100 g. The total phenolic contents were high at 3.73 GAE mg/g on the 45 days, and the total flavonoid contents were also the highest at 9.04 RE

mg/g on the 45 days. The contents of total ginsenoside was not noticeable for the growth periods (29.83 on 25 days→32.77 on 45 days→26.02 mg/g on 65 days). The ginsenoside Rg2 (0.62 mg/g), Re (8.69 mg/g), Rb1 (4.75 mg/g) and Rd (3.47 mg/g) had highest contents on 45 days during growth. The values of phenolic acids and flavonols were gradually increased to 45 days (338.6 and 1277.14 µg/g) and then decreased to 65 days. The major compounds of phenolic acids and flavonols were confirmed to benzoic acid (99.03-142.33 µg/g) and epigallocatechin (416.03-554.64 µg/g), respectively. The values of 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (44.27%), 2,4,6-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) diammonium salt (75.16%), and hydroxyl (63.29%) radical scavenging activities and ferric reducing/antioxidant power (1.573) showed the highest activity on the 45 days as well as results of total phenolic and total flavonoid contents.

Jin A Seong and Hee Yul Lee are contributed equally to this work.

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 Green Bio Science and Agri-Food Bio Convergence Institute, Gyeongsang National University, Jinju 52725, Republic of Korea

<sup>3</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.

**Keywords** Antioxidant · Ginseng sprouts · Ginsenosides · Growth periods · Plant factory

### 서론

인삼(*Panax ginseng* C. A. Meyer)은 다년생 초본식물로 여러 기능성 물질이 함유되어있고 약리적 효능이 다양한 생약재로 알려져 있다. 특히 원기회복, 면역강화, 노화방지, 항암, 항염증 및 항산화 등의 효과가 있어 건강기능성 식물로 인정되고 있다[1].

인삼류는 환경에 대한 적응력이 약하고 내병성과 같은 생리적 특성에 약해 관리가 힘들고 긴 휴작 기간과 동일한 밭에서 여러 해 작물을 재배하였을 때 발생하는 품질 저하 및 생육, 수량 저하 등의 연작장해로 인해 재배의 어려움을 겪는 것으로 알려져 있다[2,3]. 해가림, 농·기자재의 유형, 인삼 군락지의 기상, 토양 수분의 함량 등은 인삼의 생육에 차이를 발생시키며, 토양의 수분 함량과 해가림에 따른 투광율의 차이는 주요 유효 성분인 사포닌의 함량에도 기여하여 인삼의 품질에 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다[4,5].

사포닌은 식물체에 널리 존재하며 비당체 부분이 여러 고리 화합물로 이루어진 배당체를 통틀어 말한다. 특히 인삼류에 많이 존재한다고 알려져 있으며 이를 진세노사이드라고 부른다. 이러한 진세노사이드는 뿌리에서보다 잎과 열매에 다량 함유된 것으로 알려져 있으며, 인삼 잎은 항산화, 항 피로, 항 당뇨 및 심혈관계 질병 예방 등에 우수한 효능이 있다고 보고되었다[6,7]. 하지만 밭에서 재배된 인삼의 경우 잎이 경화되어 있고, 쓴맛이 강하여 식용으로 섭취 및 약재로써 활용에 한계가 있다. 한편 새싹인삼은 뿌리부터 잎까지 모두 섭취가 가능해 이러한 단점을 보완할 수 있어 새싹인삼에 대한 관심이 증가하고 있다. 일반적으로 새싹은 밭아 한지 몇일 지나지 않은 어린 잎이 편 상태를 말하며 무기질, 아미노산, 식이 섬유 및 비타민과 같은 영양성분이 풍부하며, 밭아 과정 중 외부공격에 대한 방어 기작으로 다양한 생리물질이 생성되고 성숙한 개체에 비해 지방 및 칼로리가 낮다고 알려져 있다[8,9]. 새싹인삼의 경우 일반 인삼 뿌리에 비해 총 사포닌 함량이 약 6배 높게 나타났으며 비타민 C의 함량 또한 높게 나타났다고 보고되었다[10,11].

최근 농가에 노인비율의 증가와 농촌의 인구 감소 및 기후 변화 등의 요인으로 농업환경이 점차 악화되고 있다. 이를 개선하기 위해 농업 분야를 비롯한 축산 및 식물의 생산 등 여러 농업 프로세스에 ICT 기술이 접목된 스마트 농업이 발전되는 것으로 보고되고 있다[12]. 식물공장의 보급 확대로 노동력 감소, 원격관리 등 편의성이 증가하였고, 시설원예의 첨단화로 농작물의 생산성이 높아졌다고 보고되었다[13]. 따라서 본 연구에서는 기후변화에 영향을 받지 않으며 환경 제어가 가능한 식물공장에서 균일한 조건으로 새싹인삼을 재배하고, 생육 시기에 따라 영양성분 및 이화학적 특성, ginsenoside 함량 및 항산화 활성 등을 분석하여 생육 시기에 따른 새싹인삼의 차이와 적정 생육 시기를 확인하였다.

## 재료 및 방법

### 재료 및 시약

본 연구에서 사용한 새싹인삼은 경남 사천시 ㈜드림팜에서 토경 재배로 생산된 새싹인삼을 이용하여 실험을 진행하였다. 총 phenolics 측정에 사용한 Folin-Cialteu phenol과 총 flavonoids 측정에 사용된 diethyleneglycol은 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)사에서 구입하였다. Phenolic acids 표준품(gallic acid, chlorogenic acid, protocatechuic acid, vanillic acid, ferulic acid 및 ventaric acid)과 flavonols 표준품(epigallocatechin, catechin, vanillin, rutin, catechin gallate, quercetin 및 formononetin) Sigma-Aldrich에서 구입하였다. Ginsenosides 표준품(Compound

K, F1, F2, F3, F5, Rb1, Rb2, Rb3, Rc, Rd, Rd2, Re, Rf, Rg1, Rg2, Rg3, Rh1, Rh2, Ro, protopanaxdiol 및 protopanaxtriol)는 KOC biotech (Daejeon, Korea) 구입하여 사용하였다. 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), 2-2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt (ABTS), Ferric reducing/antioxidant power (FRAP), thiobarbituric acid (TBA), trichloroacetic acid (TCA) 및 2,4,5-tri(2-pyridyl)-1,3,5-triazine (TPTZ)은 Sigma-Aldrich사에서 구입하였다. 분석 용매는 high performance liquid chromatography (HPLC)-grade H<sub>2</sub>O, acetonitrile 및 methanol은 Fisher Scientific (Fairlawn, NJ, USA)에서 구입하였고, 이 외 분석에 필요한 모든 시약은 특급 혹은 1급으로 구입하여 사용하였다.

### 생육 시기에 따른 길이 및 무게 측정

새싹인삼은 묘삼을 토양에 파종하여 온도 19±2 °C, 습도 55±5% 및 식물성장 LED 광원(적색, 청색과 백색 혼합 광원; T5-1200L-HC, Dongyoung, Korea) 400±200 lx 조건으로 자동 제어된 식물공장에서 재배하였으며, 파종 후 25일부터 65일까지 10일 간격으로 총 5회(25일, 35일, 45일, 55일 및 65일) 생육 시기별로 수확하였다. 이 중 50개체를 임의로 선택하여 뿌리부터 잎까지의 전초 길이와 무게를 측정하였다. 각 생육시기별 새싹인삼 전초는 55 °C에서 2일간 건조(SI-70S2, Simil, Daegu, Korea) 및 분쇄(HGB2WTS3, Waring, Torrington, USA)한 후 -20 °C에 보관하여 실험 재료로 사용하였다[14].

### 지방산 분석

지방산 분석은 Cho 등[15]의 방법을 약간 변형하여 측정하였다. 건조 분말 시료 1 g을 시험관에 정확히 칭량하고 0.5 N 메탄올성 NaOH를 3 mL 분주한 후 100 °C에서 10분간 열처리하여 지방산과 글리세롤 가수분해 과정을 진행하였다. 그 후 삼불화붕소(BF<sub>3</sub>) 2 mL를 첨가하고 교반한 후 다시 30분간 열처리하여 지방산의 메틸 에스테르화를 진행하였다. 반응이 끝난 후 이소옥탄 1 mL를 첨가하고 혼합 및 방치시켜 이소옥탄층을 회수하여 무수황산나트륨과 함께 탈수한 뒤 0.45 μm membrane filter (Dismic-25CS, Toyoroshikaisha Ltd, Tokyo, Japan)로 여과하여 gas chromatography (GC, Agilent 7890A system, Agilent Technologies Inc., Wilmington, DE, USA)로 분석하였다. 이동상은 질소 가스를 사용하였으며 속도는 1 mL/min으로 유지하였다. 오븐의 온도는 140 °C에서 5분간 유지한 후 1분당 20 °C만큼 상승시켜 180 °C에서 2분간 유지하였고, 5 °C만큼 상승시켜 230 °C까지 온도를 올려 35분간 유지하였다. Column은 SP-2560 capillary column (100 m×0.25 mm i.d., 0.25-μm film thickness, Sigma-Aldrich)를 사용하였으며 injector 온도는 220 °C로 하였고, flame ion detector의 온도는 240 °C로 하였다.

### 유리아미노산 분석

유리아미노산 분석은 Kim 등[16]의 방식을 약간 변형하여 측정하였다. 건조된 전초 분말 1 g에 증류수 4 mL를 가하여 60 °C에서 1시간 반응시켰다. 가수분해물에 10% 5-sulfosalicylic acid 1 mL를 첨가하여 4 °C에서 2시간 방치 후 단백질을 침전시켰다. 이후 3분간 원심분리하여 얻은 상등액을 0.45 μm membrane filter로 1차 여과시켜 60 °C에서 감압 농축하였다. 농축된 시료

는 lithium citrate buffer (pH 2.2) 2 mL에 용해 후 최종적으로 0.45 µm membrane filter로 여과한 뒤 아미노산 자동분석기 (L-8900, Hitachi High-Technologies Corp., Tokyo, Japan)를 이용하여 분석하였다.

### 무기질 분석

무기질 분석은 Kim 등[16]의 방법을 약간 변형하여 측정하였다. 건조된 전초 분말 0.5 g을 시험관에 칭량하고 여기에 70% 질산 용액을 10 mL 첨가하여 고압력 마이크로웨이브로 분해하였다. 분해 후 최종 부피가 50 mL가 되도록 증류수로 정용하여 liquid chromatography-inductively coupled plasma mass spectrometer (NexION 350 ICP MS, PerkinElmer Inc., Waltham, MA, USA)로 분석하였다.

### 추출물 제조

건조된 전초 분말 1 g에 50% 발효 주정을 20배 가하고 상온에서 12시간 추출하였다. 추출물을 원심분리 하여 상등액을 0.45 µm membrane filter로 여과하여 18 brix 농도로 농축하였으며, 총 phenolics 및 총 flavonols 함량과 항산화 활성 측정 시료로 사용하였다.

### 총 phenolics 및 총 flavonoids 함량 분석

총 phenolics 함량은 Folin Denis법[17]을 약간 변형하여 측정하였으며 추출물 0.5 mL과 25% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액 0.5 mL를 시험관에 분주하여 3분간 정치시킨 후 2 N Folin-ciocalteu phenol 시약 0.25 mL를 혼합한 다음 30 °C에서 1시간 동안 발색시켜 분광광도계(UV-1800 240V, Shimadzu Corp., Kyoto, Japan)를 사용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 총 phenolics 함량은 gallic acid (GAE)를 이용해 표준검량곡선을 작성하여 구하였다.

총 flavonoids 함량은 Cho 등[18]의 방법을 이용하여 측정하였다. 추출물 0.5 mL를 시험관에 취하고 diethylene glycol 1.0 mL를 분주한 후 1 N NaOH 0.01 mL를 가하여 37 °C 항온수조에서 1시간 방치하였다. 분광 광도계를 이용해 420 nm에서 흡광도를 측정하였으며 이때 총 flavonoids 함량은 rutin (RE)을 이용해 표준검량곡선을 작성하여 구하였다.

### Ginsenosides 유도체 함량 분석

Ginsenosides 분석은 Jin 등[19]의 방법을 약간 변형하여 HPLC로 분석하였다. 시료 1 g에 70% 메탄올 20 mL를 가하여 70 °C 항온수조에서 1시간 추출 후 원심분리하여 상등액을 0.45 µm membrane filter로 여과하였다. 이 과정을 1회 더 반복하여 얻은 추출물을 60 °C에서 감압 농축한 후 HPLC water 2 mL로 용해하여 0.45 µm membrane filter로 여과해 분석하였다. 유속은 1.0 mL/min로 유지하였고 시료 주입량은 10 µL, TSKgel ODS-100z (4.6×250 nm, 5 µm, Tosoh Corporation, Tokyo, Japan) column과 diode array detector (DAD, HPLC 1200 series, Agilent Co., Santa Clara, CA, USA) 검출기를 사용하였다. 이동상 용매는 용매 A (HPLC water)와 용매 B (Acetonitrile)를 사용하였으며, 용매 B 기준으로 10 min-19%, 15 min-80%, 40 min-77%, 90 min-10% 조건으로 203 nm에서 분석하였다.

### Phenolic acids 및 flavonols 화합물 분석

Phenolic acids 함량은 Hwang 등[20]의 방법을 약간 변형하여 분석하였다. HPLC (HPLC Agilent 1200 series Co., Forest Hill, Vic, Australia) 기기와 분석 칼럼은 Xbridge™ C18 (4.6×250 nm, 5 µm, Water Corporation, Milford, MA, USA)를 사용하였고 칼럼 온도는 30 °C로 하였다. 유속은 1 mL/min을 유지하였고, 시료의 주입량은 20 µL로 하였다. 분석 용매는 용매 A (0.2% acetic acid in HPLC water)와 용매 B (0.2% acetic acid in acetonitrile)를 사용하였다. 이동상 조건은 용매 B 기준으로 0 min-0%, 5 min-5%, 10 min-15%, 19 min-10%, 20 min-15%, 28 min-30%, 32 min-40%, 37 min-30%, 40 min-50%, 45 min-60%, 55 min-80%, 60 min-90% 및 65 min-100%로 유지하였으며 검출기는 DAD를 사용하여 UV 280 nm에서 분석하였다. Flavonols 함량은 UV 270 nm 조건을 제외한 나머지는 phenolic acids 분석방법과 동일한 조건으로 분석을 진행하였다.

### 라디칼 소거활성 측정

라디칼 소거 활성은 Hwang 등[21]의 방법을 변형하여 측정하였다. 1.5×10<sup>-4</sup> M DPPH 용액(in methanol) 0.8 mL과 추출물 0.2 mL를 시험관에 분주하여 혼합 후 암실에서 30분 정치시킨 후 분광 광도계를 사용하여 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. ABTS 라디칼 소거 활성 또한 Hwang 등[21]의 방법에 준하여 측정하였다. 7 mM ABTS<sup>+</sup>와 2.45 mM K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>를 1:1 비율로 섞어 암실에서 12-16시간 반응시킨 후 메탄올과 1:88 비율로 섞어 732 nm에서 흡광도 값이 0.7±0.02가 되도록 조절한 ABTS<sup>+</sup> 용액을 사용하였다. 적당히 희석된 추출물 0.1 mL와 ABTS<sup>+</sup> 용액 0.9 mL를 첨가하여 혼합한 후 3분간 정치 후 즉시 732 nm에서 분광광도계를 사용하여 흡광도를 측정하였다. Hydroxyl 라디칼 소거활성은 Ahn 등[22]의 방법을 조금 변형하여 측정하였다. 10 mM FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O-EDTA, 10 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 및 10 mM 2-deoxyribose를 각각 0.2 mL씩 시험관에 분주한 후 각 추출물 1.4 mL를 가하여 37 °C에서 4시간 반응시켰다. 2.8% TCA와 1% TBA를 각각 1 mL씩 분주하여 100 °C의 항온수조에서 2시간 발색하여 520 nm의 파장에서 흡광도를 측정하였다. 활성 값은 실험구와 음성대조구의 흡광도를 백분율(%)로 나타내었다. 각 실험의 음성대조구는 시료 대신에 추출 용매를 이용하여 실험을 진행하였다. FARP 환원력은 Hwang 등[23]의 방법을 약간 변형하여 측정하였다. 30 mM acetate buffer (pH 3.6), 20 mM FeCl<sub>3</sub> 및 TPTZ 시약(in 40 mM HCl)을 10:1:1 (v/v/v)의 비율로 혼합한 후 37 °C 항온수조에서 15분간 예비 반응을 시켜 FRAP 측정 시약을 준비하였다. 추출물 0.05 mL과 FRAP 측정 시약 0.95 mL를 시험관에 분주하여 교반 후 37 °C 항온수조에서 15분간 반응시켜 593 nm에서 흡광도를 측정하였다.

### 통계 분석

영양소 화합물과 항산화 활성은 3회 측정의 평균±SD로 표시하였다. 단, 길이와 무게는 50개체를 측정한 후 평균±SD로 표시하였다. 샘플 간의 유의미한 차이는 통계 분석 시스템(SAS) 소프트웨어(ver. 9.4; SAS institute, Cary, NC, USA)를 사용하는 Tukey의 다중 테스트( $p < 0.05$ )에 의해 결정되었습니다.



**결과 및 고찰**

**생육 시기에 따른 새싹인삼의 길이와 무게 변화**

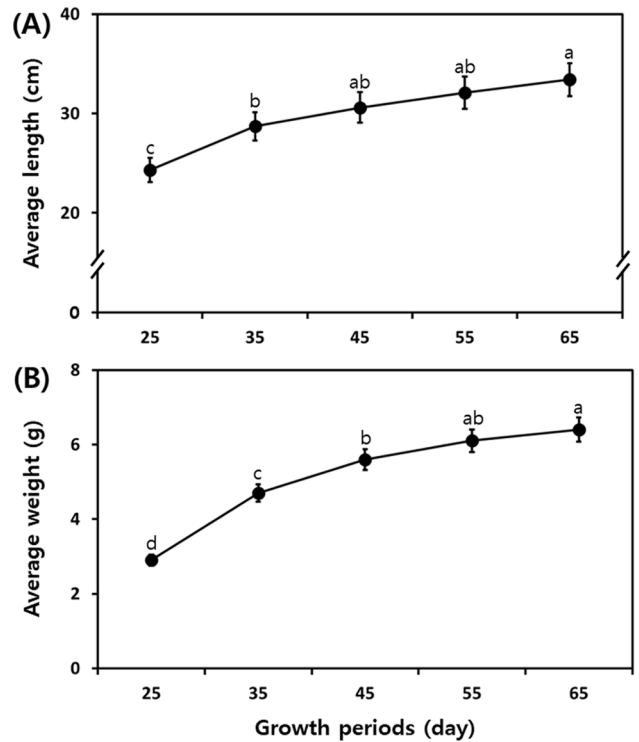
생육 시기에 따라 새싹인삼 50수의 길이와 무게 평균 값을 측정한 결과는 Fig. 1과 같았다. 생육 시기가 증가함에 따라 길이는 24.3 cm를 시작으로 28.7, 30.6, 32.1 및 33.4 cm로 증가하였다. 무게 역시 25일부터 기준 2.9 g을 시작으로 4.7, 5.6, 6.1 및 6.4 g의 무게를 보였다.

Seong 등[24]은 하우스에서 재배된 새싹인삼이 20일부터 60일까지 생육기간 중 잎의 엽장 및 엽폭, 줄기의 경장이 30-40 일째에 가장 크게 증가한 것으로 나타났으며 뿌리 길이는 재배 일수에 따른 큰 차이를 보이지 않았으며 길이와 무게의 증가는 유의적인 경향을 나타내지 않았으나, 본 연구에서는 이보다 짧은 25-35일째에 길이와 무게의 증가율이 높았으며 생육 시기에 따라 길이와 무게가 유의적으로 증가하는 경향을 보였다. Jeong 등[25]은 1년생 묘삼 정식 후 150일까지 경과일수에 따른 수경재배 인삼의 생장을 확인한 결과 정식 후 60일까지 생장이 정점에 이르며 그 후 24 cm 이상 유지하며, 생체중 또한 60일까지 전체 생체 중 증가량의 40%가 증가하며 120일까지 재배일수에 따라 증가하는 경향을 보이며 성장율은 30일에서 60일 사이에 가장 높은 것으로 보고하였다. 반면, 본 연구의 새싹인삼의 경우 재배 65일 기간 중 25일에서 35일 사이 길이 및 생체 증가량이 각각 전체 성장 중 48.3% (4.4/9.1 cm)와 51.4% (1.8/3.5 g)로 가장 높아 하우스 및 수경재배 비교해 파종 후 가장 단기간에 높은 성장을 보이는 것으로 확인되었다.

**생육 시기에 따른 새싹인삼의 지방산 함량 변화**

생육 시기에 따른 지방산 함량 비교는 Table 1과 같았다. 포화 지방산 중 palmitic acid의 함량이 가장 높게 나타났다. 25일 생육 시 205.2 mg/100 g의 함량을 보였으며 45일 생육 시 193.9 mg/100 g, 65일 생육 시 188.7 mg/100 g으로 생육 시기가 증가할수록 함량은 감소하였으나 큰 차이를 보이지 않았다. 다음으로 stearic acid 함량이 높았으며 생육 시기에 따라 38.3, 34.6, 36.1, 36.5 및 30.4 mg/100 g으로 큰 차이를 보이지 않았으나 65일 생육 시 가장 낮은 함량을 보였다. 불 포화 지방산의 경우 linoleic acid의 함량이 가장 높게 나타났으며 생육 시기에 따라 385.4, 409.1, 424.3, 462.4 및 446.2 mg/100 g으로 생육 시기가 증가함에 따라 함량이 증가하는 것으로 나타났으나 큰 차이를 보이지 않았다. α-Linoleic acid 함량 역시 높게 나타났으며 25일 생육 시 123.6 mg/100 g에서 45일 생육 시 148.9 mg/100 g으로 가장 높은 함량을 보였으며, 65일 생육 시 108.6 mg/100 g으로 가장 낮은 함량을 보였다. γ-Linolenic acid 및 eicosapentaenoic acid의 경우 25일 생육 시 검출되었으나 35일에서 65일 생육 시 검출되지 않았다.

Kang[26]은 불 포화 지방산인 linoleic acid가 결핍될 경우 동물모델의 성장 저하와 피부염 또는 피부 건조 등의 증상이 발현함을 보고한 바 있으며, 본 연구에서 linoleic acid의 함량이 지방산 중 가장 높게 나타났으며 55일 전초에서 가장 높은 함량을 보였다. Lee 등[27]은 인삼, 산양삼 및 산양삼 전초의 지방산 함량 분석결과 palmitic acid와 linoleic acid가 모든 시료에서 주요 지방산인 것으로 보고하였다. Sohn 등[28]은 연근별 인삼의 지방산 조성 분석결과 linoleic acid>palmitic acid>



**Fig. 1** Comparison of average length and weight of ginseng sprouts according to the growth periods. (A) average length; and (B) average weight. All values were measured for 50 plants and expressed as mean ± SD. Different letters correspond to the significant differences relating to the processing steps using Tukey's multiple test ( $p < 0.05$ )

oleic acid 순으로 확인되었으며 여러 인삼류 또한 함량 차이가 있었으나 종류 및 조성 패턴도 유사한 것으로 보고하였으며, 본 연구에서도 패턴이 유사한 것으로 보아 대체로 palmitic acid 및 linoleic acid 두 지방산이 새싹인삼을 포함한 인삼류의 주요 지방산인 것을 확인할 수 있었다.

**생육 시기에 따른 새싹인삼의 유리아미노산 함량 변화**

새싹인삼의 생육 시기에 따른 유리아미노산 함량 비교는 Table 2와 같았다. Aspartic acid의 경우 25일 생육하였을 때 504.01 mg/100 g의 함량을 보였으며 생육 45일에 342.13 mg/100 g이었으며 생육 65일에 486.04 mg/100 g으로 나타났다. Glutamic acid는 생육 65일에 가장 높은 함량을 보였다(475.58→339.01→395.33→779.97→782.05 mg/100 g). γ-Aminobutyric acid의 함량 역시 높게 나타났으며 25일→184.70 mg/100 g, 35일→171.56 mg/100 g, 45일→144.44 mg/100 g, 55일→184.16 mg/100 g 및 65일→213.73 mg/100 g의 함량을 보였다. 비 필수아미노산 중 arginine의 함량이 가장 높게 나타났으며 25일 생육하였을 때 2138.67 mg/100 g, 35일일 때 2081.45 mg/100 g, 45일일 때 1839.98 mg/100 g, 생육 55일에 2665.66 mg/100 g 및 65일에 3309.11 mg/100 g의 함량으로 65일 생육하였을 때 가장 높은 함량을 보였다. 필수아미노산의 경우 대부분 25일 생육하였을 때보다 65일 생육하였을 때 높은 함량을 보였으며 총 필수아미노산 함량은 25일 때 573.51 mg/100 g의 함량에서 65일

**Table 1** Comparison of fatty acid contents of ginseng sprouts according to the growth periods

Contents <sup>1)</sup> (mg/100 g d.w.)	Growth periods (day)				
	25	35	45	55	65
<b>Saturated fatty acids</b>					
Myristic acid (C14:0)	5.5±0.28a	3.3±0.17b	3.5±0.18b	5.1±0.26a	3.5±0.18b
Palmitic acid (C16:0)	205.2±10.26a	197.1±9.86ab	193.9±9.70ab	199.8±9.99ab	188.7±9.44b
Stearic acid (C18:0)	38.3±1.92a	34.6±1.73a	36.1±1.81a	36.5±1.83a	30.4±1.52ab
Arachidic acid (C20:0)	8.6±0.43a	5.9±0.30b	6.7±0.34ab	6.0±0.30b	6.6±0.33ab
Behenic acid (C22:0)	18.5±0.93a	12.4±0.62b	13.4±0.67b	12.3±0.62b	13.2±0.66b
Lignoceric acid (C24:0)	12.8±0.64a	9.0±0.45b	9.7±0.49b	9.2±0.46b	9.4±0.47b
Total	288.9	262.3	263.3	268.9	251.8
<b>Unsaturated fatty acids</b>					
Myristoleic acid (C14:1)	nd <sup>2)</sup>	nd	nd	1.3±0.07	nd
Palmitoleic acid (C16:1)	2.5±0.13a	1.6±0.08b	1.5±0.08b	2.5±0.13a	1.9±0.10ab
Elaidic acid (C18:1t)	2.0±0.10a	nd	nd	1.5±0.08b	nd
Oleic acid (C18:1c)	48.2±2.41a	40.3±2.02a	41.0±2.05a	44.0±2.20a	28.2±1.41b
Linolelaidic acid (C18:2t)	3.5±0.18a	nd	nd	nd	nd
Linoleic acid (C18:2c)	385.4±19.27b	409.1±20.46b	424.3±21.22ab	462.4±23.12a	446.2±22.31a
α-Linolenic (C18:3n3)	123.6±6.18ab	139.3±6.97a	148.9±7.45a	91.8±4.59b	108.6±5.43b
γ-Linolenic acid (C18:3n6)	1.4±0.07a	nd	nd	nd	nd
Eicosenic acid (C20:1)	2.7±0.14a	2.1±0.11b	2.3±0.12ab	2.2±0.11b	2.0±0.10b
Ecosadienoic acid (C20:2)	7.0±0.35a	5.4±0.27b	5.1±0.26b	6.4±0.32ab	6.1±0.31ab
Eicosatrienoic acid (C20:3n6)	6.1±0.31a	3.6±0.18b	2.8±0.14bc	2.6±0.13c	2.9±0.15bc
Arachidonic acid (C20:4n6)	9.7±0.49a	5.7±0.29b	5.9±0.30b	6.0±0.30b	6.5±0.33b
Eicosapentaenoic acid (C20:5n3)	1.8±0.09a	nd	nd	nd	nd
Erucic acid (C22:1n9)	2.8±0.14ab	2.7±0.14b	3.4±0.17a	2.6±0.13b	2.8±0.14ab
Docosadienoic acid (C22:2)	1.6±0.08b	3.2±0.16a	nd	nd	3.7±0.19a
Docosahexaenoic acid (C22:6n3)	23.2±1.16a	13.9±0.70b	6.4±0.32c	6.0±0.30c	4.0±0.20d
Nervonic acid (C24:1n9)	11.7±0.59b	12.0±0.60b	11.7±0.59b	11.5±0.58b	13.7±0.69a
Total	633.2	638.9	653.3	640.8	626.6
Total fatty acids	922.1	901.2	916.6	909.7	878.4

<sup>1)</sup>All values are presented as the mean±SD of triplicate determination. Different letters correspond to the significant differences relating to the processing steps using Tukey's multiple test (*p* < 0.05)

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

때 707.03 mg/100 g으로 나타났다.

Chae[29]은 3년근 및 7년근 도라지 모두 arginine 함량이 가장 높았고, 3년근 arginine 310.21±2.88 mg%이었으며, 7년근 도라지의 arginine은 394.06±15.45 mg%로 재배년수가 증가할수록 높아지는 것으로 보고했다. Im[30]은 더덕의 생육 시기별 아미노산 분석결과 arginine 함량(111.3-323.9 mg/100 g)이 생육 시기에 관계없이 전체 아미노산 중 73-81%를 차지할 정도로 주요한 아미노산으로 나타났다. Lee 등[27]은 인삼, 산양삼 및 산양삼 전초 모두 검출된 아미노산 중 arginine>γ-aminobutyric acid 순으로 높은 함량을 나타낸다고 보고하였으며, Kuo 등[31]은 인삼 seed 및 어린 삼의 아미노산을 분석한 결과 1년근 인삼 전초는 arginine이 주를 이루었으며, 2년근 잎과 뿌리는 각각 arginine과 glutamine이 우세하며 3년근 인삼의 잎, 줄기 및 뿌리는 arginine과 glutamine의 합이 아미노산의 38-55%를 차지하는 것으로 보고하였다. 본 결과를 토대로 조류, 육식동물 및

어린 아이들의 필수 아미노산이며 신경전달물질, 면역반응 매개체 및 신호 분자 역할을 가지는 nitric oxide의 전구 물질인 arginine이 도라지, 더덕, 인삼과 같은 약용 뿌리 작물 외에 새싹인삼에서 또한 주요 아미노산 중의 하나인 것으로 확인되었다[32].

**생육 시기에 따른 새싹인삼의 무기질 함량 변화**

새싹인삼의 생육 시기에 따른 무기질 함량 비교는 Table 3과 같았다. 총 14종의 무기질이 검출되었으며, 이중 칼륨의 함량이 가장 높았는데 25일 생육하였을 때 29.76 mg/100 g의 함량을 보였다. 또한 45일 생육하였을 때 27.38 mg/100 g 및 65일 28.47 mg/100 g의 함량을 보였으며 25일 가장 높은 함량을 보였으나 큰 차이를 보이지 않았다. 다음으로 인의 함량이 높았으며 생육 시기가 증가할수록 인의 함량이 4.32→4.52→4.47→4.71→5.88 mg/100 g으로 증가하는 것으로 나타났다. 구리, 아연 및 망

**Table 2** Comparison of free amino acid contents of ginseng sprouts according to the growth periods

Contents <sup>1)</sup> (mg/100 g d.w.)	Growth periods (day)				
	25	35	45	55	65
<b>Non-essential amino acids</b>					
Proline	26.76±1.34b	69.76±3.49a	26.06±1.30b	22.22±1.11b	24.91±1.25b
Hydroxyproline	3.32±0.17a	3.50±0.18a	1.03±0.05b	0.60±0.03c	nd <sup>2)</sup>
Aspartic acid	504.01±25.20a	436.10±21.81ab	342.13±17.11b	394.46±19.72b	486.04±24.30a
Serine	74.63±3.73b	88.82±4.44a	72.12±3.61b	55.90±2.80c	82.56±4.13a
Aspartic acid - NH <sub>2</sub>	54.67±2.73c	77.61±3.88b	43.89±2.19c	62.94±3.15b	191.29±9.56a
Glutamic acid	475.58±23.78b	339.01±16.95c	395.33±19.77c	779.97±39.00a	782.05±39.10a
Sarcosine	33.25±1.66a	26.53±1.33b	30.37±1.52ab	12.77±0.64c	37.60±1.88a
Aminoadipic acid	17.84±0.89a	11.52±0.58b	15.10±0.76a	6.45±0.32c	12.33±0.62b
Glycine	22.79±1.14a	15.04±0.75bc	16.82±0.84b	14.64±0.73c	14.64±0.73c
Alanine	67.70±3.39a	43.82±2.19b	59.28±2.96a	43.88±2.19b	60.01±3.00a
Citrulline	5.75±0.29c	nd	nd	8.83±0.44b	20.13±1.01a
α-aminobutyric acid	3.87±0.19c	6.40±0.32b	7.92±0.40a	1.92±0.10d	3.61±0.18c
Cystine	15.92±0.80a	10.80±0.54c	13.14±0.66b	10.18±0.51c	13.09±0.65b
Cystathionine	9.19±0.46a	6.13±0.31bc	7.61±0.38b	5.53±0.28c	nd
Tyrosine	86.21±4.31b	72.29±3.61c	84.86±4.24b	93.61±4.68ab	111.53±5.58a
β-alanine	16.15±0.81a	14.30±0.72b	17.33±0.87a	12.99±0.65c	17.32±0.87a
β-aminoisobutyric acid	37.60±1.88a	27.86±1.39b	30.99±1.55ab	29.19±1.46ab	35.15±1.76a
γ-aminobutyric acid	184.70±9.24b	171.56±8.58b	144.44±7.22c	184.16±9.21b	213.73±10.69a
Aminoethanol	37.83±1.89a	35.76±1.79ab	33.66±1.68b	36.80±1.84ab	40.72±2.04a
Ornithine	74.16±3.71a	63.37±3.17ab	53.33±2.67b	59.82±2.99ab	52.05±2.60b
1-Methylhistidine	1.64±0.08a	nd	nd	1.67±0.08a	nd
3-Methylhistidine	1.49±0.07b	1.29±0.06c	1.85±0.09a	1.39±0.07b	1.41±0.07b
Anserine	60.04±3.00a	37.30±1.87b	63.87±3.19a	37.73±1.89b	29.99±1.50b
Arginine	2138.67±106.93c	2081.45±104.07c	1839.98±92.00d	2665.66±133.28b	3309.11±165.46a
Total	3953.77	3640.22	3303.56	4543.31	5539.27
<b>Essential amino acids</b>					
Threonine	60.52±3.03ab	61.31±3.07ab	60.48±3.02ab	54.23±2.71b	69.48±3.47a
Valine	64.57±3.23b	56.88±2.84c	57.64±2.88c	59.06±2.95bc	76.50±3.83a
Methionine	24.25±1.21ab	24.69±1.23ab	15.22±0.76c	20.93±1.05b	27.25±1.36a
Isoleucine	62.43±3.12b	52.22±2.61c	63.83±3.19b	61.19±3.06b	84.62±4.23a
Leucine	98.24±4.91b	91.74±4.59bc	102.96±5.15b	103.91±5.20b	122.33±6.12a
Phenylalanine	95.86±4.79ab	79.19±3.96c	99.32±4.97a	90.58±4.53b	107.19±5.36a
Lysine	99.85±4.99b	94.55±4.73b	85.42±4.27c	103.02±5.15b	133.27±6.66a
Histidine	67.79±3.39b	46.33±2.32d	54.66±2.73c	73.64±3.68ab	86.39±4.32a
Total	573.51	506.91	539.53	566.56	707.03
Total amino acids	4527.28	4147.13	3843.09	5109.87	6246.3

<sup>1)</sup>All values are presented as the mean±SD of triplicate determination. Different letters correspond to the significant differences relating to the processing steps using Tukey's multiple test ( $p < 0.05$ )

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

간은 극 미량의 함량을 보였으며 나트륨의 경우에도 25일 2.58 mg/100 g, 45일 2.12 mg/100 g 및 65일 생육하였을 때 2.77 mg/100 g의 함량을 보였다. 이에 총 무기질 함량은 25일 생육 시 48.96 mg/100 g, 45일 44.19 mg/100 g 및 65일 48.64 mg/100 g으로 큰 차이를 보이지 않았다.

Lee 등[33]은 수경재배 인삼의 뿌리와 잎의 무기질 함량 중

나트륨 함량이 생육 온도 및 시기에 관계없이 높은 함량을 보였다. 그러나 생육 시기 전반에 걸쳐 증가와 감소를 반복하여 일관되지 않은 경향을 보였으며 이는 본 연구에서 또한 유사한 양상을 보였다. Lee 등[34]은 계절별로 묘삼을 이식하여 영양성분을 비교하였으며, 뿌리에 함유되어 있는 인은 생육 후기에 증가되었으나 잎과 칼륨은 생육 시기에 따른 변화가 인정되지 않

**Table 3** Comparison of mineral contents of ginseng sprouts according to the growth periods

Contents <sup>1)</sup> (mg/100 g d.w.)	Growth periods (day)				
	25	35	45	55	65
Phosphorus (P)	4.32±0.22b	4.52±0.23b	4.47±0.22b	4.71±0.24b	5.88±0.29a
Sulfur (S)	4.12±0.21a	2.58±0.13c	3.52±0.18b	3.63±0.18b	4.39±0.22a
Kalium (K)	29.76±1.49a	28.32±1.42a	27.38±1.37a	25.74±1.29a	28.47±1.42a
Calcium (Ca)	4.01±0.20a	2.34±0.12c	3.19±0.16b	2.75±0.14bc	2.97±0.15b
Magnesium (Mg)	2.97±0.15b	2.23±0.11d	2.60±0.13c	2.31±0.12d	3.24±0.16a
Iron (Fe)	0.27±0.01a	0.08±0.00d	0.17±0.01b	0.14±0.01c	0.16±0.01b
Copper (Cu)	0.01±0.00a	0.01±0.00a	0.01±0.00a	0.01±0.00a	0.01±0.00a
Zinc (Zn)	0.03±0.00a	0.03±0.00a	0.03±0.00a	0.02±0.00a	0.03±0.00a
Manganese (Mn)	0.05±0.00a	0.03±0.00ab	0.04±0.00a	0.02±0.00b	0.03±0.00ab
Titanium (Ti)	0.01±0.00a	nd <sup>2)</sup>	0.01±0.00a	0.01±0.00a	nd
Aluminium (Al)	0.46±0.02a	0.17±0.01c	0.24±0.01bc	0.26±0.01b	0.27±0.01b
Boron (B)	0.03±0.00b	0.05±0.00a	0.04±0.00a	0.03±0.00b	0.04±0.00a
Silicon (Si)	0.34±0.02a	0.33±0.02a	0.37±0.02a	0.33±0.02a	0.38±0.02a
Sodium (Na)	2.58±0.13a	1.14±0.06d	2.12±0.11b	1.70±0.09c	2.77±0.14a
Total	48.96	41.83	44.19	41.66	48.64

<sup>1)</sup>All values are presented as the mean±SD of triplicate determination. Different letters correspond to the significant differences relating to the processing steps using Tukey’s multiple test ( $p < 0.05$ )

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

았다고 보고하였다. Kim 등[35]의 연구에 따르면 질소, 인산 및 칼륨 함량은 지상부의 생육기간 중에는 뿌리 속의 양분이 지상부 기관으로 전류되지만 지상부 생육이 완료되면 흡수된 양분이 뿌리로 이동되어 저장되며, 생육이 완료되면 흡수된 양분이 뿌리로 이동되어 저장되고, 생육이 완료된 지상부에서는 변화가 없으나 뿌리에서는 S자 곡선에 따라 생육이 완료될 때까지 증가하는 것으로 보고하였다. 하지만 본 연구의 경우 전초의 함량을 분석한 결과로 새싹인삼의 경우 인산의 함량이 S자 패턴과 유사한 양상을 나타내어, 새싹인삼의 경우 생육 전기 세포가 신장하며 인산의 함량이 증가하는 것으로 판단되었으며 그 밖의 무기질은 생육 시기에 따른 경향을 확인할 수 없었다.

**생육 시기에 따른 새싹인삼의 총 phenolics와 총 flavonoids 함량 변화**

새싹인삼의 생육 시기에 따른 총 phenolics 및 총 flavonoids 함량은 Fig. 2와 같았다. 생육 시기가 25일 때 3.47 GAE mg/g의 함량을 보였으며 35일 때 3.52 GAE mg/g, 45일 때 3.73 GAE mg/g, 55일 때 3.64 GAE mg/g 및 65일 때 3.48 GAE mg/g의 함량을 보였다(Fig. 2A). 총 flavonoids 함량 역시 45일에 가장 높은 함량을 보였으며 생육 25일에 7.84 RE mg/g, 45일 9.04 RE mg/g 및 65일 7.75 RE mg/g의 함량을 보였다(Fig. 2B).

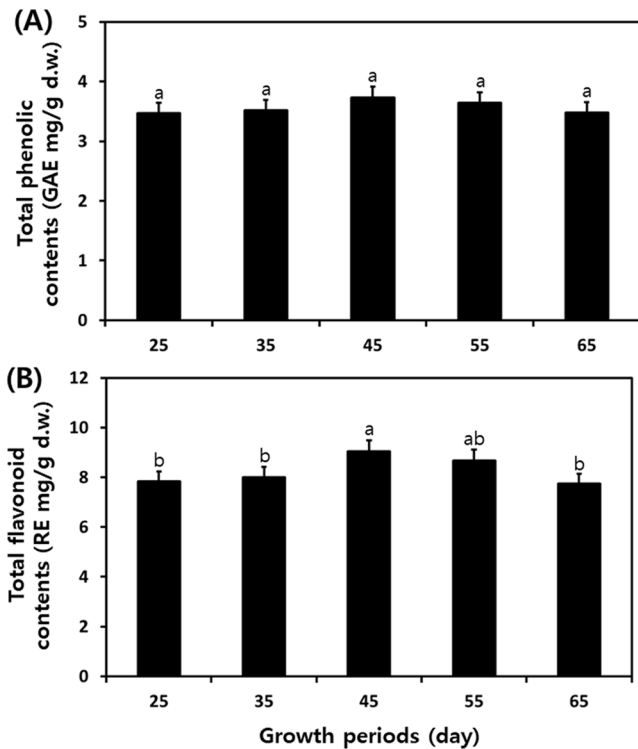
Lee 등[36]은 3년근 산양삼에서 가장 높은 폴리페놀 함량을 나타내며 이후 연근수가 증가함에 따라 감소하는 것으로 보고하였고, Jeong 등[37]은 년근별 산양삼의 총 phenolics 함량은 5년근에서 가장 높은 함량을 나타냈으며 재배기간이 길어지면서 유의적으로 감소하는 것으로 나타났고, 총 flavonoids는 유의적인 함량 차이가 없었으나 9년근에서 감소를 하는 것으로 보고하여 본 연구의 생육 1년 미만의 새싹인삼의 결과와는 다

르게 확인되었다. Hwang 등[14]크기에 따른 새싹인삼 분석결과 5가지 크기 중 중간 크기에서 총 phenolics 및 총 flavonoids가 가장 높은 함량을 보이며, 이보다 큰 새싹인삼에서는 감소하는 것으로 보고하였다. Lee 등[38]은 새싹 작물인 새싹 울무의 생육 시기가 증가하여 성체가 됨에 따라 총 phenolics 함량은 감소하며 총 flavonoids 함량은 생육 시기가 증가함에 따라 축적량이 크게 변화하지 않는 것으로 보고하여 다른 물질로 전환되거나 분해되는 것으로 보고하였다. 따라서 1년 미만의 새싹인삼의 경우 새싹 식물일 때 외부의 자극으로부터 보호기작을 나타내어 새싹이 성장하는 생육초기 다양한 생리활성 물질들이 생산되는 것으로 판단되며 이후 생육이 진전됨에 따라 점차 다른 물질로 분해 또는 전환되어 사용되는 것으로 판단된다[39].

**생육 시기에 따른 새싹인삼의 진세노사이드 함량 변화**

생육 시기에 따른 ginsenosides 함량은 Fig. 3과 Table 4와 같았다. Ginsenoside Re의 경우 생육 45일 8.69 mg/g으로 가장 높은 함량을 보였다. F5의 경우 생육 시기별로 0.42, 0.39, 0.36, 0.38 및 0.37 mg/g으로 큰 차이를 보이지 않았으며 F3의 경우 생육 25일 0.97 mg/g, 45일 1.00 mg/g 및 65일 0.81 mg/g으로 45일 가장 높았으나 큰 차이를 나타내지 않았다. 총 protopanaxtriol 함량은 생육 45일 15.14 mg/g으로 가장 높은 함량을 보였으며 주요 생육기간 중 주된 protopanaxtriol로 확인된 ginsenoside Rb1의 함량은 생육 25일 2.67 mg/g에서 생육 45일 (4.75 mg/g)까지 점차 증가하였으며 이후 65일까지(2.21 mg/g) 감소하여 45일 가장 높은 함량을 보였다. Ginsenoside Rd 역시 45일(3.47 mg/g) 가장 높은 함량을 보였다. 총 protopanaxdiol의 함량은 45일까지(14.19→14.68→15.75 mg/g) 증가하였다가 생육 65일까지(10.09→9.30 mg/g) 함량이 감소하였다. 이에 총 ginsenosides 함량은 45일 생육 시 32.77 mg/g으로 가장 높았다.





**Fig. 2** Comparison of total phenolic and total flavonoid contents of ginseng sprouts according to the growth periods. (A) total phenolic contents; and (B) total flavonoid contents. All values are present as the mean ± SD of triple determination. Different letters correspond to the significant differences relating to the processing steps using Tukey’s multiple test ( $p < 0.05$ ).

Seong 등[24]은 새싹인삼의 잎, 줄기 및 뿌리의 총 ginsenosides 함량의 합이 재배 20일에서 30일까지(144.27→148.617 mg/g) 증가하며 이후 60일 145.12 mg/g으로 함량이 감소하였으며, 검출된 ginsenosides 중 Re가 가장 높은 함량을 나타내어 본 연구와 같은 결과를 보였으나 총 ginsenosides 함량과 Re의 경향이 다르게 확인되어 이 부분은 상이한 결과를 확인하였다. Jeong 등[25]은 수경재배 인삼 분석결과 본 연구와 다르게 30일 이후 F3와 F5함량이 꾸준히 증가하였으나 150일에는 다소 감소하는 경향을 보였으며, 총 ginsenosides 함량은 종류에 따라 차이가 있지만 10종의 ginsenosides 중 Re가 차지하는 비율이 60.4%로 매우 높았다고 보고하였다. 따라서 본 연구결과 앞선 연구결과에서 다양한 조건에서 재배된 새싹인삼과 마찬가지로 Re가 주요한 ginsenosides 물질로 확인되었으며 Re는 항산화제로서 외인성으로 인한 심근세포 보호의 기능 등이 알려져 있어 이를 활용한 항산화 기능성 식품에 활용이 가능할 것으로 판단된다 [40]. Hwang 등[14]은 본 연구와 동일한 조건으로 재배한 새싹인삼을 크기에 따라 분류하고 이를 지상부와 지하부로 나눠 연구한 결과 M 시료와 본 연구의 45일 새싹인삼에서 ginsenoside Re, Rb1 및 Rd, 총 ginsenoside 함량이 공통적으로 높게 확인되었다. 전체 크기에서는 약간의 차이는 보였으나 지상부가 크기가 급격히 증가하는 M 크기에서는 전초로 분석 시 지상부의 ginsenoside 함량에 영향을 받을 것으로 예상된다. 따라서 M 크

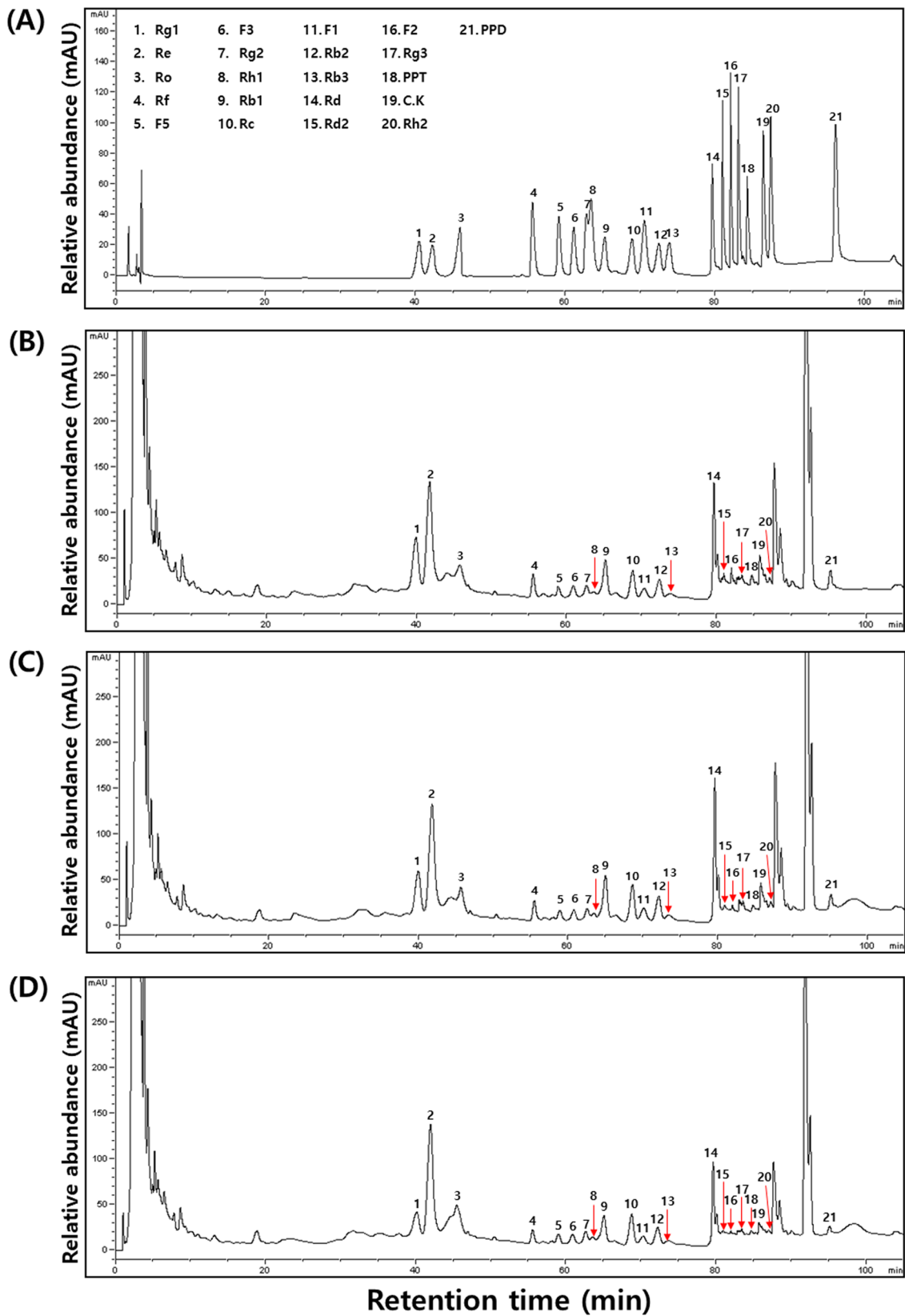
기의 지상부에서 높은 수치를 나타낸 Re와 Rd가 45일에 가장 높게 나타나 둘은 비슷한 생육기인 것으로 판단되었다. 또한 크기가 ML 과 L 크기로 갈수록 ginsenosides의 함량이 감소하였으며 본 연구에서도 45일 이후로 감소하여 M크기와 생육 45일을 기점으로 비슷한 경향을 나타내었다. PPT 또는 PPD와 같은 저분자 ginsenosides는 uridine diphosphate-dependent glycosyltransferase (UGT)에 의한 glycosylation 과정을 통해 고분자 ginsenosides 생합성한다. 그중 PPT type ginsenosides인 Rg1은 Re를, PPT는 F1과 Rh1을 생합성하며, PPD type의 ginsenosides인 PPD는 Rh2와 C.K를, Rh2는 F2와 Rg3를, C.K는 F2를, F2와 Rg3는 Rd를, Rd는 Rb1를 생합성 하는 것으로 보고되고 있다[41]. 따라서 새싹인삼의 생육기간 중 발생한 ginsenosides 함량 변화는 glycosylation 반응을 통해 저분자 ginsenosides로부터 고분자 ginsenosides가 생합성 되어 일어난 것으로 판단되었다. 그 중 Re, Rb1, Rd 등의 함량이 다량 생합성 되어 총 ginsenosides 함량 또한 45일에 가장 높게 확인되었으며, 이러한 결과를 바탕으로 본 연구의 새싹인삼 전초는 생육 45일까지 고분자 ginsenosides 생합성이 활발하게 일어나는 것을 확인할 수 있었다[41].

**생육 시기에 따른 새싹인삼의 phenolic acids와 flavonols 함량 변화**

생육 시기에 따른 새싹인삼의 phenolic acids 및 flavonols 화합물 비교는 Table 5와 같았다. Phenolic acids 화합물 중 benzoic acid의 함량이 가장 높게 확인되었으며, 생육 45일까지 함량이 증가하였고 이후 감소하는 경향을 보였다(112.02→122.54→142.33→139.38→99.03 µg/g). 그 밖에 protocatechuic acid (29.53 µg/g), ferulic acid (24.67 µg/g) 및 veratric acid (12.82 µg/g) 함량이 다른 생육 시기에 비해 생육 45일 현저하게 높게 확인되었다. 이에 생육 25, 35, 55 및 65일 때 총 phenolic acid 함량은 평균 270 µg/g의 함량을 보였으나 45일 때 338.6 µg/g으로 가장 높은 함량을 나타내었다. Flavonols 화합물 중 epigallocatechin이 주요 화합물로 확인되었으며, 생육 45일 (508.39 µg/g)과 55일(554.64 µg/g) 높은 함량으로 검출되었다. Quercetin 또한 생육기간 중 높은 함량으로 검출되었으며 생육 55일 가장 높게 검출되었으며 이후 감소하였다(209.39→233.23→270.03→288.69→244.14 µg/g). 반면 vanillin의 경우에는 생육 시기 전반에서 검출되지 않았다. 총 flavonol 함량은 45일 때 1277.14 µg/g으로 가장 높았으며 생육 55일(1222.70 µg/g) 또한 이와 비슷한 수준으로 높은 함량으로 확인되었다.

Seong 등[24]은 하우스 재배 새싹인삼 분석결과 뿌리 줄기를 제외한 잎에서만 phenolic acid 화합물이 정량되며 에스테르형 phenolic acids 화합물 중 ferulic acid가 생육 시기 길어짐에 따라 함량이 증가하는 것으로 보고하였다. 그 밖의 밭에서 재배된 4년근 인삼 잎[42] 그리고 백삼과 홍삼의[43] phenolic acids 또한 ferulic acid가 주요 물질로 검출되어 다양한 연구에서 ferulic acid가 인삼의 주요 phenolic acids 화합물로 보고되고 있으나 본 연구의 결과와는 상이 하였다. 이는 추출 조건과 재배 방식에 따라 발생하는 차이로 판단된다. 본 연구의 새싹인삼의 주요 물질로 검출된 benzoic acid는 일정량을 증가 또는 토양에 관주 처리 시 열, 한랭 및 가뭄 스트레스에 대한 내성을 유도하는데 효과가 있는 것으로 보고되고 있으며[44] 또한,





**Fig. 3** The typical HPLC chromatogram of ginseng sprouts according to the growth periods. (A) 21 ginsenoside standards; (B) growth periods: 25 days; (C) growth periods: 45 days; and (D) growth periods: 65 days.

**Table 4** Comparison of ginsenoside contents of ginseng sprouts according to the growth periods

Contents <sup>1)</sup> (mg/g d.w.)	Growth periods (day)				
	25	35	45	55	65
<b>Protopanaxtriol types</b>					
Ginsenoside Rg1 (1)	2.89±0.14a	2.49±0.12ab	2.27±0.11b	2.41±0.12ab	1.43±0.07c
Ginsenoside Re (2)	6.30±0.32d	7.28±0.36c	8.69±0.43a	7.99±0.40b	8.53±0.43a
Ginsenoside Rf (4)	0.72±0.04a	0.69±0.03bc	0.61±0.03c	0.72±0.04a	0.41±0.02d
Ginsenoside F5 (5)	0.42±0.02a	0.39±0.02a	0.36±0.02b	0.38±0.02ab	0.37±0.02b
Ginsenoside F3 (6)	0.97±0.05a	0.88±0.04b	1.00±0.05a	0.75±0.04c	0.81±0.04bc
Ginsenoside Rg2 (7)	0.45±0.02c	0.50±0.03b	0.62±0.03a	0.45±0.02c	0.52±0.03b
Ginsenoside Rh1 (8)	0.20±0.01c	0.21±0.01c	0.35±0.02a	0.28±0.01b	0.28±0.01b
Ginsenoside F1 (11)	0.51±0.03bc	0.60±0.03ab	0.68±0.03a	0.45±0.02c	0.43±0.02c
Protopanaxtriol (18)	0.90±0.05a	0.71±0.04b	0.56±0.03d	0.64±0.03bc	0.22±0.01d
Total	13.36	13.75	15.14	14.07	13.00
<b>Protopanaxdiol types</b>					
Ginsenoside Rb1 (9)	2.67±0.13c	3.99±0.20b	4.75±0.24a	2.40±0.12cd	2.21±0.11d
Ginsenoside Rc (10)	1.70±0.09b	1.94±0.10ab	2.22±0.11a	1.58±0.08c	1.87±0.09b
Ginsenoside Rb2 (12)	1.53±0.08b	1.92±0.10a	2.05±0.10a	0.91±0.05d	1.25±0.06c
Ginsenoside Rb3 (13)	0.41±0.02b	0.34±0.02c	0.55±0.03a	0.46±0.02ab	0.33±0.02c
Ginsenoside Rd (14)	2.86±0.14b	3.15±0.16ab	3.47±0.17a	1.76±0.09d	2.02±0.10c
Ginsenoside Rd2 (15)	2.26±0.11a	0.79±0.04cd	0.87±0.04c	1.36±0.07b	0.63±0.03d
Ginsenoside F2 (16)	1.11±0.06a	1.08±0.05a	0.59±0.03b	0.26±0.01d	0.39±0.02c
Ginsenoside Rg3 (17)	0.62±0.03a	0.58±0.03a	0.44±0.02b	0.62±0.03a	0.18±0.01c
Compound K (19)	0.32±0.02a	0.30±0.02a	0.25±0.01b	0.24±0.01b	0.14±0.01c
Ginsenoside Rh2 (20)	0.35±0.02a	0.33±0.02a	0.28±0.01ab	0.21±0.01b	0.10±0.01c
Protopanaxdiol (21)	0.36±0.02a	0.26±0.01b	0.28±0.01ab	0.29±0.01ab	0.18±0.01c
Total	14.19	14.68	15.75	10.09	9.30
<b>Oleanane types</b>					
Ginsenoside Ro (3)	2.28±0.11b	2.54±0.13b	1.88±0.09c	4.05±0.20a	3.72±0.19a
Total	2.28	2.54	1.88	4.05	3.72
Total ginsenosides	29.83	30.97	32.77	28.21	26.02

<sup>1)</sup>All values are presented as the mean±SD of triplicate determination. Different letters correspond to the significant differences relating to the processing steps using Tukey's multiple test ( $p < 0.05$ ).

식물 benzoic acid는 식물 호르몬, 보조인자, 방어 화합물 등의 많은 1차 및 특수 대사물의 구성요소이며 이로부터 파생되는 방향족 cytokinins는 식물 뿌리와 새싹 형성을 촉진하는 것으로 보고되고 있다[45-48]. 따라서 benzoic acid 함량이 증가하는 45일까지 새싹인삼의 무게 및 길이 성장율이 가장 높았던 것으로 추측해 볼 수 있었다. Epigallocatechin은 카테킨류 물질로 C<sup>6</sup>-C<sup>3</sup>-C<sup>6</sup>형 탄소 골격으로 구성되며 항산화, 항암, 항충치 및 혈압 상승억제와 같은 기능이 알려져 있으며, 본 연구를 통해 식물 공장에서 재배된 새싹인삼 주요 flavonols 물질로 확인되었으며 새싹인삼의 재배 중 증가하는 것을 확인할 수 있었다[49].

#### 생육 시기에 따른 새싹인삼의 라디칼 소거활성 비교

새싹인삼의 생육 시기에 따른 항산화 활성은 Fig. 4와 같았다. DPPH 라디칼 소거활성의 경우 각 생육 시기별로 40.82, 42.09, 44.27, 41.03 및 38.56%로 45일 생육하였을 때 가장 높은 항산화 활성을 보였다(Fig. 4A). ABTS 라디칼 소거활성 또한 25일

때 68.60%, 35일 때 70.82%, 45일 때 75.16%, 55일 때 73.49% 및 65일 때 71.94%로 45일 때 가장 높은 활성을 보였다(Fig. 4B). Hydroxyl 라디칼 소거활성은 45일 때 63.29%로 가장 높은 활성을 보였으며 재배 55일(60.82%), 65일(59.74%), 35일(58.38%), 25일(56.48%) 순으로 높은 활성을 보였다(Fig. 4C). FRAP 환원력 역시 45일 때 가장 높은 환원력을 보였으며 55일, 35일, 65일 및 25일 순으로 높은 활성을 보였다(Fig. 4D).

Hwang 등[14]은 L 크기의 새싹인삼에서 지상부와 지하부의 활성이 DPPH (55.43 및 23.74%)와 ABTS (72.21 및 42.42%)으로 나타났고, M 크기에서 DPPH (74.95 및 28.12%), ABTS (94.47 및 48.84%)으로 L 크기보다 높은 활성을 보였다. 본 연구에서 동일한 조건으로 재배한 새싹인삼의 전초의 길이와 무게로 비교하였을 때 다소 차이가 있으나 생육일수 65일의 활성에 비해 45일이 가장 항산화 활성이 우수한 것으로 나타났다. 총 phenolics와 총 flavonoids에 영향을 받아 항산화 활성 역시 위와 같은 결과가 나온 것으로 판단된다. Lee 등[38]에서는 새

**Table 5** Comparison of phenolic acid and flavonol contents of ginseng sprouts according to the growth periods

Contents (µg/g d.w.) <sup>1)</sup>	Growth periods (day)				
	25	35	45	55	65
<b>Phenolic acids</b>					
Gallic acid	11.06±0.55b	9.69±0.48c	8.15±0.32d	15.63±0.78a	6.26±0.31e
Protocatechuic acid	17.75±0.89b	4.02±0.20c	29.53±1.48a	24.91±1.25a	18.89±0.94b
Chlorogenic acid	84.89±4.24bc	110.00±5.50a	96.36±4.82b	79.45±3.97c	77.67±3.88c
<i>p</i> -Hydrobenzoic acid	10.62±0.53b	8.46±0.42c	13.69±0.68a	11.92±0.60b	13.34±0.67a
Vanillic acid	3.41±0.17b	4.43±0.22a	4.45±0.22a	2.93±0.15c	1.20±0.06d
<i>p</i> -Coumaric acid	5.33±0.27ab	5.10±0.26ab	5.86±0.29a	4.85±0.24b	5.22±0.23ab
Ferulic acid	17.44±0.87c	8.00±0.40c	24.67±1.23a	6.13±0.31d	20.72±1.04ab
Veratric acid	9.13±0.46b	nd <sup>2)</sup>	12.82±0.64a	nd	7.79±0.39c
Benzoic acid	112.02±5.60c	122.54±6.13b	142.33±7.62a	139.38±6.97a	99.03±4.95d
<i>t</i> -Cinnamic acid	0.70±0.04c	0.93±0.05b	0.74±0.04c	2.18±0.11a	0.65±0.03c
Total	272.35	273.17	338.6	287.38	250.77
<b>Flavonols</b>					
Epigallocatechin	458.28±22.91b	416.03±20.80c	508.39±25.42ab	554.64±27.73a	469.57±23.48b
Catechin	165.55±8.28b	197.67±9.88a	191.45±9.57a	198.08±9.90a	74.05±3.70c
Epicatechin	154.61±7.73b	169.25±8.46b	234.66±11.73a	32.94±1.65d	73.44±3.67c
Epigallocatechin gallate	23.46±1.17bc	25.92±1.30bc	30.11±0.99b	98.58±4.93a	19.85±0.49c
Vanillin	nd	nd	nd	nd	nd
Rutin	5.80±0.29c	7.14±0.36b	9.47±0.47a	10.48±0.52a	3.20±0.16d
Catechin gallate	10.96±0.55b	17.09±0.85a	7.73±0.39c	16.90±0.85a	9.83±0.49b
Quercetin	209.39±10.47d	233.23±11.66b	270.03±13.50a	288.69±14.43a	244.14±12.21c
Naringin	4.26±0.21c	7.43±0.37b	8.94±0.45ab	9.63±0.48a	7.88±0.39b
Naringenin	nd	10.59±0.53b	10.22±0.48b	8.42±0.39c	16.67±0.83a
Formonoetin	4.46±0.22b	3.55±0.18c	6.14±0.31a	4.34±0.22b	5.71±0.29a
Total	1041.99	1087.90	1277.14	1222.7	924.34

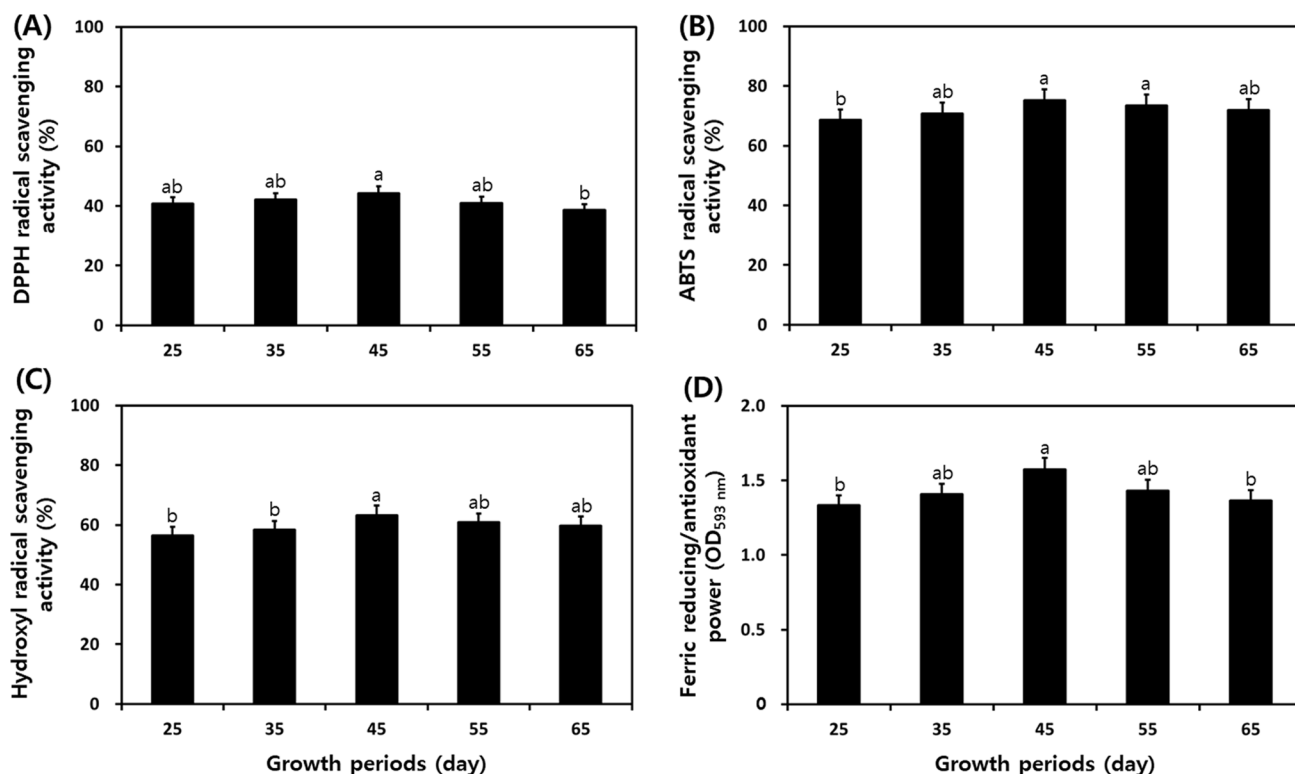
<sup>1)</sup>All values are presented as the mean±SD of triplicate determination. Different letters correspond to the significant differences relating to the processing steps using Tukey’s multiple test (*p* < 0.05)  
<sup>2)</sup>nd: not detected

씩 울무의 DPPH 및 ABTS 항산화 활성과 페놀성 물질의 상관관계를 비교한 결과 폴리페놀 함량은 항산화 활성과 밀접하게 연관되어 있으나, 총 플라보노이드와의 상관관계는 찾기 어려운 것으로 보고하였다. 페놀성 물질은 식물체에 널리 분포되어 있는 대사산물 중 하나로 이 중 phenolics hydroxy기가 단백질 및 기타 거대 분자들과 결합하여 항산화 및 여러 생리활성 기능을 가지는 것으로 보고되고 있다[50]. 하지만 본 연구의 새싹인삼 분석결과 phenolic acids, flavonols, 총 phenolics 및 총 flavonoids 함량과 항산화 활성 분석결과 생육 시기에 따라 유사한 경향으로 나타나 페놀성 물질이 새싹인삼의 항산화활성에 기여하는 것으로 판단되었다.

본 연구를 통해 식물공장에서 재배한 새싹인삼의 생육 시기에 따른 영양성분 및 항산화 활성 변화를 확인한 결과 대체로 생육 45일까지 생리활성 물질 및 항산화 활성이 증가하는 것을 확인할 수 있었으며 생리활성 물질 측면에서 생육 45일 수확 시 좋은 품질의 새싹인삼을 생산할 수 있을 것으로 판단되며, 본 연구 결과는 인삼을 비롯한 다양한 새싹 약용식물 생산 및 활용을 위한 기초자료로 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

## 초 록

새싹인삼은 일부부터 뿌리까지 섭취가 가능하며 스마트 팜 또는 식물공장에서 재배 시 계절에 영향을 받지 않으며 농약을 사용하지 않아도 되는 이점이 있다. 본 연구에서는 새싹인삼의 최적 재배 시기를 확인하고 영양성분과 항산화 활성을 비교 분석하였다. 생육 시기에 따른 지방산과 무기질 함량은 큰 차이를 보이지 않았다. 총 아미노산 함량은 45일까지 약간 감소하였고 이후에는 증가하였으며 생육 65일 arginine 함량은 3309.11 mg/100 g으로 가장 높게 확인되었다. 총 ginsenoside 함량은 생육기간 동안 큰 변화가 없었다(25일 29.83 mg/g→45일 32.77 mg/g→65일 26.02 mg/g). Ginsenoside Rg2 (0.62 mg/g), Re (8.69 mg/g), Rb1 (4.75 mg/g) 및 Rd (3.47 mg/g)의 함량은 생육기간 중 45일에 가장 높았다. Phenolic acids와 flavonols 함량은 생육 45일 (338.6 및 1277.14 µg/g)까지 증가 후 65일까지 감소하였다. Phenolic acids와 flavonols의 주요 화합물은 각각 benzoic acid (99.03-142.33 µg/g)와 epigallocatechin (416.03-554.64 µg/g)로 확인되었다. DPPH (44.27%), ABTS (75.16%)와



**Fig. 4** Comparison of antioxidant activities of ginseng sprouts according to the growth periods. (A) DPPH radical scavenging activity; (B) ABTS radical scavenging activity; (C) hydroxyl radical scavenging activity; and (D) ferric reducing/antioxidant power. All values are present as the mean  $\pm$  SD of triple determination. Different letters correspond to the significant differences relating to the processing steps using Tukey's multiple test ( $p < 0.05$ ).

hydroxyl (63.29%) 라디칼 소거활성 및 FRAP 환원력(1.573 OD<sub>573 nm</sub>) 또한 총 phenolics 및 총 flavonolids 함량과 마찬가지로 생육 45일에 가장 높은 활성을 보였다.

**Keywords** 식물공장 · 새싹인삼 · 생육 시기 · 진세노사이드 · 항산화

**감사의 글** 본 연구는 2021년 농촌진흥청 농축산물 수출확대 장애요인해소 기술개발(과제번호: PJ015655)과 2021년 농림축산식품부 · 농림식품기술기획평가원 기술사업화지원사업(과제번호: 821037-3) 연구비 지원에 의하여 연구되었습니다.

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

## References

- Mo HS, Park HW, Jang IB, Yu J, Park KC, Hyun DY, Lee EH, Kim KH (2014) Effect of sowing density and number of seeds sown on *Panax ginseng* C. A. Meyer seedling stands under direct sowing cultivation in blue plastic greenhouse. Korean J Med Crop Sci 22: 469–474. doi: 10.7783/KJMCS.2014.22.6.469
- Kang SW, Lee SW, Hyun DY, Yeon BY, Kim YC, Kim YC (2010) Studies on selection of adaptable varieties in paddy-field of ginseng culture. Korean J Med Crop Sci 18: 416–420
- Song BH, Chang YG, Lee KA, Lee SW, Kang SW, Cha SW (2011) Studies on analysis of growth characteristics, ability of dry matter production, and yield of *Panax ginseng* C. A. Meyer at different growth stages with different cultivars and shading nets in paddy field. Korean J Med Crop Sci 19: 90–96. doi: 10.7783/KJMCS.2011.19.2.090
- Kim GS, Lee MJ, Hyun DY, Park CG, Park HK, Cha SW, Lee SW (2007) Effect of blue and yellow polyethylene shading net on growth characteristics and ginsenoside contents in *Panax ginseng* C. A. Meyer. Korean J Med Crop Sci 15: 194–198
- Mok SK, Cheon SK, Lee SS, Lee TS (1994) Effect of shading net colors on the growth and saponin content of Korean ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer). J Ginseng Res 18: 182–186
- Yahara S, Kaji K, Tanaka O (1979) Further study on dammarane-type saponins of roots, leaves, flower-buds, and fruits of *Panax ginseng* C. A. Meyer. Chem and Phar Bull 27: 88–92. doi: 10.1248/cpb.27.88
- Choi JE, Li X, Jan YH, Lee KT (2009) Changes of saponin contents of leaves, stems and flower-buds of *Panax ginseng* C. A. Meyer by harvesting days. Korean J Med Crop Sci 17: 251–256
- Shin SL, Chang YD, Jeon AR, Lee CH (2009) Effect of different greening periods on antioxidant activities of sprout vegetables of *Coreopsis tinctorial* Nutt. and *Saussurea pulchella* (Fisch.) Fisch. Korean J Hort Sci Technol 27: 503–510
- Khalil AW, Zeb A, Mahmood F, Tariq S, Khattak AB, Shah H (2007) Comparison of sprout quality characteristics of desi and kabuli type chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.). LWT-Food Sci Technol 40: 937–945. doi: 10.1016/j.lwt.2006.05.009
- Shi W, Wang Y, Li J, Zhang H, Ding L (2007) Investigation of ginsenosides in different parts and ages of *Panax ginseng*. Food Chem 21: 587–592
- Jang IB, Yu J, Suh SJ, Jang IB, Kwon KB (2018) Growth and



- ginsenoside content in different parts of ginseng sprouts depending on harvest time. *Korean J Med Crop Sci* 26: 205–213. doi: 10.7783/KJMCS.2018.26.3.205
12. Noh HS, Lee YS (2020) Determinants of growth variables on smart farm tomato production. *The society of convergence knowledge transactions* 8: 17–25
  13. Yeo UH, Lee IB, Kwon KS, Ha TW, Park SJ, Kim RW, Lee SY (2016) Analysis of research trend and core technologies based on ICT to materialize smart-farm. *Prot Horti Pal Fac* 25: 30–41. doi: 10.12791/KSBEC.2016.25.1.30
  14. Hwang SH, Kim SC, Seong JA, Lee HY, Cho DY, Kim MJ, Jung JG, Jung EH, Son KH, Cho KM (2021) Comparison of ginsenoside contents and antioxidant according to the size of ginseng sprout has produced in a plant factory. *J Appl Biol Chem* 64: 253–261. doi: 10.3839/jabc.2021.035
  15. Cho KM, Hwang CE, Joo OS (2017) Change of physicochemical properties, phytochemical contents and biological activities during the vinegar fermentation of *Elaeagnus multiflora* fruit. *J Food Preserv* 24: 125–133. doi: 10.11002/kjfp.2017.24.1.125
  16. 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
  17. Folin O, Denis W (1912) On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem* 12: 239–243
  18. Cho KM, Hwang CE, Kim SC, Joo OS (2018) Physicochemical properties, phytochemicals, and biological activities of heat-treated *Elaeagnus multiflora* juice and vinegar. *Korean J Food Preserv* 25: 52–61. doi: 10.11002/kjfp.2018.25.1.52
  19. 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
  20. Hwang CE, Lee DH, Joo OS, Lee HY, Kim SC, Park KS, Um BS, Cho KM (2017) Comparison of physicochemical property, phytochemical contents, and biological activity of soy sauce added with bitter melon powder. *Korean J Food Preserv* 24: 1138–1148. doi: 10.11002/kjfp.2017.24.8.1138
  21. 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
  22. 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
  23. 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
  24. 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
  25. Jeong DH, Park HW, Lee DY, Jang IB, Yoo J, Park KC, Lee UH, Kim YJ (2018) Growth and ginsenoside contents of one year old ginseng seedlings in hydroponic culture over a range of days after transplanting. *Korean J Med Crop Sci* 26: 464–470. doi: 10.7783/KJMCS.2018.26.6.464
  26. Kang SJ (1987) Nutrition science. Hyungsul Publishing Co. Seoul
  27. Lee HY, Jung JG, Kim SC, Cho DY, Kim MJ, Lee AR, Son KH, Lee JH, Lee DH, Cho KM (2021) Comprehensive comparison of nutritional constituents and antioxidant activity of cultivated ginseng, mountain-cultivated ginseng, and whole plant parts of mountain-cultivated ginseng. *J Appl Biol Chem* 64: 453–463. doi: 10.3839/jabc.2021.064
  28. Sohn KM, Sung TS, Cho YJ, Lee KS, Choi C (1988) Lipids and free sugar composition in ginseng classified by years. *J Korean Agric Chem Soc* 31: 169–176
  29. Chae KS, Back MS, Ryu EH, Kim KD, Kwon JW (2018) Physicochemical properties and biological activity of three-year-old and seven-year-old *Platycodon grandiflorum* extracts. *Koran J Food Sci Technol* 50: 665–670. doi: 10.9721/KJFST.2018.50.6.665
  30. Im DH, Kim JH, Gwon HM, Rho IR (2021) Contents of main components according to growth period in *Codonopsis lanceolata* (Siebold & Zuccarini) Benth. & Hook.f. ex Trautvetter. *Korean J Med Crop Sci* 29: 51–59. doi: 10.7783/KJMCS.2021.29.1.51
  31. Kuo YH, Ikegami F, Lambein F (2003) Neuroactive and other free amino acids in seed and young plants of *Panax ginseng*. *Phytochemistry* 62: 1087–1091. doi: 10.1016/S0031-9422(02)00658-1
  32. Tapiero H, Mathé G, Couvreur P, Tew KD (2002) L-Arginine. *Biomed Pharmacother* 56: 439–445. doi: 10.1016/S0753-3322(02)00284-6
  33. Lee GA, Chang YK, Park SY, Kim GA, Kim SH, Park KC, Kim YB, Cha SW, Song BH (2012) Comparative analysis on concentration and uptake amount of mineral nutrients in different growth stages and temperatures of *Panax ginseng* C.A. Meyer with hydroponic culture. *Korean J Med Crop Sci* 20: 251–258. doi: 10.7783/KJMCS.2012.20.4.251
  34. Lee JC, Ahn DJ, Byen JS (1988) Studies on the growth and change of mineral nutrient contents in ginseng (*Panax ginseng*) plant during the growing process. *Korean J Crop Sci* 32: 471–475
  35. Kim JH, Moon HT, Chae MI (1977) Studies on the uptake of mineral nutrients by ginseng plant. *Korean J Ginseng Sci* 2: 35–37
  36. Lee G, Choi GS, Lee JY, Yun SJ, Kim W, L H, Baik MY, Hwang JK (2017) Proximate analysis and antioxidant activity of cultivated wild *Panax ginseng*. *Food Eng Prog* 21: 208–214
  37. Jeong BG, Jung GR, Kim MS, Moon HG, Park SJ, Chun JY (2019) Ginsenoside contents and antioxidant activities of cultured mountain ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) with different ages. *Korean J Food Preserv* 26: 90–100. doi: 10.11002/kjfp.2019.26.1.90
  38. Lee HJ, Lee JH, Jung JT, Lee YJ, Oh MW, Chang JK, Jeong HS, Park CG (2019) Changes in free sugar, coixol contents and antioxidant activities of Adlay sprout (*Coix lacryma-jobi* L. Var. ma-yuen Stapf.) according to different growth stage. *Korean J Med Crop Sci* 27: 339–347. doi: 10.7783/KJMCS.2019.27.5.339
  39. Lee JJ, Park DH, Lee WY (2017) Optimization of microwave-assisted extraction process of *Hordeum vulgare* L. by response surface methodology. *Korean J Food Preserv* 24: 949–956. doi: 10.11002/kjfp.2017.24.7.949
  40. Xie JT, Shao ZH, Vanden Heek TL, Chang WT, Li J, Mehendale S, Wang CZ, Hsu CW, Becker LB, Yin JJ, Yuan CS (2006) Antioxidant effects of ginsenoside Re in cardiomyocytes. *European J Pharma* 532: 201–207. doi: 10.1016/j.ejphar.2006.01.001
  41. Hou M, Wang R, Zhao S, Wang Z (2021) Ginsenosides in *Panax* genus and their biosynthesis. *Acta Pharmaceutica Sinica B* 11: 1813–1834. doi: 10.1016/j.apsb.2020.12.017
  42. 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. doi: 10.3746/jkfn.2010.39.8.1194
  43. Jung MY, Jeon BS, Bock JY (2002) Free, esterified, and insoluble-bound phenolic acids in white and re Koran ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer). *Food Chem* 79: 105–111. doi: 10.1016/S0308-8146(02)00185-1
  44. Senaratna T, Merritt D, Dixon K, Bunn E, Touchell D, Sivasithamparan K (2003) Benzoic acid may act as the functional group in salicylic acid and derivatives in the induction of multiple stress tolerance in plants. *Plant Growth Regulation* 39: 77–81
  45. Werbrouck SPO, Strnad M, Van Onckelen HA, Debergh PC (1996) Meta-topolin, an alternative to benzyladenine in tissue culture?. *Physiol*

- Plant 98: 291–297. doi: 10.1034/j.1399-3054.1996.980210.x
46. Strnad M (1997) The aromatic cytokinins. *Physiol Plant* 101: 674–688. doi: 10.1111/j.1399-3054.1997.tb01052.x
47. Mutui TM, Mibus H, Serek M (2012) Effect of meta-topolin on leaf senescence and rooting in *Pelargonium x hortorum* cuttings. *Postharvest Biol Technol* 63: 107–110. doi: 10.1016/j.postharvbio.2011.09.010
48. Widhalm JR, Dudareva N (2015) A Familiar Ring to It: Biosynthesis of Plant Benzoic acid. *Molecular Plant* 8: 83–97. doi: 10.1016/j.molp.2014.12.001
49. Kim SH, Han DS, Park JD (2004) Changes of Some Chemical Compounds of Korean (Posong) Green Tea according to Harvest Periods. *Korean J Food Sci Technol* 36: 542–546
50. Connor AM, Luby JJ, Hancock JF, Berkheimer S, Hanson EJ (2002) Changes in fruit antioxidant activity among Blueberry cultivars during cold-temperature storage. *J Agri Food Chem* 50: 893–898. doi: 10.1021/jf011212y