

열처리 온도에 따른 더덕과 도라지의 화학성분과 항산화활성

황초롱¹ · 오승희¹ · 김현영¹ · 이상훈¹ · 황인국² · 신유수³ · 이준수¹ · 정현상^{1*}

¹충북대학교 식품공학과

²국립식량과학원

³국립원예특작과학원

Chemical Composition and Antioxidant Activity of Deoduk (*Codonopsis lanceolata*) and Doragi (*Platycodon grandiflorum*) according to Temperature

Cho-Rong Hwang¹, Seung-Hee Oh¹, Hyun-Young Kim¹, Sang-Hoon Lee¹, In-Guk Hwang²,
Yu-Su Shin³, Jun-Soo Lee¹, and Heon-Sang Jeong^{1*}

¹Dept. of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Chungbuk 361-763, Korea

²Dept. of Agro-food Resources, National Academy of Agricultural Science, RDA, Gyeonggi 441-857, Korea

³Dept. of Herbal Crop Research, Ginseng Research Division, RDA, Chungbuk 369-873, Korea

Abstract

We investigated the changes in chemical composition and antioxidant activity of Deoduk (*Codonopsis lanceolata*) and Doragi (*Platycodon grandiflorum*) with heating. Deoduk and Doragi were heated to 110~150°C for 2 hours. The total polyphenol content of Deoduk and Doragi reached high values of 6.31 and 7.34 mg/g, respectively, at 150°C. The total polyphenol content of raw Deoduk and Doragi were 0.60 and 0.59 mg/g, respectively. The DPPH radical scavenging activity (IC₅₀) of Deoduk and Doragi decreased from 13.94 and 6.83 mg/mL, respectively, in raw samples to 0.81 and 0.94 mg/mL, respectively, in samples heated to 150°C. The ABTS radical scavenging activity of Deoduk and Doragi increased from 0.43 and 0.21 mg AA eq/g, respectively, in raw samples to 3.55 and 4.83 mg AA eq/g, respectively, in samples heated to 150°C. The reducing power of raw Deoduk and Doragi was 0.1 and 0.06, respectively, which was increased to 0.54 and 0.50, respectively, in samples heated to 150°C. Fructose content decreased after heating to 130°C. The sucrose content of the samples increased slowly with heating up to 120°C, but was not detected at warmer temperatures. The organic acid and 5-HMF of the samples increased gradually with increasing temperature.

Key words: *Codonopsis lanceolata*, *Platycodon grandiflorum*, heating temperature, antioxidant activity, 5-HMF

서 론

더덕(*Codonopsis lanceolata*)은 한국, 중국 및 일본의 산간지방에서 야생하는 다년생 초본으로 일반식용으로 널리 이용되고 있는 산채식품이며, 독특한 맛과 향으로 인해 여러 가지 조리방법으로 식용 및 약용으로 널리 이용되고 있다. 한방에서는 폐 기운을 돋워주고 가래를 없애주는 약재로 사용되어 강장, 해열, 진해, 거담, 해독 및 배농 등의 질병치료의 목적으로 사용되고 있다(1). 더덕의 주성분은 saponin, inulin과 flavonoid 등으로 알려져 있고(2), 혈청지질의 감소 효과(3), 면역력 증가(4) 및 세포벽 물질의 항산화효과가 보고되었다(5,6).

도라지(*Platycodon grandiflorum*)는 더덕과 같이 식용으로 이용되고 있는 산채식품으로(7) 주성분으로는 triterpenoid계 saponin인 platycodin A, C 및 D 등이 알려졌으며

이외에 inulin, betulin, stigmasterol과 당질, 섬유질을 함유하고 있어 한방에서는 배농, 거담, 기관지염 및 천식 등의 기관지계 질환에 사용되어온 생약재이지만 약용보다는 식용으로 더 많이 이용되어 왔다(8). 도라지에 대한 연구로는 무기물, 아미노산, 지방산 등의 일반성분(9)과 장생도라지 추출물의 돌연변이 억제효과(10), 화학성분과 생리활성(11), 다년생 도라지의 항암 및 면역활성(12), 항콜린작용(13), 혈당강화작용(14) 및 콜레스테롤 대사 개선작용(15) 등이 보고되었다.

식품의 열처리 가공은 식품의 저장수명을 연장시키고 품질을 향상시키기 위하여 사용되지만 열처리 가공 중 열에 민감한 영양소의 파괴 및 활성물질의 손실 등의 문제점들이 발생되어 제한적으로 사용되고 있다. 그러나 최근 연구에서는 과일 및 채소류 등을 100°C 정도에서 가열하거나 데치기 하는 경우, 150~200°C 정도에서 로스팅과 같이 건열처리

*Corresponding author. E-mail: hsjeong@chungbuk.ac.kr
Phone: 82-43-261-2570, Fax: 82-43-271-4412

하는 경우 그리고 120°C 범위에서 고압살균과 같이 습열처리 하는 경우 다양한 변화에 의해 생리활성물질이 증가한다고 보고되면서(16) 이와 관련된 다양한 연구가 진행되고 있다. 감초를 열처리할 경우에 항산화활성이 증가하며(17) 그밖에도 인삼(18), 배(19), 마늘(20), 멜론, 사과, 토마토, 참외 및 수박(21) 등 여러 가지 과일 및 채소류의 열처리 시 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 증가하며 항산화 활성이 증가한다고 보고하는 등 열처리에 관한 연구들이 활발하게 진행되고 있다. 하지만 일반식용 및 약용으로 사용되는 더덕과 도라지에 대한 열처리 효과에 관한 연구는 찾아보기 어려운 실정이다.

따라서 본 연구에서는 더덕과 도라지를 고온에서 열처리 하고 처리 전과 후의 화학성분 변화와 항산화활성 변화를 평가하여 기능성식품으로의 개발 가능성을 검토하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 더덕과 도라지는 2010년 국내에서 생산된 것으로 충북 청주시 대형 할인마트에서 구입하여 사용하였다. 구입한 시료는 수세 후 분쇄하여 20 g씩 polyethylene 필름에 밀봉한 후 -20°C에 저장하면서 실험에 사용하였다.

열처리방법

더덕과 도라지의 열처리 온도와 시간은 선행연구(17-21)를 통하여 성분 및 항산화활성 변화가 많이 발생하는 110, 120, 130, 140 및 150°C로 설정하였고 처리 시간은 2시간으로 고정하였으며, 처리를 하지 않은 시료를 대조구로 하였다. 고온 열처리장치(JISCO, Seoul, Korea)는 10 kg/cm² 이상의 압력에서도 견딜 수 있도록 설계·제작된 것으로 가열에 의해 증기압을 발생시키는 외부용기, 안전변과 공기배출구, 압력계이기로 구성된 뚜껑, 그리고 시료를 넣는 내부용기로 구성되어 있으며 모든 실험은 3회 반복하였다.

추출물 제조

열처리 한 더덕과 도라지 20 g에 80% 에탄올 100 mL을 가하여 초음파 추출장치(SD-350H, Seong Dong, Seoul, Korea)로 1시간씩 3회 반복 추출한 다음 추출액을 합쳐 감압 여과하고 회전진공농축기(EYELA N-1000, Tokyo Rikakikai Co., Tokyo, Japan)로 38°C에서 용매를 완전히 제거시킨 다음 일정량의 증류수로 정용한 다음 동결건조(Modulyod-115, Thermo Electron Co., Waltham, MA, USA)하여 -20°C에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다.

총 폴리페놀 함량 측정

열처리 시료 추출물의 총 폴리페놀 함량은 Yang 등(18)의 방법에 따라 Folin-Ciocalteu reagent가 추출물의 폴리페놀 성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다. 각 추출물 100 µL에 2% Na₂CO₃

용액 2 mL를 가한 후 3분간 방치한 다음 50% Folin-Ciocalteu reagent 100 µL를 가하였다. 2% Na₂CO₃ 용액을 가하고 30분 후 반응액의 흡광도 값을 spectrophotometer (UV-1650, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 750 nm에서 측정하였다. 표준물질로 gallic acid(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하였다. 총 폴리페놀 함량은 시료 g 중의 mg gallic acid로 나타내었다.

DPPH 라디칼 소거능에 의한 항산화활성(IC₅₀) 측정

열처리 시료 추출물의 전자공여능(Electron donating ability, EDA)은 Hwang 등(19)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 시료 0.2 mL에 2×10⁻⁴ M DPPH(Sigma Chemical Co.) 용액(99% ethanol에 용해) 0.8 mL를 가한 후, vortex mixer로 10초간 진탕하고 30분 후 spectrophotometer를 이용하여 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 흡광도를 측정할 때 셀에 분주되는 각 시료에 의한 흡광도의 차이는 용해한 용매만의 흡광도를 측정하여 보정해 주었고, 이때 전자공여능은 시료 첨가구와 비첨가구의 흡광도 차이를 백분율(%)로 구하였으며, 추출물의 EDA(%) 값을 50% 감소시키는 IC₅₀ 값으로 표현하였다.

총 항산화력 측정

열처리 시료 추출물의 총 항산화력은 Kwon 등(20)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 2,2'-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS, Sigma Chemical Co.) 7.4 mM과 potassium persulphate 2.6 mM을 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS^{•+} 양이온을 형성시킨 후 이 용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4~1.5가 되도록 물 흡광계수($\epsilon = 3.6 \times 10^4 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$)를 이용하여 증류수로 희석하였다. 희석된 ABTS^{•+}용액 1 mL에 추출액 50 µL를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 60분 후에 측정하였으며, 표준물질로서 L-ascorbic acid(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 동량 첨가하였고, 총 항산화력은 AEAC(L-ascorbic acid equivalent antioxidant capacity, mg AA eq/g)로 나타내었다.

환원력 측정

열처리 시료 추출물의 환원력은 Kong 등(22)의 방법에 따라 Fe³⁺(CN)₆가 반응을 통해 얻어진 전자에 의해 Fe²⁺(CN)₆으로 환원반응이 일어나는 정도를 측정하여 나타내었다. 즉, 추출물 250 µL에 0.2 M sodium phosphate buffer(pH 6.6) 250 µL, 1% potassium ferricyanide(K₃Fe(CN)₆) 250 µL를 각각 혼합하여 50°C에서 20분 동안 반응시킨 후 1% trichloroacetic acid(CCl₃COOH, w/v)를 가하였다. 위 반응액을 1,000 rpm에서 10분간 원심분리 하여 상정액 500 µL에 증류수 500 µL를 혼합하고, 0.1% ferric chloride(FeCl₃·6H₂O) 100 µL를 가하여 반응액의 흡광도 값을 700 nm에서 측정하였다.

유리당 함량 측정

열처리 시료 추출물의 유리당 함량은 Bae 등(23)의 방법

을 변형하여 분석하였다. 즉, 시료 추출물을 0.45 μm syringe filter로 여과하여 분석시료로 사용하였다. 분석기기는 HPLC (Waters 2695, NewCastle, DE, USA)를 이용하였고, 칼럼은 carbohydrate(4.6 \times 150 mm, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA), 이동상은 acetonitrile-water(75:25, v/v), 검출기는 RI detector(Waters 2414), 유속은 1 mL/min, 주입량은 20 μL 로 하였다. 표준물질은 fructose, glucose 및 sucrose(Sigma Chemical Co.)를 사용하였다.

유기산 함량 분석

열처리 시료 추출물의 유기산 함량은 Cho 등(24)의 방법에 따라 분석하였다. 시료 10 g에 증류수 50 mL를 가해 초음파 추출 후 0.45 μm membrane filter로 여과한 후 HPLC (Thermo Separation Products, Waltham, MA, USA)로 분석하였다. 칼럼은 aminex HPX-87H ion exclusion column (7.8 \times 300 mm; Bio-Rad, Hercules, CA, USA)을 사용하였고, 검출기는 UV detector(Spectra System UV1000, Thermo Separation Products)로 215 nm에서 검출하였으며, 이동상은 0.008 N sulphuric acid 용액을 0.6 mL/min 유속으로 흘려 주었고 20 μL 를 주입하여 분석하였다. 표준물질로는 citric acid, malic acid 및 succinic acid(Sigma-Aldrich)를 사용하였다.

5-HMF 함량 측정

열처리 시료 추출물의 5-HMF 함량을 측정하기 위해 Bae 등(23)의 방법에 따라 분석하였다. 열처리한 시료 추출물을 ethyl acetate로 3회 분획한 후 농축하여 증류수로 용해시킨 다음 0.45 μm syringe filter로 여과하여 HPLC(Younglin, Anyang, Korea)로 분석하였다. 칼럼은 Mightysil RP-18 GP column(4.6 \times 250 mm, 5 μm , Kanto Chemical, Tokyo, Japan), 이동상은 acetonitrile-water(20:80 v/v), 검출기는 UV detector(Younglin)로 280 nm에서 분석하였으며, 유속은 0.6 mL/min, 주입량은 20 μL 로 하였으며 표준물질은 5-HMF (Wako Pure Chemical Co., Osaka, Japan)를 사용하였다.

통계분석

모든 실험은 3회 반복 측정하였으며 통계분석은 SPSS Ver 12.0 package program을 이용하여 각 측정 군의 평균과 표준편차를 산출하고 Duncan's multiple range test를 이용하여 유의성($p < 0.05$)을 검정하였다.

결과 및 고찰

총 폴리페놀 함량 변화

열처리 조건에 따른 더덕과 도라지의 총 폴리페놀 함량의 변화는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 열처리하지 않은 대조구에서는 0.60 및 0.59 mg GA eq/g이었지만 열처리 온도가 증가함에 따라 더덕은 0.92 mg GA eq/g에서 6.31 mg GA eq/g으로 그리고 도라지는 0.99 mg GA eq/g에서 7.34 mg

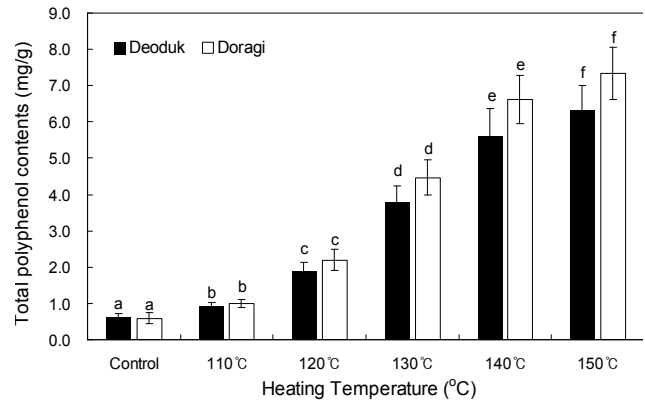


Fig. 1. Changes in polyphenol contents of Deoduk and Doragi by different heating temperatures. Means with the different letters (a-f) on bars of each sample are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

GA eq/g으로 증가하였다. 이러한 결과는 인삼의 총 폴리페놀 함량은 무처리의 2.68 mg/g에서 열처리온도와 처리시간이 증가함에 따라 29.46 mg/g으로 증가한다는 결과와 일치하였으며(18), 이러한 총 폴리페놀 함량의 증가는 고분자의 페놀성 화합물이 열처리에 의해 저분자의 페놀성 화합물로 전환되었거나 새롭게 생성되어 총 폴리페놀 함량이 증가한 것으로 생각된다.

DPPH 라디칼 소거능에 의한 항산화활성(IC₅₀) 변화

DPPH 라디칼 소거능(EDA%) 값을 50% 감소시키는 더덕과 도라지의 IC₅₀값을 열처리 조건별로 측정한 결과는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 열처리하지 않은 대조구에서는 더덕이 13.94 mg/mL 그리고 도라지에서는 6.83 mg/mL로 높게 나타났지만 열처리 온도가 증가함에 따라 항산화활성이 증가하여 150°C에서는 각각 0.81 및 0.94 mg/mL로 나타났다. 총 폴리페놀 함량이 높게 나타난 열처리 온도에서 항산화활성도 높게 나타났으며, 열처리에 따른 페놀화합물의 증가로 항산화효과가 증가되었을 것으로 생각된다. 이러한 결과는 감초의 IC₅₀ 값은 무처리에서 0.573 g/L이었으나 열처리 시

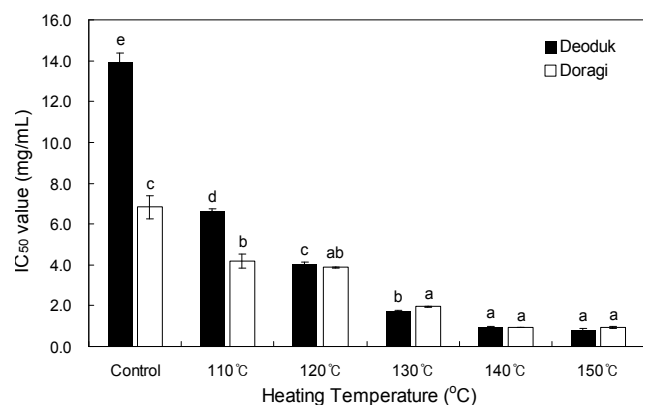


Fig. 2. Changes in DPPH radical scavenging activity (IC₅₀) of Deoduk and Doragi by different heating temperatures. Means with the different letters (a-e) on bars of each sample are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

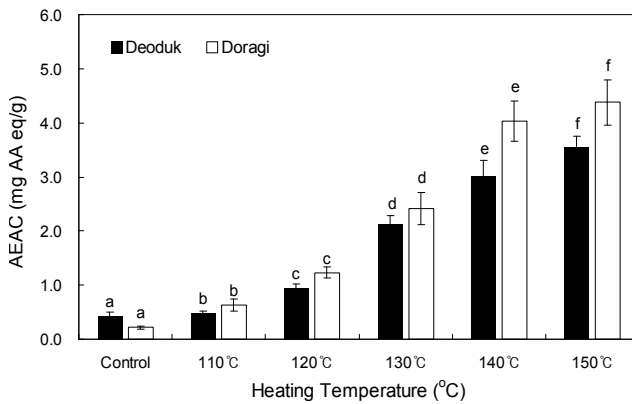


Fig. 3. Changes in total antioxidant activity (AEAC) of Deoduk and Doragi by different heating temperatures. Means with the different letters (a-f) on bars of each sample are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

0.32 g/L로 낮아지며(17), 인삼도 무처리에서 17.68 mg/g이었던 것이 열처리 시 0.22 mg/g로 낮아지고(18), 과채류의 경우에도 무처리에서는 항산화활성이 거의 나타나지 않았던 수박 등이 열처리 시 크게 증가한다(21)는 결과와도 일치하였다. 또한 Choi 등(16)과 Turkmen 등(25)의 연구에서도 식물체를 열처리할 경우 결합형의 폴리페놀 성분이 유리형으로 되어 활성이 증가한다고 보고한 것과 같이 더덕과 도라지를 열처리할 경우 유리형의 폴리페놀 화합물이 증가하여 항산화 효과가 증가하였을 것으로 생각되며, 열처리로 인해 조직과 강하게 결합되어 있던 유효성분들이 유리형으로 전환되어 항산화 효과가 증가되었을 것으로 생각되어진다.

총 항산화력 변화

열처리에 따른 더덕 및 도라지의 ABTS 라디칼 소거능(AEAC)을 측정된 결과는 Fig. 3에서 보는 바와 같이 열처리하지 않은 대조구보다 열처리 온도가 증가할수록 AEAC 값이 증가하였다. 열처리 더덕 추출물의 경우 150°C 처리 시 3.55 mg AA eq/g으로 무처리 0.43 mg AA eq/g보다 많은 증가를 보였으며, 도라지의 경우에도 대조구에서는 0.21 mg AA eq/g이었으나 150°C 처리 시 4.38 mg AA eq/g으로 총 항산화력이 증가하였다. 이러한 현상은 열처리 온도의 증가에 따라 항산화효과를 나타내는 폴리페놀 함량이 증가되었기 때문으로 생각되며, 이는 열처리한 감초(17)와 열처리 토마토(21)에서도 열처리 온도가 증가할수록 총 항산화력도 증가하였다는 결과와 일치하였다.

환원력 변화

열처리에 따른 더덕, 도라지의 환원력에 대한 흡광도 값을 1 mg/mL의 농도에서 측정된 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 항산화반응과 같은 환원력은 환원이 제공하는 수소원자가 free radical 사슬을 분해함으로써 시작되며 흡광도 수치 자체가 시료의 환원력을 나타내고, 높은 환원력을 가지는 물질일수록 흡광도 값이 높다(26). 열처리 전 더덕과 도라지의 환원력은 각각 0.1 및 0.06이었으나 열처리온도가 증가할수

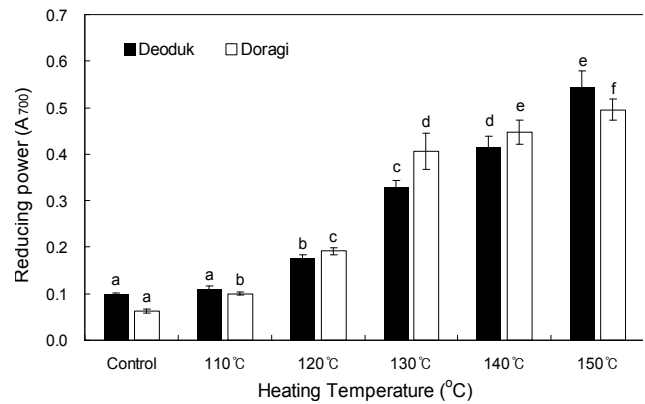


Fig. 4. Changes in reducing power of Deoduk and Doragi by different heating temperatures. Means with the different letters (a-f) are on bars of each sample significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

록 증가하여 150°C에서는 각각 0.54 및 0.50으로 증가하였으며, 다른 항산화활성과 유사한 결과를 나타내었다. Kim 등(27)에 의하면 더덕 70% 추출물의 환원력은 1 mg/mL의 농도에서 0.18로 유사한 결과를 나타내었다.

유리당 함량 변화

열처리에 따른 더덕과 도라지의 유리당 함량을 분석한 결과 fructose 및 sucrose 2개의 당이 검출되었으며 그 결과는 Table 1과 같다. 원료 더덕과 도라지의 fructose 함량은 각각 2.92 및 2.09%이었으며, sucrose 함량은 각각 1.08 및 0.40%이었다. 열처리에 따른 fructose 함량 변화를 보면 110°C에서는 더덕의 경우 2.79%로 약간 감소하였지만 120°C에서는 4.62%로 증가하였으며 130°C 이상의 온도에서는 감소하는 경향을 보였다. 도라지에서는 130°C까지는 3.98%로 계속 증가하였으나 140°C 이상의 온도에서는 오히려 감소하여 150°C에서는 0.74% 함량을 나타내었다. Sucrose 함량 변화를 살펴보면 더덕의 경우 120°C까지 2.05%로 증가하였지만 그 이상의 온도에서는 검출되지 않았다. 도라지의 경우도 120

Table 1. Changes in free sugar contents of Deoduk and Doragi by different heating temperatures

Samples	Temperature (°C)	Fructose	Sucrose	Total (%)
Deoduk	Control	2.92 ± 0.22 ⁽¹⁾	1.08 ± 0.28 ^a	3.995
	110	2.79 ± 0.07 ^c	1.21 ± 0.21 ^a	4.000
	120	4.62 ± 0.30 ^e	2.05 ± 0.04 ^b	6.671
	130	3.68 ± 0.15 ^d	ND ⁽²⁾	3.683
	140	1.92 ± 0.00 ^b	ND	1.917
	150	0.84 ± 0.01 ^a	ND	0.841
Doragi	Control	2.09 ± 0.40 ^b	0.40 ± 0.00 ^a	2.491
	110	2.47 ± 0.02 ^c	0.48 ± 0.10 ^a	2.950
	120	3.92 ± 0.24 ^d	0.64 ± 0.05 ^a	4.562
	130	3.98 ± 0.07 ^d	ND	3.984
	140	2.13 ± 0.04 ^b	ND	2.125
	150	0.74 ± 0.05 ^a	ND	0.738

¹⁾Means with the different superscripts in a column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

²⁾ND: Not detected.

Table 2. Changes in organic acid contents of Deoduk and Doragi by different heating temperatures

Sample	Temperature (°C)	Citric acid	DL-malic acid	Succinic acid	Total (mg%)
Deoduk	Control	34.2±0.03 ^{a1)}	386.47±0.106 ^a	319.46±0.14 ^a	740.13
	110	52.79±0.14 ^b	424.08±0.26 ^{ab}	409.18±0.27 ^b	886.04
	120	60.48±0.07 ^b	435.45±0.29 ^{ab}	483.39±0.50 ^b	979.33
	130	66.75±0.14 ^{bc}	452.47±0.124 ^b	491.88±0.08 ^b	1011.10
	140	80.26±0.02 ^c	457.05±0.344 ^b	614.96±0.27 ^c	1152.27
	150	104.98±0.05 ^d	469.66±0.34 ^b	706.09±0.42 ^c	1280.74
Doragi	Control	37.18±0.02 ^a	265.28±0.21 ^a	ND ²⁾	302.46
	110	61.55±0.07 ^b	416.11±0.24 ^b	ND	477.66
	120	64.2±0.05 ^b	516.55±0.25 ^c	ND	580.75
	130	82.89±0.05 ^c	577.85±0.45 ^d	ND	660.74
	140	96.45±0.13 ^d	429.55±0.52 ^{bc}	ND	525.99
	150	102.84±0.09 ^d	412.15±0.67 ^b	ND	514.02

¹⁾Means with the different superscripts in a column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

²⁾ND: Not detected.

°C까지 0.64%로 증가하였지만 그 이상의 온도에서는 검출되지 않았다. 이러한 현상은 130°C 이상의 고온에서는 이당류인 sucrose가 단당류인 fructose로 분해되고 분해된 fructose가 지속적인 열분해로 인하여 HMF, furfural 및 5-methyl furfural 등과 유기산으로 분해되기 때문이라 생각된다(28).

유기산 함량 변화

열처리 조건에 따른 더덕과 도라지의 유기산 함량을 분석한 결과 더덕에서는 citric acid, DL-malic acid 및 succinic acid 3종류, 도라지에서는 citric acid와 DL-malic acid 2종류가 검출되었다(Table 2). 더덕과 도라지의 유기산 함량은 온도가 증가함에 따라 증가하였으며, 처리온도별 citric acid의 함량은 대조구에서 각각 34.2 및 37.18 mg%이었으며, 150°C 처리구에서는 104.98 및 102.84 mg%로 3배 정도 증가하였다. DL-malic acid 함량은 대조구에서 각각 386.47 및 265.28 mg%이었으며, 더덕의 경우 150°C까지 469.66 mg%로 증가하였으나 도라지는 130°C의 577.85 mg%까지 증가하였다가 그 이상의 온도에서는 감소하였다. Succinic acid는 더덕에서만 검출되었는데 대조구에서는 319.46 mg%이었으며 열처리 온도가 증가함에 따라 증가하여 150°C에서는 706.09 mg% 함량을 나타내었다. 이러한 유기산 함량의 증가는 고온처리 시 당이 유기산으로 분해된다고 보고한 Aida 등(28)의 연구로 미루어 보아 시료의 당이 열처리에 의해 분해되면서 유기산 함량이 증가된 것으로 생각되어지며, Woo 등(29)의 연구에서도 온도와 시간이 증가할수록 대조구에서는 검출되지 않았던 유기산 함량이 증가하는 것으로 보고되었다.

5-HMF 함량 변화

마이알 반응과 카라멜 반응의 중간생성물을 확인하고자 열처리 조건에 따른 더덕과 도라지의 5-HMF의 함량을 측정된 결과는 Fig. 5와 같다. 더덕과 도라지의 5-HMF 함량은 대조구에서는 검출되지 않았으며, 110°C에서는 각각 4.47 및 4.36 ppm을 나타내었고 150°C에서는 각각 1600.29 및 2256 ppm으로 증가하였다. 110~120°C 열처리 온도에서는 변화가 작았지만 130~150°C로 온도가 증가할수록 유의적 차이

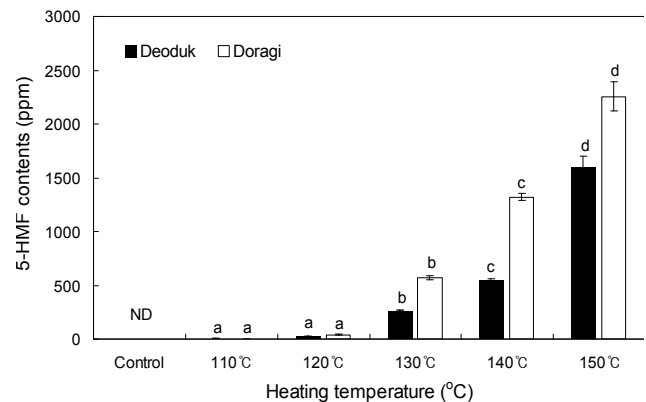


Fig. 5. Changes in 5-HMF contents of Deoduk and Doragi by different heating temperatures. ND: Not detected. Means with the different letters (a-d) on bars of each sample are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

를 보였다. Hwang 등(19)의 연구에 의하면 배즙의 열처리 온도와 시간에 따라 20.7 ppm에서 5594.9 ppm까지 증가하며, Kwon 등(20)의 마늘에서도 열처리 온도에 따라 163.5 ppm에서 6350.5 ppm까지 증가한다고 보고한 연구와 일치하였다. 5-HMF 함량을 유리당 변화와 비교해 보면 fructose 함량이 감소하는 130°C 처리구부터 5-HMF의 함량이 급격히 증가하였으며, 이러한 결과로 당이 열처리에 의해 분해되어 5-HMF의 함량이 증가되었다고 생각되어진다.

요 약

열처리에 따른 더덕과 도라지의 성분과 항산화활성 변화를 살펴보기 위하여 110~150°C에서 2시간 열처리한 후 항산화활성 및 유리당, 유기산, 5-HMF 함량을 살펴보았다. 총 폴리페놀 함량은 대조구에서 각각 0.60 및 0.59 mg GA eq/g이었으며, 150°C에서는 각각 6.31 및 7.34 mg GA eq/g으로 증가하였다. 항산화활성은 열처리 온도의 증가에 따라 증가하였으며, 환원력도 대조구의 0.1 및 0.06에서 열처리 후 0.54 및 0.50으로 증가하였다. 더덕의 fructose 함량은 120°C까지는 증가하다가 130°C 이상에서는 감소하였으며 sucrose의

함량은 130°C 이상의 온도에서는 검출되지 않았다. 도라지 fructose 함량은 130°C까지는 계속 증가하였으나 140°C 이상의 온도에서는 감소하였으며 sucrose 함량은 더덕과 마찬가지로 130°C 이상의 온도에서는 검출되지 않았다. 유기산은 더덕과 도라지에서 모두 열처리 온도가 증가함에 따라 증가하였다. 5-HMF 함량은 대조구에서는 검출되지 않았으며 110 및 120°C에서는 변화가 작았지만 130°C 이상의 온도에서는 급격한 증가를 보였다.

감사의 글

이 논문은 2010년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

문헌

- Kim CH, Chung MH. 1975. Pharmacognostical studies on *Codonopsis lanceolata*. *Nat Prod Sci* 6: 43-47.
- Choi MS, Choi PS. 1990. Plant regeneration and saponin contents in *Codonopsis lanceolata* L. *Korean J Med Crop Sci* 7: 275-281.
- Han EG, Sung IS, Moon HG, Cho SY. 1998. 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.
- Ryu HS. 2008. Effects of *Codonopsis lanceolata* extracts on mouse immune cell activation. *Korean J Food & Nutr* 21: 263-268.
- Maeng YS, Park HK. 1991. Antioxidant activity of ethanol extract from *Deodeok* (*Codonopsis lanceolata*). *Korean J Food Sci Technol* 23: 311-316.
- Kang YH. 2009. Phenolic compounds and antioxidant activity in cell wall materials from Deodeok (*Codonopsis lanceolata*). *Korean J Food Sci Technol* 41: 345-349.
- Lim KH. 1971. *A Medicinal Phytology (The details)*. Dong Myoung Sa, Seoul, Korea. p 281.
- Hong MW. 1974. Statistical analyses of *Platycodi radix* prescriptions. *Kor J Pharmacogn* 5: 61-67.
- Chung JH, Shin PG, Ryu JC, Jang DS, Cho SH. 1997. Chemical compositions of *Platycodon grandiflorum* (jacquin) A. De Candolle. *Agric Chem Biotechnol* 40: 148-151.
- Shon MY, Seo JK, Kim HJ, Sung NJ. 2001. Antimutagenic effect of extract of *Platycodon grandiflorum*. *Korean J Food Sci Technol* 33: 651-655.
- Shon MY, Seo JK, Kim HJ, Sung NJ. 2001. Chemical compositions and physiological activities of Doraji (*Platycodon grandiflorum*). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 717-720.
- Kim YS, Lee BE, Kim KJ, Lee YT, Cho KB, Chung YC. 1998. Antitumor and immunomodulatory of the *P. grandiflorum* cultivated for more than 20 years. *Yakhak Hoeji* 42: 382-387.
- Lee EB. 1974. Pharmacological studies of "*Platycodi Radix*". *Kor J Pharmacogn* 5: 49-60.
- Seo JK, Chung YC, Chun SS, Lee YY, Lee SJ, Shon MY, Sung NJ. 2004. Effect of physiologically active compounds isolated from *Platycodon grandiflorum* on streptozotocin induced diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 981-986.
- Kim KS, Osamu E, Shinji I, Hiroshige I. 1995. Effect of *Platycodon grandiflorum* feeding on serum and liver lipid concentrations in rats with diet-induced hyperlipidemia. *J Nutr Sci Vitaminol* 41: 485-491.
- Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee HB, Lee J. 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chem* 99: 381-387.
- Woo KS, Jang KI, Kim KY, Lee HB, Jeong HS. 2006. Antioxidative activity of heat treated licorice (*Glycyrrhiza uralensis* Fisch) extracts. *Korean J Food Sci Technol* 38: 355-360.
- Yang SJ, Woo KS, Yoo JS, Kang TS, Noh YH, Lee JS, Jeong HS. 2006. Change of Korean ginseng components with high temperature and pressure treatment. *Korean J Food Sci Technol* 38: 521-525.
- Hwang IG, Woo KS, Kim TM, Kim DJ, Yang MH, Jeong HS. 2006. Change of physicochemical characteristics of Korean pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) juice with heat treatment condition. *Korean J Food Sci Technol* 38: 342-347.
- Kwon OC, Woo KS, Kim TM, Kim DJ, Hong JT, Jeong HS. 2006. Physicochemical characteristics of garlic (*Allium sativum* L.) on the high temperature and pressure treatment. *Korean J Food Sci Technol* 38: 331-336.
- Kim HY, Woo KS, Hwang IG, Lee YR, Jeong HS. 2008. Effects of heat treatments on the antioxidant activities of fruits and vegetables. *Korean J Food Sci Technol* 40: 166-170.
- Kong SH, Choi YM, Kim YH, Kim DJ, Lee JS. 2009. Antioxidant activity and antioxidant components in methanolic extract from Geumjong rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 807-811.
- Bae SK, Lee YC, Kim HW. 2001. The browning reaction and inhibition of apple concentrated juice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 6-13.
- Cho SH, Choi YJ, Oh JY, Kim NG, Rho CW, Choi CY, Cho SH. 2007. Quality characteristics of Kanjang (soy sauce) fermentation with bamboo sap, xylem sap and Gorosoe. *J Korean Food Preserv* 14: 294-300.
- Turkmen N, Sari F, Velioglu YS. 2005. The effect of cooking methods total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. *J Agric Food Chem* 93: 713-718.
- Gordon MH. 1990. The mechanism of antioxidant action *in vitro*. In *Food Antioxidant*. Hudson BJB, ed. Elsevier Applied Science, London, UK. p 1-19.
- Kim SH, Jeong MJ, Jang HD, Ham SS. 2010. Antioxidative activities of the *Codonopsis lanceolata* extract *in vitro* and *in vivo*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 193-202.
- Aida TM, Tajima K, Watanabe M, Saito Y, Kuroda K, Nonaka T, Hattori H, Smith Jr RL, Arai K. 2007. Reactions of d-fructose in water at temperature up to 400°C and pressures up to 100 MPa. *J Supercrit Fluid* 42: 110-119.
- Woo KS, Hwang IG, Kim HY, Jang KI, Lee JS, Kang TS, Jeong HS. 2011. Thermal degradation characteristics and antioxidant activity of fructose solutions with heating temperature and time. *J Med Food* 14: 167-172.

(2011년 3월 29일 접수; 2011년 5월 9일 채택)