

가열 처리한 더덕 열수추출물의 이화학 및 관능 특성

안수지 · 김재철 · 조현노 · 박선영 · 황금택*
서울대학교 식품영양학과 · 생활과학연구소

Physicochemical and Sensory Characteristics of Hot Water Extracts of *Codonopsis lanceolata* Root Skin and Flesh with Different Heat Treatments

Susie Ahn, Jaecheol Kim, Hyunnho Cho, Sun Young Park, and Keum Taek Hwang*

Department of Food and Nutrition, and Research Institute of Human Ecology, Seoul National University

Abstract In this study, the physicochemical and sensory characteristics of hot water extracts of *Codonopsis lanceolata* root skin (RS) and root flesh (RF) subjected to different heat treatments were analyzed to determine whether *C. lanceolata* RS can be used as a tea material. *C. lanceolata* RS and RF were roasted, hot-air dried (HDS and HDF, respectively), or steamed and hot-air dried (SHDS and SHDF, respectively). The heat-treated samples were extracted with hot water (90°C) for 90 min. The hot water extracts of RS and RF had lower L-values and higher b-values than the other samples. The RS extracts had significantly higher polyphenol content and DPPH radical scavenging activities than RF samples. In the sensory evaluation, the color acceptability of the teas made from CS, HDS, and SHDS were found to be significantly different from those of the teas made from their respective flesh samples. The results suggest that the hot water extract of the *C. lanceolata* RS can be utilized as a tea material.

Keywords: *Codonopsis lanceolata*, hot water extract, heat treatment, radical scavenging activity, sensory evaluation

서 론

더덕(*Codonopsis lanceolata*)은 초롱꽃과에 속하는 다년생 식물로 한국, 중국, 일본 등에 분포하며, 예로부터 구이, 무침, 누름적, 장아찌 등 식용으로 이용되어 왔고, 강장, 해열, 거담, 배농 등의 효과가 탁월하여 질병치료 목적으로도 사용되어 왔다(1,2). 더덕 육질에서 분리한 사포닌 분획의 항염증 효과(3)와 더덕 물 추출물의 체중 감소 및 혈청 지질 개선 효과(4-6)가 있는 것이 보고되었다. 더덕의 주요 기능성 성분인 폴리페놀(polyphenol)은 산화방지 활성이 있으며(7,8), 트라이테페노이드 계열의 사포닌 7종이 존재하는 것으로 알려져 있으나(9) 이들은 대부분 더덕 육질에 대한 연구이다. 한편 더덕 껍질의 물 추출물은 산화방지능이 있는 것으로 알려져 있고(10), 더덕 껍질의 세포벽에 있는 물질의 산화방지능이 더덕 육질의 것보다 높았으며(11), 흰쥐에게 더덕 껍질 또는 더덕 육질을 첨가한 식이를 공급했을 때 산화방지 효과 및 지질 조성의 개선 효과가 있는 것으로 보고되었다(12). 그러나 더덕 껍질은 활용되지 못하고 대부분 폐기되는 실정이다.

식품 원료는 열처리 방법에 따라 다양한 형태의 제품이 될 수 있는데, 그 중 열처리는 갈변 반응이 촉진되어 색상과 향기성분이 생성되어 기호성을 증진시킨다(13). 더덕도 이와 마찬가지로

가열 처리하였을 때 기능성 성분 함량, 산화방지 활성 및 생리활성 효과를 증가시킬 수 있다고 알려져 있으며, 가열 처리한 더덕에 대한 연구에서 이용된 가열처리는 볶음(roasting), 열풍건조(hot-air drying), 증건(steam and hot-air drying) 등이 있다. 볶음은 짧은 시간에 높은 온도로 가공하여 갈변 반응을 촉진시켜 독특한 향미가 형성되고 기호성 높은 상품성을 갖게 해준다(14). 볶은 더덕 연구로는 열처리 온도를 달리한 더덕의 기능성 성분 및 산화방지 활성 증가(15), 발효한 더덕 차의 열처리 온도 및 시간 증가에 따른 산화방지 활성 및 관능검사에서의 선호도 증가(16) 등이 보고되었다. 농산물의 건조 방법 중 열풍건조는 가열건조 시간을 단축할 수 있다는 장점이 있다(17). 열풍건조한 더덕 연구로는 60°C 열풍으로 건조한 더덕으로 제조한 생식의 조 사포닌 및 총 폴리페놀 함량 증가(18)가 보고되었다. 증건은 증기로 찌고 건조하는 방법으로 주로 홍삼을 제조할 때 이용된다(19). 증건한 더덕 연구로는 증숙 및 발효한 더덕의 기능성 성분, 산화방지능 및 생리활성 효과 증진(7), 증숙, 초고압, 발효한 더덕 추출물의 산화방지능 증가(8), 증숙한 더덕의 산화방지능 증가(20) 등이 있다. 그러나 현재까지 다양한 가열 처리를 하였을 때 어떤 가열 처리가 더덕 차의 기능성 성분 및 산화방지 활성을 증진시키고 더불어 관능 특성도 향상시키는지에 대한 비교 연구는 미미하다.

이에 본 연구에서는 대부분 폐기되는 더덕 껍질의 활용도를 높이고 식품 소재, 특히 차 원료로서의 가능성을 제시하기 위하여 더덕을 껍질과 육질로 나누어 볶음, 열풍건조, 증건의 방법으로 가열 처리한 후 제조한 열수추출물의 이화학 및 관능 특성을 비교하였다. 이를 통하여 더덕 부위 및 가열 처리에 따른 기능성 및 관능 특성을 검토하고 새로운 식품소재로서의 활용방안을 모색하기 위한 기초자료로 이용하고자 하였다.

*Corresponding author: Keum Taek Hwang, Department of Food and Nutrition (Bldg. 222, Rm. 508), College of Human Ecology, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

Tel: 82-2-880-2531

Fax: 82-2-884-0305

E-mail: keum@snu.ac.kr

Received December 17, 2015; revised March 22, 2016;

accepted March 28, 2016

재료 및 방법

가열 처리한 더덕 제조

더덕은 강원도 횡성에서 2015년 4-5월에 채취한 3년근을 껍질과 육질이 분리된 형태로 구입하여 사용하였다. 시료를 흐르는 물로 세척하고 물기를 제거하였다. 육질은 약 3-5 mm로 세절하였고 껍질은 그대로 사용하였다. 가열 방법을 달리하여 볶은 껍질과 육질, 열풍건조한 껍질과 육질, 증건한 껍질과 육질 시료를 준비하였다. 비교를 위하여 대조군 껍질과 육질을 준비하였다. 볶음 시료는 팬을 이용하여 기름 없이 5분 동안 볶아서 만들었다. 열풍건조 시료는 건조기(Labtech, Daihan Labtech Co. Ltd., Namyangju, Korea)를 사용하여 60°C에서 18시간 동안 열풍건조하여 얻었다. 증건 시료는 내부온도 100°C의 쪄기에 시료를 넣고 2시간 동안 쪄 후 60°C의 건조기에서 18시간 동안 열풍건조하여 만들었다. 모든 시료는 가열 처리 후 냉동 건조하였고 분말화한 뒤 35 mesh의 test sieve (35 mesh, Chunggye Sanggongsa, Seoul, Korea)에 통과시키고 진공 포장기(M-6TM, Leepack Co., Incheon, Korea)를 이용하여 진공팩((주)Rollpack, Pyeongtaek, Korea)에 포장하여 4°C에 보관하며 추출에 사용하였다.

열수추출물 제조

분말화하여 체를 통과시킨 시료 10 g에 3차 증류수 400 mL (1:40, w/v)을 가하고 90°C에서 90분 동안 향온수조(Daihan Scientific Co., Seoul, Korea)를 이용하여 환류 냉각 추출하였다. 추출 후 Whatman No. 4 거름종이(Whatman International Ltd., Maidstone, UK)로 여과한 여액을 80°C에서 감압 농축기(N-1000VW, Eyela Co., Tokyo, Japan)로 농축하고 냉동건조(NB-504, Ilshin Co., Dongducheon, Korea)한 뒤 -20°C에서 냉동 보관하며 실험에 사용하였다.

추출 수율

열수 추출물의 추출 수율(% , w/w)은 추출물 제조에 사용된 더덕 분말 무게에 대한 열수추출물 고형물 무게의 백분율로 나타내었다.

pH, 색도 및 갈색도

더덕 열수 추출물의 pH는 pH meter (Orion 3-Star Plus Benchtop pH meter, Thermo Scientific, Waltham, MA, USA)를 이용하여 측정하였다. Hunter L, a, b는 색차계(CM-5, Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 갈색도는 분광광도계(Spectramax 190, Molecular Devices, Sunnyvale, CA, USA)를 이용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다.

총당 함량 측정

총당 함량은 Somogyi 변법(21)에 따라 측정하였으며, 이를 위한 A, B, C, D 용액은 다음 방법으로 제조하였다. A 용액은 타르산포타슘소듐(potassium sodium tartrate 4-hydrate) (Samchun Pure Chemical Co., Pyeongtaek, Korea) 90 g, 제삼인산소듐12수화물(sodium phosphate dodecahydrate) (Samchun Pure Chemical Co.) 225 g을 증류수 약 700 mL에 녹이고, 여기에 황산구리(II)5수화물(copper (II) sulfate pentahydrate) (Samchun Pure Chemical Co.) 30 g을 증류수 약 100 mL에 녹인 것을 가하고, 또한 아이오딘산포타슘(potassium iodate) (Samchun Pure Chemical Co.) 3.5 g을 증류수에 녹인 뒤 가하여 전량을 1 L로 만들었다. B 용액은

옥살산포타슘1수화물(potassium oxalate monohydrate) (Samchun Pure Chemical Co.) 90 g과 아이오딘화포타슘(potassium iodide) (Samchun Pure Chemical Co.) 40 g을 증류수에 녹여 1 L로 만들었다. C 용액은 황산(sulfuric acid) (Matsunoen Chemicals Ltd., Osaka, Japan) 55 mL을 취해 증류수로 희석하여 1 L로 만들었다. D 용액은 0.1 N 싸이오황산소듐(sodium thiosulfate) (Samchun Pure Chemical Co.) 용액을 2배 희석하여 0.05 N 싸이오황산소듐 용액을 만들었다. 열수추출물의 냉동 건조물 40 mg을 증류수 4 mL에 녹인 후 35-37% 염산(hydrochloric acid) (Samchun Pure Chemical Co.) 2 mL를 가한 후 70°C에서 5분간 가열하여 비환원당을 환원당으로 가수분해하였다. 가열이 끝난 후 급냉하고 pH 7.0이 될 때까지 5 N 수산화소듐(NaOH) (Samchun Pure Chemical Co.)을 가한 후 3차 증류수를 가하여 40 mL로 만들었다. 가수분해를 완료한 시료 10 mL에 A 용액과 증류수 10 mL을 가한 후 3분 동안 끓이고 찬물에서 냉각시켰다. 그 후 B 용액, C 용액을 각각 10 mL씩 차례대로 가하고 하늘색으로 변할 때까지 D 용액으로 적정한 후 다음 식을 이용하여 총 당 함량을 계산하였다.

총당 함량(% , w/w)

$$= ((\text{대조군에 사용된 } 0.05 \text{ N 싸이오황산소듐 용액의 적정량} - \text{시료에 사용한 } 0.05 \text{ N 싸이오황산소듐 용액의 적정량}) \times 1.449 \times 0.05 \text{ N 싸이오황산소듐 용액의 factor} / 40) \times 100$$

환원당 함량 측정

환원당 함량은 Somogyi 변법(21)에 따라 측정하였으며, 총당 함량 측정에 사용된 용액과 같은 A, B, C, D 용액을 사용하였다. 열수추출물의 냉동건조물 100 mg을 증류수 10 mL에 녹인 시료에 각각 A 용액과 증류수 10 mL을 가한 후 3분 동안 끓이고 찬물에서 냉각시켰다. 그 후 B 용액, C 용액을 각각 10 mL을 차례대로 가하고 하늘색으로 변할 때까지 D 용액으로 적정한 후 다음 식으로 환원당 함량을 계산하였다.

환원당 함량(% , w/w)

$$= ((\text{대조군에 사용된 } 0.05 \text{ N 싸이오황산소듐 용액의 적정량} - \text{시료에 사용한 } 0.05 \text{ N 싸이오황산소듐 용액의 적정량}) \times 1.449 \times 0.05 \text{ N 싸이오황산소듐 용액의 factor} / 100) \times 100$$

조 사포닌 함량 측정

조 사포닌 함량은 Shibata 등(22)과 Kwon 등(23)의 노말부탄올(n-butanol) 추출법을 변형하여 측정하였다. 열수추출물의 냉동 건조물 1 g에 80% 메탄올 10 mL을 가하여 1시간 동안 환류 냉각 추출하고 Whatman No. 4 거름종이를 사용하여 감압 여과하였다. 이를 총 3회 반복한 뒤 여과하여 모은 액을 55°C에서 감압 농축하였다. 농축액에 증류수 10 mL을 가하여 분별 깔때기에 옮기고 다이에틸에테르(diethyl ether) (Samchun Pure Chemical Co.) 10 mL을 가해 2회 반복 추출하고 다이에틸에테르 층을 제거해 지용성 부분을 제거하였다. 그 후 1-부탄올(Sigma-Aldrich Chemical Co., St. Louis, MO, USA)로 제조한 수포화 부탄올 10 mL을 가해 3회 반복하여 추출한 후 플라스크에 옮겨 감압 농축하였다. 그 뒤 105°C에서 건조하여 데시케이터에서 항량하고 다음 식으로 조 사포닌 함량을 계산하였다.

조 사포닌 함량(mg/g)

$$= (\text{건조 후 플라스크 무게} - \text{항량한 플라스크 무게}) (\text{mg}) / \text{열수추출물의 냉동 건조 고형물 채취량} (\text{g})$$

총 폴리페놀 함량 측정

총 폴리페놀 함량은 폴린-시오칼토(Folin-Ciocalteu) 방법(24)에 따라 측정하였다. 표준물질은 갈산(gallic acid) (Sigma-Aldrich Co.)을 사용하여 보정선을 작성하였다. 열수추출물의 냉동 건조물을 증류수에 녹여 시료의 농도를 표준물질로 작성한 보정선 범위 안에 들어오도록 시료를 희석하였다. 이 시료 20 μ L에 증류수 1.58 mL를 섞은 뒤 2N 폴린-시오칼토 페놀 시약(Folin-Ciocalteu's phenol reagent) (Thermo Fisher Scientific, USA) 100 μ L를 첨가하여 3분간 방치하였다. 이후 20%(w/v) 탄산소듐(Na_2CO_3) (Samchun Pure Chemical Co.) 용액 300 μ L를 가하고 40°C에서 30분 반응시킨 후 분광광도계(Spectramax 190)를 이용하여 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 폴리페놀 함량은 열수추출물의 냉동 건조물 1g에 대한 갈산 당량(gallic acid equivalents, GAE)으로 환산하여 표시하였다.

DPPH 라디칼 소거능 측정

DPPH 라디칼 소거능은 Brand-Williams 등(25)의 방법에 따라 측정하였다. 2,2-다이페닐-1-피크릴하이드라질(2,2-diphenyl-picrylhydrazyl, DPPH) (Sigma-Aldrich Co.)을 메탄올에 녹여 0.25 mM DPPH 용액을 제조하였다. 열수추출물의 냉동 건조물을 증류수에 녹여 시료의 농도를 표준물질로 작성한 보정선 범위 안에 들어오도록 희석하였다. 희석한 시료 50 μ L에 DPPH 용액 150 μ L를 가하여 상온 암소에서 30분 동안 반응시킨 후 분광광도계(Spectramax 190)를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능은 트롤록스(Trolox, Sigma-Aldrich Co.)를 표준물질로 이용하여 열수추출물의 냉동 건조물 1g에 대한 트롤록스 당량 산화방지능(Trolox equivalent antioxidant capacity, TEAC)으로 나타내었다.

ABTS 라디칼 소거능 측정

ABTS 라디칼 소거능은 Re 등(26)의 방법에 따라 측정하였다. ABTS (2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt) (Sigma-Aldrich Co.)를 증류수에 녹여 7 mM의 ABTS 용액을 제조하고, 2.45 mM 과황산포타슘(potassium persulfate) (Sigma-Aldrich Co.)과 2:1로 혼합하여 상온 암소에서 12-16 시간 반응시킨 후 734 nm에서 흡광도 값이 0.70 ± 0.05 가 되도록 증류수로 희석하였다. 시료는 추출물의 냉동 건조물을 증류수에 녹여 농도를 표준물질로 작성한 보정선 범위 안에 들어오도록 희석하였다. 희석한 시료 20 μ L에 희석한 ABTS 용액 180 μ L을 5분 동안 반응시켜 분광광도계(Spectramax 190)를 이용하여 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. ABTS 라디칼 소거능은 트롤록스를 표준물질로 이용하여 열수추출물의 냉동 건조물 1g에 대한 TEAC로 나타내었다.

관능 검사

관능 검사에서는 분말화한 시료 50g에 물 2L를 가하여 90°C에서 90분 동안 추출한 후 커피 거름종이로 여과하여 최종 부피를 똑같이 맞추어 더덕 차를 제조하였다. 관능 검사에는 서울대학교 식품영양학과 대학원생 29명이 참여하였으며, 매우 좋다 7점, 보통이다 4점, 매우 싫다 1점으로 더덕 차의 향, 맛, 색, 전 반적인 기호도를 채점하도록 하였다. 시료는 세자리 난수표로 코드화하여 종이컵에 담았으며, 시료 온도는 20°C로 맞추어 제공하였다. 본 관능 검사는 서울대학교 생명윤리심의위원회(IRB)에 심의 신청하여 심의 면제 승인(승인번호: IRB No. E1508/001-004)을 받은 후 진행하였다.

통계 처리

본 실험에서는 더덕 열수추출물을 3회 반복 제조하여 분석하였다. 통계 처리는 SPSS (version 23.0, Chicago, IL, USA)를 이용하여 다른 부위간의 유의성 검정은 $p < 0.05$ 유의수준에서 t 검정하였고, 가열 처리 간의 유의성 검정은 일원배치분산분석(ANOVA)과 던컨의 다중검정(Duncan's multiple range test)을 실시하여 $p < 0.05$ 유의수준에서 다중 비교하였다.

결과 및 고찰

추출 수율

가열 처리한 더덕의 열수추출물 수율은 대조군 껍질, 볶은 껍질, 열풍건조한 껍질, 증건한 껍질이 각각 26.0, 24.7, 25.5, 28.0% 이었고, 대조군 육질, 볶은 육질, 열풍건조한 육질, 증건한 육질이 각각 50.6, 52.9, 53.4, 61.5%였다. 껍질의 추출 수율이 24.7-28.0%로 육질의 추출 수율보다 약 2배 낮았다($p < 0.05$). 본 연구에서 껍질의 가열 처리에 따른 추출 수율은 유의적 차이가 없었으며($p > 0.05$), 육질의 가열 처리에 따른 추출 수율은 증건한 육질이 유의적으로 가장 높았다($p < 0.05$). 이는 생더덕과 증숙 더덕의 열수추출물 수율이 각각 32.5%와 38.4%라고 보고한 이전 연구(20)가 본 연구에서 증건한 육질의 수율이 높았던 결과와 유사하였다. 또한 본 연구의 수율은 도라지와 흑도라지 열수추출물의 수율이 각각 22.6%와 30.3%라고 보고한 이전 연구 결과(27)보다 높았으나, 증숙한 도라지의 수율이 생도라지의 수율보다 높다는 점에서는 본 연구와 유사하였다.

pH, 색도 및 갈색도

더덕 열수추출물의 pH, 색도, 갈색도는 Table 1과 같다. 열수추출물의 pH는 4.59-5.90로 약산성이었으며, 부위에 따라서는 껍질의 pH가 육질보다 유의적으로 낮았다($p < 0.05$). 더덕 열수추출물의 색도 중 명도를 나타내는 L값은 껍질의 경우에 볶음군이 유의적으로 낮았고($p < 0.05$), 육질의 경우에 볶음군과 열풍건조군이 유의적으로 낮았다($p < 0.05$). 적색도를 나타내는 a값은 껍질의 경우에 대조군과 증건군이 유의적으로 높았고($p < 0.05$), 육질의 경우에 증건군이 유의적으로 높았다($p < 0.05$). 황색도를 나타내는 b값은 껍질의 경우에 볶음군이 유의적으로 높았고($p < 0.05$), 육질의 경우에 볶음군과 열풍건조군이 유의적으로 높았다($p < 0.05$). 선행연구(28)에 따르면, 열처리 후 열에 의한 갈변이 일어나 볶음 처리한 우영차의 황색도가 증가되었다고 보고하였는데, 본 연구에서도 다른 처리군에 비하여 볶음군의 명도가 낮고 황색도가 높아 선행연구의 결과와 유사하였다. 갈색도는 껍질의 경우에 유의적 차이가 없었고($p > 0.05$), 육질의 경우에 볶음군과 증건군이 유의적으로 높았다($p < 0.05$). 껍질의 경우 열처리 전후의 색이 회갈색으로 유사하여 갈색도에 유의적인 차이가 발생하지 않은 것으로 판단된다. 육질의 경우 선행연구(28)에서와 같이 하얀색이 열처리(볶음)로 인하여 갈변이 일어나 갈색도가 높아졌고, 열풍건조에 의해서도 육질의 갈변이 일어나 갈색도가 높아졌다.

총당과 환원당 함량

더덕 열수추출물의 총당과 환원당 함량은 Table 2와 같다. 껍질 열수추출물의 총당 함량은 증건군과 볶음군이 유의적으로 높았고($p < 0.05$), 육질 열수추출물의 총당 함량은 가열 처리에 따른 유의적 차이가 없었다($p > 0.05$). 껍질 열수추출물의 총당 함량은 육질 열수추출물의 총당 함량에 비하여 대체적으로 낮았다.

껍질 열수추출물의 환원당 함량은 열풍건조군이 유의적으로 가

Table 1. pH, color values (Hunter L, a and b) and browning index of hot water extracts from *Codonopsis lanceolata* root skin and flesh with different heat treatments

Sample	pH	Color value			Browning index
		L	a	b	
CS	4.59±0.03 ^{*C}	97.22±0.23 ^{*A}	-0.37±0.04 ^{*A}	8.25±0.08 ^{*BC}	0.19±0.02 [*]
CF	5.52±0.07 ^{*c}	98.78±0.18 ^{*a}	-0.60±0.08 ^{*b}	4.05±0.36 ^{*b}	0.06±0.00 ^{*c}
RS	4.52±0.03 ^{*D}	94.98±0.91 ^B	-0.71±0.09 ^B	13.28±1.88 ^A	0.18±0.02
RF	5.86±0.09 ^{*a}	95.53±0.27 ^b	-0.70±0.08 ^b	10.58±0.68 ^a	0.20±0.02 ^a
HDS	4.69±0.04 ^{*B}	96.36±0.12 ^{*A}	-0.69±0.03 ^{*B}	10.04±0.57 ^B	0.17±0.04
HDF	5.75±0.02 ^{*b}	95.39±0.07 ^{*b}	-0.80±0.06 ^{*b}	11.12±0.36 ^a	0.13±0.01 ^b
SHDS	5.53±0.03 ^{*A}	97.07±0.44 ^A	-0.44±0.04 ^A	6.78±0.81 ^{*C}	0.21±0.03
SHDF	5.90±0.03 ^{*a}	98.16±1.17 ^a	-0.16±0.19 ^a	4.80±0.29 ^{*b}	0.21±0.06 ^a

CS, control skin; CF, control flesh; RS, roasted skin; RF, roasted flesh; HDS, hot-air dried skin; HDF, hot-air dried flesh, SHDS, steamed and hot-air dried skin; and SHDF, steamed and hot-air dried flesh

All data represent mean values±standard deviations of three separate experiments.

*Significant difference between skin and flesh under the same treatment ($p<0.05$ by t -test).

Different large letters in the same columns indicate significant differences among skin samples ($p<0.05$ by ANOVA and Duncan's multiple range test).

Different small letters in the same columns indicate significant differences among flesh samples ($p<0.05$ by ANOVA and Duncan's multiple range test).

Table 2. Total sugar and reducing sugar contents of hot water extracts from *Codonopsis lanceolata* root skin and flesh with different heat treatments (g/g, dry basis)

Sample	Total sugar	Reducing sugar
CS	0.62±0.09 ^{AB}	0.15±0.01 ^{*B}
CF	0.63±0.15	0.32±0.01 ^{*a}
RS	0.54±0.03 ^{*B}	0.17±0.00 ^{*B}
RF	0.73±0.08 [*]	0.23±0.02 ^{*b}
HDS	0.61±0.03 ^{AB}	0.21±0.02 ^A
HDF	0.71±0.09	0.22±0.01 ^b
SHDS	0.67±0.03 ^{*A}	0.10±0.01 ^{*C}
SHDF	0.75±0.03 [*]	0.06±0.00 ^{*c}

CS, control skin; CF, control flesh; RS, roasted skin; RF, roasted flesh; HDS, hot-air dried skin; HDF, hot-air dried flesh, SHDS, steamed and hot-air dried skin; and SHDF, steamed and hot-air dried flesh

All data represent mean values±standard deviations of three separate experiments.

*Significant difference between skin and flesh under the same treatment ($p<0.05$ by t -test).

Different large letters in the same columns indicate significant differences among skin samples ($p<0.05$ by ANOVA and Duncan's multiple range test).

Different small letters in the same columns indicate significant differences among flesh samples ($p<0.05$ by ANOVA and Duncan's multiple range test).

장 높았고 증건군이 유의적으로 가장 낮았다($p<0.05$). 육질 열수추출물의 환원당 함량은 대조군이 유의적으로 가장 높았고($p<0.05$), 증건군이 유의적으로 가장 낮았다($p<0.05$). 열처리 온도에 따른 더덕의 화학 성분 및 산화방지 활성 연구(15)에 따르면, 다양한 온도에서 열처리한 더덕의 과당(fructose)과 설탕(sucrose) 함량을 분석하였는데, 과당은 대조군에서 2.92%, 110°C에서 2.79%, 120°C에서 4.62%, 130°C에서 3.68%, 140°C에서 1.92%, 150°C에서 0.84%이었으며, 설탕은 대조군에서 1.08%, 120°C까지는 2.05%로 증가하였다가 130°C 이상에서 검출되지 않은 것으로 보아 설탕이 단당류인 과당으로 분해된 것으로 생각된다고 보고하였다. 이로 미루어 볼 때, 본 연구에서 가열 처리에 따라 환원당 함량의 증감이 다른 것은 가열 처리 시 온도가 다르기 때문에 단당

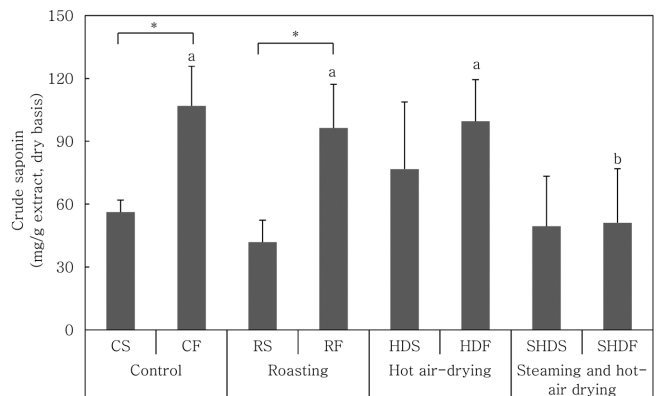


Fig. 1. Crude saponin contents of hot water extracts from *Codonopsis lanceolata* root skin and flesh with different heat treatments. CS, control skin; CF, control flesh; RS, roasted skin; RF, roasted flesh; HDS, hot-air dried skin; HDF, hot-air dried flesh, SHDS, steamed and hot-air dried skin; and SHDF, steamed and hot-air dried flesh. All data represent mean values±standard deviations of three separate experiments. *Significant difference between skin and flesh under the same treatment ($p<0.05$ by t -test). Different small letters indicate significant differences among flesh samples ($p<0.05$ by ANOVA and Duncan's multiple range test).

류와 이당류들의 조성이 달라져 환원당 함량에 영향을 주기 때문일 것이라고 생각한다.

조 사포닌 함량

더덕 열수추출물의 조 사포닌 함량 측정 결과(Fig. 1), 껍질 열수추출물의 조 사포닌 함량은 열풍건조군이 76.67 mg/g으로 가장 높았으나 유의적인 차이가 없었고($p>0.05$), 육질 열수추출물의 조 사포닌 함량은 증건군이 51.11 mg/g으로 유의적으로 낮았다($p<0.05$). 이는 설탕 비율을 달리하여 제조한 더덕차의 조 사포닌 함량이 39.56-45.20 mg/g이라고 보고한 연구(29)보다는 많고, 60°C 열풍으로 건조한 더덕으로 제조한 생식의 조 사포닌 함량이 283.97 mg/g이라고 보고한 연구(18)보다는 적다. 증건한 육질이 다른 가열 처리 시료보다 조 사포닌 함량이 적은 것은 증기로 찌는 과정에

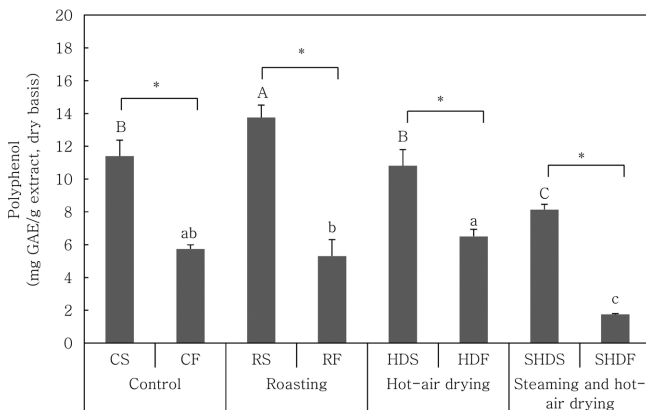


Fig. 2. Total polyphenol contents of hot water extracts from *Codonopsis lanceolata* root skin and flesh with different heat treatments. CS, control skin; CF, control flesh; RS, roasted skin; RF, roasted flesh; HDS, hot-air dried skin; HDF, hot-air dried flesh, SHDS, steamed and hot-air dried skin; and SHDF, steamed and hot-air dried flesh. All data represent mean values±standard deviations of three separate experiments. *Significant difference between skin and flesh under the same treatment ($p < 0.05$ by *t*-test). Different large letters indicate significant differences among skin samples ($p < 0.05$ by ANOVA and Duncan's multiple range test). Different small letters indicate significant differences among flesh samples ($p < 0.05$ by ANOVA and Duncan's multiple range test).

서 물에 의하여 용출되어 손실된 것으로 추측된다. 수삼을 주근과 세근으로 분리하여 여러 온도에서 원적외선을 이용하여 건조한 연구(30)를 살펴보면, 주근의 총 사포닌 함량은 건조온도가 높을수록 증가하였으나, 세근의 총 사포닌 함량은 건조온도가 증가할수록 감소하여 주근과 세근을 따로 적절한 온도에서 건조하는 것이 총 사포닌 함량을 높이는 방법이라고 보고하였다. 이로 미루어볼 때, 더덕도 부위와 처리 온도에 따른 조 사포닌 함량 차이에 대한 연구가 더 필요하다고 생각한다.

총 폴리페놀 함량

더덕 열수추출물의 총 폴리페놀 함량은 Fig. 2와 같다. 본 연구에서는 껍질 열수추출물의 총 폴리페놀 함량이 육질 열수추출물의 것보다 유의적으로 많았으며($p < 0.05$), 껍질 열수추출물의 총 폴리페놀 함량은 볶음군이 13.76 mg GAE/g으로 유의적으로 가장 높았고 증진군이 8.14 mg GAE/g으로 가장 낮았다($p < 0.05$). 육질 열수추출물의 총 폴리페놀 함량은 증진군이 1.75 mg GAE/g으로 유의적으로 가장 낮았다($p < 0.05$). 건조 방법을 달리한 더덕으로 제조한 생식의 총 폴리페놀 함량은 열풍건조한 더덕 생식이 대조군에 비하여 유의적으로 높았다고 보고한 연구가 있으나(18), 본 연구에서는 대조군과 열풍건조군 간에 총 폴리페놀 함량의 유의적 차이는 없었다($p < 0.05$).

라디칼 소거능

더덕 열수추출물의 DPPH 라디칼 소거능은 Fig. 3과 같다. 껍질 열수추출물의 DPPH 라디칼 소거능은 볶음군이 36.01 mM TEAC/g으로 가열 처리 중 유의적으로 가장 높았다($p < 0.05$). 육질 열수추출물의 DPPH 라디칼 소거능은 증진군이 1.20 mM TEAC/g으로 유의적으로 낮았다($p < 0.05$). 본 연구에서는 껍질이 육질보다 DPPH 라디칼 소거능이 유의적으로 높아($p < 0.05$) 총 폴리페놀 함량의 경향과 유사하였는데, 이는 더덕 껍질에 있는 세포벽 물질의 산화방지능이 더덕 육질의 것보다 높았다고 보고한

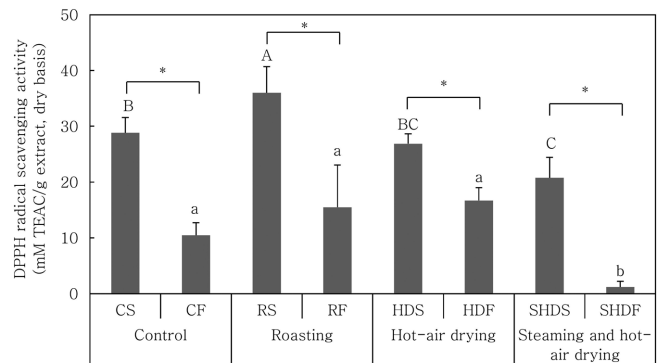


Fig. 3. DPPH radical scavenging activity of hot water extracts from *Codonopsis lanceolata* root skin and flesh with different heat treatments. CS, control skin; CF, control flesh; RS, roasted skin; RF, roasted flesh; HDS, hot-air dried skin; HDF, hot-air dried flesh, SHDS, steamed and hot-air dried skin; and SHDF, steamed and hot-air dried flesh. All data represent mean values±standard deviations of three separate experiments. *Significant difference between skin and flesh under the same treatment ($p < 0.05$ by *t*-test). Different large letters indicate significant differences among skin samples ($p < 0.05$ by ANOVA and Duncan's multiple range test). Different small letters indicate significant differences among flesh samples ($p < 0.05$ by ANOVA and Duncan's multiple range test).

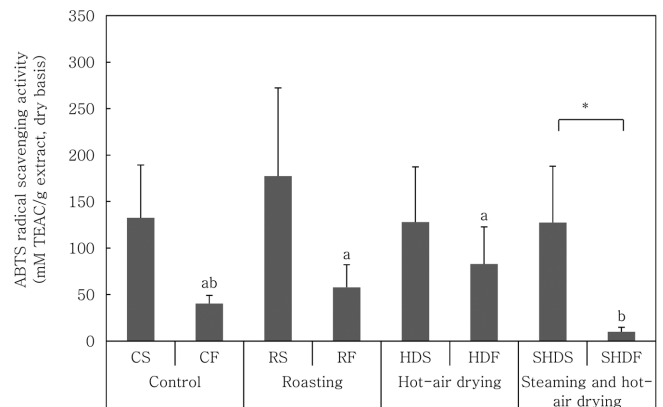


Fig. 4. ABTS radical scavenging activity of hot water extracts from *Codonopsis lanceolata* root skin and flesh with different heat treatments. CS, control skin; CF, control flesh; RS, roasted skin; RF, roasted flesh; HDS, hot-air dried skin; HDF, hot-air dried flesh, SHDS, steamed and hot-air dried skin; and SHDF, steamed and hot-air dried flesh. All data represent mean values±standard deviations of three separate experiments. *Significant difference between skin and flesh under the same treatment ($p < 0.05$ by *t*-test). Different small letters indicate significant differences among flesh samples ($p < 0.05$ by ANOVA and Duncan's multiple range test).

연구와 유사하였다(12). 또한 열풍건조 등으로 열처리한 더덕의 폴리페놀 함량이 열처리하지 않은 더덕의 경우보다 높았으며, 이는 열처리한 더덕의 산화방지능이 열처리하지 않은 더덕의 산화방지능보다 높았다고 보고한 연구와 유사하였다(15).

더덕 열수추출물의 ABTS 라디칼 소거능은 Fig. 4와 같다. 껍질 열수추출물의 ABTS 라디칼 소거능은 볶음군이 177.51 mM TEAC/g으로 가장 높았으나 다른 가열 처리와 유의적 차이는 없었으며($p > 0.05$), 육질 열수추출물의 ABTS 라디칼 소거능은 증진군이 9.89 mM TEAC/g으로 다른 가열 처리보다 유의적으로 낮았다($p < 0.05$). 이는 더덕의 총 폴리페놀 함량 및 산화방지 활성

Table 3. Sensory scores of teas made from *Codonopsis lanceolata* root skin and flesh with different heat treatments

Taste	Flavor	Taste	Color	Overall acceptability
CS	4.14±1.41	3.28±1.44	4.45±1.18 ^{*BC}	3.72±1.51
CF	4.00±1.16 ^b	3.31±1.34 ^c	3.59±1.38 ^{*b}	3.38±1.12 ^b
RS	4.24±1.06	3.62±1.57	4.79±1.01 ^{AB}	3.97±1.27
RF	4.62±1.27 ^{ab}	4.21±1.66 ^b	4.69±1.23 ^a	4.45±1.50 ^a
HDS	4.45±0.99	3.90±1.29 [*]	5.34±0.94 ^{*A}	4.38±1.24
HDF	5.00±1.25 ^a	5.03±1.61 ^{*a}	4.59±1.40 ^{*a}	5.00±1.49 ^a
SHDS	4.31±0.81	3.69±1.11	3.97±1.18 ^{*C}	3.97±1.05
SHDF	4.10±0.82 ^b	3.59±1.43 ^{bc}	3.34±1.01 ^{*b}	3.62±1.12 ^b

The values are hedonic scores (1, extremely dislike; 7, extremely like) ($n=29$).

CS, control skin; CF, control flesh; RS, roasted skin; RF, roasted flesh; HDS, hot-air dried skin; HDF, hot-air dried flesh, SHDS, steamed and hot-air dried skin; and SHDF, steamed and hot-air dried flesh

All data represent mean values±standard deviations of three separate experiments.

*Significant difference between skin and flesh under the same treatment ($p<0.05$ by t -test).

Different large letters in the same columns indicate significant differences among skin samples ($p<0.05$ by ANOVA and Duncan's multiple range test).

Different small letters in the same columns indicate significant differences among flesh samples ($p<0.05$ by ANOVA and Duncan's multiple range test).

증진 연구(8,20)와는 달리, 본 연구에서 증진한 더덕의 폴리페놀 함량 및 산화방지 활성은 낮았는데, 선행연구에서는 증숙 및 건조를 3회 또는 5회 반복하였으나, 본 연구에서는 1회 시행하여 유용성분의 용출이 적었기 때문으로 생각한다. 또한 조 사포닌 함량과 마찬가지로 증기로 찌는 과정에서 폴리페놀과 같은 산화방지 성분들이 물에 의하여 용출되어 손실된 것으로 추정된다.

관능 특성

가열 처리한 더덕 차의 향, 맛, 색, 전반적 기호도를 7점 척도 법으로 평가한 결과는 Table 3과 같다. 더덕 껍질 차는 열풍건조군의 색 기호도 점수가 유의적으로 가장 높고($p<0.05$), 향, 맛, 전반적 기호도에서 다른 가열 처리군에 비하여 점수가 높은 경향을 보였다. 그러므로 향후 열풍건조 방법을 이용한 더덕 껍질 차의 맛 개선 연구가 필요하다고 생각한다. 또한 더덕 껍질로 만든 차는 향 및 전반적 기호도에서 더덕 육질로 만든 차와 유의적 차이가 없어($p>0.05$) 더덕 육질로 만든 차와 유사한 관능 특성을 가지고 있다고 판단되므로 더덕 껍질은 차의 재료로 활용될 수 있을 것으로 보인다.

요 약

본 연구에서는 더덕 껍질의 활용도를 높이고 식품소재, 특히 차 원료로서의 가능성을 제시하기 위하여 더덕을 껍질과 육질로 나누어 가열 처리한 더덕으로부터 열수추출물을 제조하여 이화학 및 관능 특성을 비교하였다. 더덕 열수추출물의 pH는 껍질이 육질보다 낮았고($p<0.05$), 색도는 붉은 껍질과 육질의 L값이 낮고 b값이 높았다($p<0.05$). 총당 함량은 껍질의 경우에 증진군이 붉은군보다 많았으나($p<0.05$), 환원당 함량은 껍질의 경우에 열풍건조군이, 육질의 경우에 대조군이 많았다. 조 사포닌 함량은 대조군 육질, 붉은 육질, 열풍건조한 육질에 많았다($p>0.05$). 껍질의 열수추출물이 육질의 열수추출물보다 총 폴리페놀 함량이 많고 DPPH 라디칼 소거능도 높았다($p<0.05$). 더덕 분말을 차로 만들어 관능 검사한 결과, 더덕 껍질로 만든 차는 향과 전반적 기호도에서 더덕 육질로 만든 차와 유의적 차이가 없었다($p>0.05$). 결론적으로 대부분 폐기물 처리되는 더덕 껍질은 육질보다 총 폴리페놀 함량이 많고 산화방지 활성이 뛰어났으며, 더덕 껍질 차의 향과 전반적 기호도가 더덕 육질로 만든 차와 유사한 관능 특성을 가지고 있으므로 차의 재료로 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

References

- Kim CH, Chung MH. Pharmacognostical studies on *Codonopsis lanceolata*. Kor. J. Pharmacogn. 6: 43-47 (1975)
- Hong WS, Lee JS, Ko SY, Choi YS. A study on the perception of *Codonopsis lanceolata* dishes and the development of *Codonopsis lanceolata* dishes. Korean J. Food Cook. Sci. 22: 181-192 (2006)
- Byeon SE, Choi WS, Hong EK, Lee J, Rhee MH, Park HJ, Cho JY. Inhibitory effect of saponin fraction from *Codonopsis lanceolata* on immune cell-mediated inflammatory responses. Arch. Pharm. Res. 32: 813-822 (2009)
- Han EG, Sung IS, Moon HG, Cho SY. Effect of *Codonopsis lanceolata* water extract on the levels of lipid in rats fed high fat diet. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 27: 940-944 (1998)
- Choi HK, Won EK, Jang YP, Choung SY. Antiobesity effect of *Codonopsis lanceolata* in high-calorie/high-fat-diet-induced obese rats. Evid-based Compl. Alt. 2013: 210297 (2013)
- Lee JS, Kim KJ, Kim YH, Kim DB, Shin GH, Cho JH, Kim BK, Lee BY, Lee OH. *Codonopsis lanceolata* extract prevents diet-induced obesity in C57BL/6 mice. Nutrients 6: 4663-4677 (2014)
- Jung LS, Yoon WB, Park SJ, Park DS, Ahn JH. Evaluation of physicochemical properties and biological activities of steamed and fermented Deodeok (*Codonopsis lanceolata*). Korean J. Food Sci. Technol. 44: 135-139 (2012)
- Jeon SM, Kim SY, Kim IH, Go JS, Kim HR, Jeong JY, Lee HY, Park DS. Antioxidant activities of processed deodeok (*Codonopsis lanceolata*) extracts. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 42: 924-932 (2013)
- Ichikawa M, Ohta S, Komoto N, Ushijima M, Kodera Y, Hayama M, Shirota O, Sekita S, Kuroyanagi M. Simultaneous determination of seven saponins in the roots of *Codonopsis lanceolata* by liquid chromatography-mass spectrometry. J. Nat. Med. 63: 52-57 (2009)
- Kim NY, Chae HS, Lee IS, Kim DS, Seo KT, Park SJ. Analysis of chemical composition and antioxidant activity of *Codonopsis lanceolata* skin. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39: 1627-1633 (2010)
- Kang YH. Phenolic compounds and antioxidant activity in cell wall materials from deodeok (*Codonopsis lanceolata*). Korean J. Food Sci. Technol. 41: 345-349 (2009)
- Won HT, Oh HS. Antioxidative activity and lipid composition from different part and supplement of *Codonopsis lanceolata* in rat. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 36: 1128-1133 (2007)
- Yoon SR, Lee MH, Park JH, Lee IS, Kwon JH, Lee GD. Changes in physicochemical compounds with heating treatment of ginseng. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 34: 1572-1578 (2005)
- Park MH, Sohn HJ, Jeon BS, Kim NM, Park CK, Kim AK, Kim

- KC. Studies on flavor components and organoleptic properties in roasted red ginseng marc. *J. Ginseng Res.* 23: 211-216 (1999)
15. Hwang CR, Oh SH, Kim HY, Lee SH, Hwang IG, Shin YS, Lee JS, Jeong HS. Chemical composition and antioxidant activity of deoduk (*Codonopsis lanceolata*) and doragi (*Platycodon grandiflorum*) according to temperature. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 40: 798-803 (2011)
 16. Lee JY, Kim BK, Park HJ. Antioxidant activities and quality characteristics of fermented *Codonopsis lanceolata* tea according to heating processes. *Korean J. Food Nutr.* 26: 693-699 (2013)
 17. Kim KT, Hong HD, Kim SS. Quality characteristics of ginseng treated by hot air drying after being dried using super-heated steam. *J. Ginseng Res.* 33: 361-366 (2009)
 18. Jin TY, Quan WR, Wang MH. Changes of physicochemical and sensory characteristics in the *Codonopsis lanceolata* saengsik, uncooked food by different drying methods. *Korean J. Food Sci. Technol.* 40: 721-725 (2008)
 19. Park JD. Recent studies on the chemical constituents of Korean ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer). *J. Ginseng Res.* 20: 389-415 (1996)
 20. Song CH, Seo YC, Choi WY, Lee CG, Kim DU, Chung JY, Chung HC, Park DS, Ma CJ, Lee HY. Enhancement of antioxidative activity of *Codonopsis lanceolata* by stepwise steaming process. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 20: 238-244 (2012)
 21. Nelson N. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. *J. Biol. Chem.* 153: 375-380 (1944)
 22. Shibata S, Tanaka O, Ando T, Sado M, Tsushima S, Ohsawa T. Chemical studies on oriental plant drugs. XIV. protopanaxadiol, a genuine sapogenin of ginseng saponins. *Chem. Pharm. Bull.* 14: 595-600 (1966)
 23. Kwon JH, Belanger JMR, Pare JRJ, Yaylayan VA. Application of the microwave-assisted process (MAP™) to the fast extraction of ginseng saponins. *Food Res. Int.* 36: 491-498 (2003)
 24. Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventos RM. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Method Enzymol.* 299: 152-178 (1999)
 25. Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Sci. Technol.* 28: 25-30 (1995)
 26. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Bio. Med.* 26: 1231-1237 (1999)
 27. Lee SJ, Bang WS, Hong JY, Kwon OJ, Shin SR, Yoon KY. Antioxidant and antimicrobial activities of black doraji (*Platycodon grandiflorum*). *Korean J. Food Preserv.* 20: 510-517 (2013)
 28. Kwon YR, Youn KS. Physicochemical of burdock (*Arctium lappa* L.) tea depending on steaming and roasting treatment. *Korean J. Food Preserv.* 21: 646-651 (2014)
 29. Jin TY, Wang MH. Quality characteristics of *Codonopsis lanceolata* tea manufactured with sugar. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 42: 753-758 (2013)
 30. Lee KS, Kim GH, Kim HH, Seong BJ, Lee HC, Lee YG. Physicochemical characteristics on main and fine root of ginseng dried by various temperature with far-infrared drier. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 16: 211-217 (2008)