

고온고압 처리가 홍삼의 이화학적 특성 및 항산화 효과에 미치는 영향

김은영 · 김엽 · 김경탁 · 임태규 · 장미 · 조장원 · 이영경 · [†]홍희도
한국식품연구원 전통식품연구센터

Effect of High Temperature and High Pressure on Physicochemical Properties and Antioxidant Activity of Korean Red Ginseng

Eunyoung Kim, Yan Jin, Kyung-Tack Kim, Tae-Gyu Lim, Mi Jang, Chang-Won Cho,
Young Kyoung Rhee and [†]Hee-Do Hong
Traditional Food Research Center, Korea Food Research Institute, Seongnam 13539, Korea

Abstract

This study was conducted in order to investigate the physicochemical properties and antioxidative activity of red ginseng manufactured using the high temperature high pressure (HTHP) process, which is faster and simpler than the conventional process. According to increasing the steaming temperature, pressure and time, the content of minor non-polar ginsenosides, such as Rg3, Rk3, Rh4, Rk1 and Rg5 gradually increased. Also, the contents of acidic polysaccharide, total phenolic compounds and maltol gradually increased. Based on the results of the physicochemical properties and appearance quality, the optimum conditions of HTHP process were estimated as 140°C, 3 kg/cm² in 20 min. The total phenolic compounds and maltol contents of the HTHP process red ginseng (1.0% and 2.49 mg%, respectively) were higher than those of conventional red ginseng (0.23% and 0.60 mg%, respectively). In addition, the antioxidative activity was investigated using DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) and ABTS (2,2'-aziono-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid)) radical scavenging activity. DPPH and ABTS radical scavenging activities of HTHP process red ginseng increased by 3.4 and 3.6 folds, respectively, compared with conventional red ginseng. In addition, total phenolic compounds and maltol contents, as well as the antioxidant activity of the HTHP process red ginseng were similar to black ginseng. The present results suggest that the HTHP process is available for the development of value-added red ginseng products.

Key words: red ginseng, steaming process, physicochemical properties, antioxidative activity

서 론

인삼(*Panax ginseng* Meyer)은 오가피나무과(Araliaceae) 인삼속에 속하는 다년생 초본류로, 한국을 비롯한 중국 등 아시아 극동지역에서 주로 재배되어 왔으며, 한방에서는 체력증강 및 소화기, 신경계, 순환기 등 생체대사를 조절하는 주요 생약재로 활용되어 왔다(Court WE 2000). 인삼의 주요 성분으로는 사포닌을 비롯하여 산성다당체, 페놀 화합물, 폴리사세틸렌, 알칼로이드, 정유성분, 단백질과 펩타이드 유리당과

지방산 성분 등이 알려져 있으며(Park JD 1996), 최근까지도 이들 인삼의 생리활성 성분 구명 관련 연구뿐만 아니라, 인삼 추출물 및 인삼의 여러 생리활성 성분이 나타내는 혈당 조절 효능, 동맥경화 예방 등 인삼의 지질대사에 미치는 영향, 혈압 조절 기능, 항암 및 암 예방 효능, 성기능 개선 효능, 면역 활성화, 항산화 작용 등 다양한 인삼의 생리활성에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다(Nam 등 1999; Choi 등 2006; Yoon 등 2012).

인삼의 제품 및 소비 형태를 보면, 주로 수삼, 백삼 또는 건

[†] Corresponding author: Hee-Do Hong, Traditional Food Research Center, Korea Food Research Institute, Seongnam 13539, Korea. Tel: +82-31-780-9285, Fax: +82-31-709-9876, E-mail: honghd@kfri.re.kr

삼, 홍삼 등의 원형삼과 2차 가공한 인삼농축액 등의 일부 가공제품이 주를 이루고 있었으나, 최근 인삼의 특정 성분 또는 기능성을 강화시킨 선삼, 팽화홍삼, 흑삼(구중구포 인삼) 등 다양한 형태의 새로운 인삼제품 개발이 이루어지고 있고, 처리방법이나 형태의 차이는 있으나, 이를 위하여 가장 많이 이용되고 있는 가공처리 방법 중의 하나가 열처리 공정이었다. 일반적으로 식품에 있어 열처리 가공은 식품 또는 생약재의 독성 및 부작용 경감, 저장수명 연장, 성분 변화 및 약효의 증강, 맛, 향, 색과 같은 식품의 관능적 품질 개선을 목적으로 이루어졌으나(Lee 등 2006a), 영양소 파괴 및 활성물질의 손실 등이 열처리 가공의 문제점으로 지적되고 있다. 그러나 최근 들어 표고버섯(Choi 등 2005), 감초(Woo 등 2006), 마늘(Kwon 등 2006), 배(Hwang 등 2006), 인삼(Yang 등 2006), 토마토(Dewanto 등 2002a), 단옥수수(Dewanto 등 2002b), 굴피(Jeong 등 2004) 등의 고온고압 처리 시 폴리페놀 화합물 및 플라보노이드 성분의 함량과 항산화 활성이 증가되었다는 연구 결과에서 보듯이, 식품의 열처리 시 다양한 화학적 변화가 발생되어 생리활성 물질이 증가한다는 연구결과도 다수 보고되고 있다.

실제 인삼제품 중에서 많은 소비비중을 차지하고 있는 홍삼의 경우에도 수삼을 일정시간 가열증기로 열처리하여 특이 진세노사이드 및 말톨과 같은 폴리페놀 화합물 함량을 증가시킨 제품으로 볼 수 있으며, 고려인삼의 열처리 시 항산화성을 나타내는 총 페놀 화합물 함량 및 플라보노이드 함량, 홍삼 특이 진세노사이드인 Rg3 함량이 증가하며, 유리당이 증가하고 제조과정 중 갈변현상으로 적색도가 증가함으로써 외형적 품질 또한 증진된다고 보고된 바 있다(Yang 등 2006; Hong 등 2007; Kwak 등 2008). 최근 들어서는 기존의 인삼 가공 제품 제조공정을 탈피하여 고기능성 인삼제품 개발을 위한 연구도 활발히 진행되고 있다. 인삼을 120°C 전후에서 증기로 가열처리하여 항산화 및 암 예방 효능을 강화시킨 선삼이나(Kim 등 2000; Park JH 2004), 인삼을 여러 번 반복하여 증자와 건조 처리함으로써 항암 활성 및 항산화 활성을 증강시킨 흑삼(Lee 등 2006a; Kim 등 2008; Jo 등 2011; Nam 등 2012) 등이 대표적인 예일 것이다. 본 연구팀에서도 인삼을 9회에 걸쳐 증자와 건조 처리하면서 인삼의 주요 성분 변화를 분석하여 보고한 바 있다(Hong 등 2007).

열처리를 이용한 고기능성 홍삼 제조 또는 고온고압 처리 공정 중 성분 변화에 관한 연구들은 대부분이 인삼 추출물이나 인삼을 세절하여 물과 함께 가열처리한 추출물 형태의 제품을 제조한 경우가 대부분이었다. 원형삼 형태의 고기능성 인삼제품 개발 연구 또한 흑삼의 예와 같이 고온고압조건에서 장시간 열처리하거나, 열처리와 건조공정을 수차례 반복함으로써 제조시간이 길고, 홍삼 특유의 고기능성 성분

증가는 확인되지만 인삼의 외형적 품질이 크게 저하되는 문제점이 있었다. 따라서 본 연구에서는 최대한 인삼의 외형을 원형삼 형태의 홍삼과 유사하게 유지하면서도 기능성은 증진시킬 수 있는 신속 고온고압 처리 공정을 확립하고, 고온고압 처리과정 중의 이화학적 성분 특성 및 항산화 활성 등을 조사하였다.

재료 및 방법

1. 시료 및 고온고압 처리

인삼 시료는 5년근 수삼(경동시장, 서울)을 시중에서 구입하여 선별, 세척, 치미의 과정을 거쳐 고온고압 처리에 사용하였다. 수삼을 50°C 열풍으로 30~36시간 동안 1차 건조하여 수분 함량을 30%로 조정된 후 자체 제작한 고온고압 가열처리용 기기를 활용하여 상압(95°C), 1 kg/cm²(117°C), 3 kg/cm²(140°C), 5 kg/cm²(156°C)의 증기압 하에서 20분 증자처리 한 후, 30°C에서 12시간 동안 감압 건조하여 고온고압 처리 홍삼 시료를 제조하였다. 시간에 따른 홍삼 시료는 같은 방법으로 1차 건조 후 자체 제작한 고온고압 가열처리용 기기를 활용하여 3 kg/cm²(140°C)의 조건하에서 10분에서 90분 증자처리 한 후, 30°C에서 12시간 동안 감압 건조하여 제조하였다. 시중 제품과의 항산화 활성 비교평가를 위한 시료는 140°C, 3 kg/cm²에서 20분간 처리한 고온고압 처리 홍삼을 사용하였다. 비교분석용 흑삼은 5년근 수삼을 원료로 하여 95°C에서 3시간, 50°C에서 30시간 동안 찌고 말리는 과정을 9번 반복하여 제조하였으며, 백삼(5년근, 1등급, 30편, 서울 경동시장)과 홍삼제품(5년근, 기타 등급, 11~20편, 서울 경동시장)은 시중에서 구입하여 사용하였다. 성분 분석 및 활성 평가를 위한 시료는 실험실용 분쇄기(Cyclotec™ 1093, FOSS Co., Kyoto, Japan)로 60 mesh 이하로 분쇄하여 사용하였다.

2. 분말 색도

분말 시료의 색은 색도계(ColorQUEST II, Hunter Lab, Virginia, USA)를 이용하여 측정된 후 Hunter Color scale에 의해 L(밝기), a(적색도), b(황색도)를 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다. 색도 측정 시 표준판은 L값 97.69, a값 +0.37, b값 +1.96인 백색의 calibration plate를 표준으로 하여 측정하였다.

3. 총당 및 산성당당체

시료 2 g에 증류수 50 mL를 첨가하고, 80°C에서 열수 추출한 다음 여과 후 100 mL로 정용하였다. 가용성 총당 함량은 열수 추출물을 0.45 μm로 여과한 후 glucose를 표준물질로 하여 phenol-sulfuric acid법(Dubois 등 1956)으로 분석하였다. 산성당당체 함량은 열수 추출물 5 mL에 냉 에탄올 20 mL를 첨

가하고, 4°C에서 10,000 × g로 20분간 원심분리시켜 얻은 침전물을 일정량의 증류수로 재현탁시킨 후, β-D-galacturonic acid를 표준물질로 하여 carbazole-sulfuric acid 법(Do 등 1993)으로 분석하였다.

4. 총 페놀 화합물 분석

시료 2 g에 80% 메탄올 50 mL를 가한 후 80°C 환류냉각기로 추출하였다. 추출물은 여과한 후 감압 농축시키고, 증류수 10 mL로 녹인 후 0.45 μm로 여과하여 총 페놀 화합물 함량 분석을 위한 시료로 사용하였다. 총 페놀 화합물 함량은 Folin-Ciocalteu 법(Singleton & Rossi 1965)에 따라 측정하였으며, 이때 표준물질은 gallic acid를 사용하였다.

5. 진세노사이드 조성 분석

시료 각 1 g에 80% 메탄올 10 mL 넣어 30분간 초음파 추출한 후 0.2 μm 필터로 여과한 다음, UPLC(Hitachi, Japan)를 이용하여 진세노사이드 조성 및 함량을 분석하였다. 컬럼은 ACQUITY BEH C₁₈(50×2.1 mm, 1.7 μm, Waters, Dublin, Ireland)을 이용하였으며, 이동상으로는 acetonitrile(A)과 물(B)의 gradient system을 사용하였다. 용출조건은 A를 기준으로 15%(0분), 15%(0.5분), 30%(14.5분), 32%(15.5분), 38%(18.5분), 41%(22분), 55%(25분), 55%(29분), 70%(33분), 90%(35분), 90%(37분), 15%(38분), 15%(41분)이었다. 이동상의 유속은 0.6 mL/min, 시료 주입량은 3 μL, 분석온도는 45°C로 하였으며, 203 nm에서 UV detector로 검출하였다.

6. 말톨 함량 분석

시료 1 g에 50% 에탄올 20 mL를 첨가하고, 환류냉각 장치를 부착시켜 가용성분을 추출하였다. 추출물은 여과 후 감압 농축하고, HPLC용 50% 에탄올에 녹인 후 0.45 μm 필터로 여과한 다음, HPLC를 이용하여 말톨 함량분석에 사용하였다. 이때 컬럼은 Sunfire C₁₈(3.9×300 mm, 10 μm, Waters, Dublin, Ireland)을 이용하였으며, 이동상은 2% acetic acid 물(A)과 0.5% acetic acid acetonitrile(B)의 gradient system을 사용하였다. 용출조건은 A를 기준으로 100%(0분), 100%(20분), 97.5%(25분), 0%(31분), 0%(33분), 100%(37분), 100%(45분)이었다. 이동상의 유속을 분당 유속은 1.2 mL/min로 하였으며, 274 nm에서 UV detector로 검출하였다.

7. DPPH radical 소거능 시험

DPPH(α,α-diphenyl-β-picrylhydrazyl) 라디칼에 대한 소거활성능은 Blois의 방법(Blois MS 1958)에 따라 측정하였다. 시료 용액 20 μL와 0.1 mM DPPH 용액 180 μL를 혼합 후 30분간 실온에 방치하여 517 nm에서 흡광도를 측정 후, 대조군에

대하여 시험액 첨가구의 흡광도를 비교하여 다음과 같이 DPPH 라디칼 소거능을 계산하였다.

$$\text{Inhibition(\%)} =$$

$$(\text{Control O.D.} - \text{Sample O.D.}) / \text{Control O.D.} \times 100$$

8. ABTS radical 소거능 시험

ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid) radical 소거능은 Berg 등(1999)의 방법을 변형하여 다음과 같이 측정하였다. 1.0 mM의 AAPH(2,2'-azobis(2-amodino-propane) dihydrochloride)를 라디칼 유도제로 사용하고, 2.5 mM의 ABTS와 함께 혼합액을 조제한 후 68°C 수욕에서 12분간 반응시키고, 냉각한 다음 734 nm에서 ABTS solution OD 값이 0.7±0.1가 되도록 조정하였다. 시험액 20 μL에 ABTS solution 180 μL를 가한 후 실온에서 10분 반응시켜 734 nm에서 흡광도를 측정하였다.

$$\text{Inhibition(\%)} =$$

$$(\text{Control O.D.} - \text{Sample O.D.}) / \text{Control O.D.} \times 100$$

9. 통계분석

실험결과와 통계분석은 IBM SPSS Statistics(Ver 22.0, IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 이용하여 수행하였고, 유의성 검증을 위해 ANOVA 분산분석 및 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

결과 및 고찰

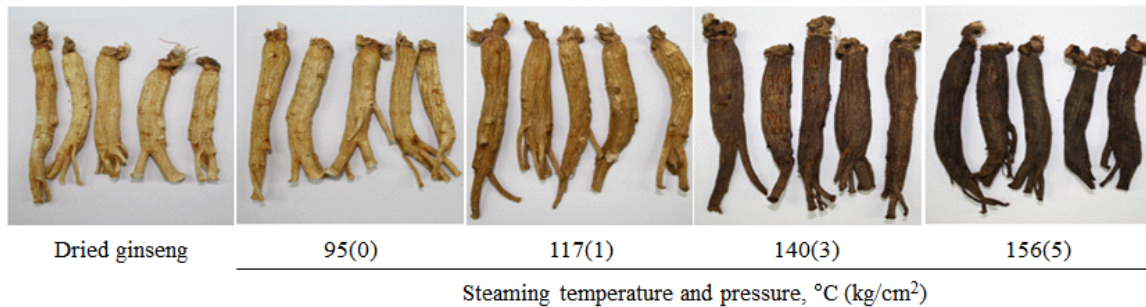
1. 고온고압 처리조건에 따른 홍삼의 외형 및 색도

증자압별 홍삼분말의 색도를 나타낸 결과는 Table 1과 같다. 밝기(L값)는 대조군이 82.17로 가장 높게 나타났으며, 대조군에 비해 증자온도와 압력이 높아질수록 L값은 유의적으로 감소하였다. 증숙 과정 중 L값의 경우 초기 65.92에서 3 kg/cm²에서 50.46으로 크게 낮아지고, 5 kg/cm²에서는 48.25로 큰 변화가 없었다. 적색도(a값) 및 황색도(b값) 역시 이와 유사한 경향을 나타내었다. 특히 140°C, 3 kg/cm² 조건에서 L값은 50.46, a값은 4.92, b값은 5.13의 값을 나타내었는데, 이때의 외형을 살펴보면(Fig. 1) 기존의 홍삼과 유사한 외관을 나타낸 것을 확인할 수 있었다. 다만 156°C, 5 kg/cm² 조건에서 외형을 살펴보면 홍삼의 외형이 갈라지는 현상이 나타났고, 검은 색에 가까운 색을 나타내었다.

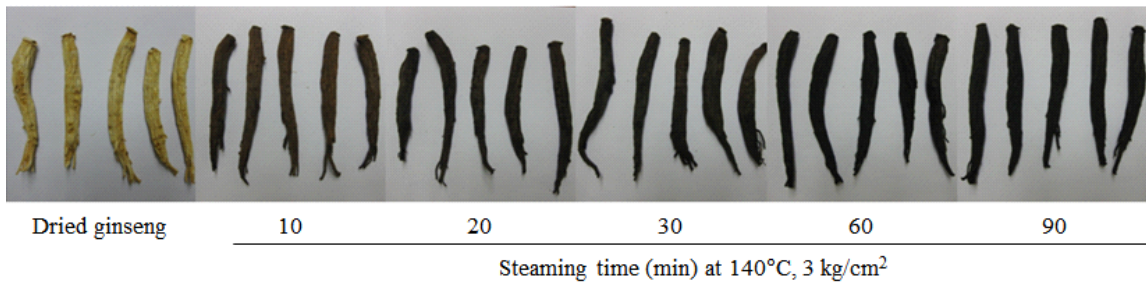
고온고압 처리 시간에 따른 홍삼의 외형과 색도를 살펴본 결과는 Fig. 2 및 Table 2와 같다. 전반적으로 증자시간이 길어짐에 따라 외관적으로 터짐이나 갈라짐 같은 현상은 나타

Table 1. Changes on color of HTHP process red ginseng with different steaming temperature and pressure

Color	Dried ginseng	Steaming temperature and pressure, °C (kg/cm ²)			
		95 (0)	117 (1)	140 (3)	156 (5)
L	82.17±0.11	65.92±0.51	63.92±0.70	50.46±0.31	48.25±0.01
a	1.74±0.07	6.54±0.27	6.12±0.15	4.92±0.41	3.42±0.21
b	19.90±0.26	17.21±0.21	15.49±0.20	5.13±0.78	2.37±0.35

**Fig. 1. Appearance of HTHP process red ginseng with different steaming temperature and pressure.****Table 2. Changes on color of HTHP process red ginseng with different steaming time**

Color	Dried ginseng	Steaming time (min) at 140°C, 3 kg/cm ²				
		10	20	30	60	90
L	82.17±0.11	54.53±1.02	46.25±0.56	42.60±0.38	42.13±0.16	40.39±0.15
a	1.74±0.07	8.06±0.13	9.21±0.36	8.59±0.19	7.68±0.11	6.94±0.05
b	19.90±0.26	21.19±0.26	15.55±1.17	12.53±0.35	12.72±0.24	10.94±0.21

**Fig. 2. Appearance of HTHP process red ginseng with different steaming times.**

나지 않았으나, 30분 이상 증자처리 시에는 색이 검게 변하는 경향을 나타내었다. 분말 색도를 측정해 본 결과, 건조인삼의 경우 L값이 82.71이었으나, 10분간의 증자 후 54.53으로 낮아지고, 30분 이상에서는 42.60~40.39로 크게 낮아지는 경향을 나타내었다. 적색도(a값)의 경우, 건조인삼의 1.74에서 20분 증자처리 후 9.21로 높아지면서 홍삼의 고유색인 붉은 색이 생성되다가 30분 이상 증자처리 시에는 지속적으로 a값이 낮아지는 경향을 나타내었다. 황색도(b값)의 경우, 건조인삼의

19.90에서 10분간의 증자처리 후 21.19로 증가하였다가 이후 지속적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 Dewanto 등(2002a)의 연구결과에서 증자시간이 길어질수록 L값이 감소하고, a값이 증가하는 것과 일치하는 결과였다. 또한 Dewanto 등(2002b)의 연구결과에서는 100°C 이상의 열로 처리할 경우, a값이 증가하는 현상을 통해 갈색화 반응이 진행되었다고 보고되었다. 최적의 증자시간으로 판단된 20분 증자처리 군의 L값은 46.25, a값은 9.21, b값은 15.55의 값을 나타내었다.

2. 고온고압 처리조건에 따른 총당 및 산성다당체 함량 변화

당류는 가장 많은 비율을 차지하는 인삼의 주요 구성성분으로 보고되어 있다. 그 중 다양한 식물 또는 버섯에 함유되어 항암작용 및 면역 활성 증강작용 등이 있는 것으로 알려진 산성다당체 성분은 인삼 혹은 홍삼에서도 주요 생리활성 성분으로 인식되어 많은 연구가 수행되어 왔다(Jo 등 2011). 본 연구에서, 총당의 함량은 증자온도와 압력이 증가할수록 증가하다가 감소하는 경향을 보였는데(Table 3), 홍삼은 증숙 과정에서 maltose, fructose와 같은 유리당이 생성된다고 알려져 있어, 이로 인해 가용성 총 당의 증가가 일어난 것으로 사료된다. 이렇게 생성된 유리당은 이후 아미노산과 반응하여 홍삼의 색을 결정하는 요인이 된다. 산성다당체의 경우, 95℃, 상압으로 증자 처리 시 1.40%에서 117℃, 1 kg/cm²로 증자 처리 시 5.48%, 140℃, 3 kg/cm²에서 7.09%로 증가한 후 156℃, 5 kg/cm²에서는 5.70%로 감소하는 경향을 나타내었다. 산성다당체 또한 증가 후 감소하는 경향을 나타냈는데, 이는 가열 온도가 높아질수록 산성다당체 함량이 증가하였으며, 일정수준의 증가 후 더 이상 증가하지 않은 것과 유사한 결과이다(Park JH 2004). 이는 열처리에 의해 조직성분이 분해되어 산성다당체가 가용화되기 쉬운 상태가 되어 추출 효율이 높아지는 것으로 추정되었으며, 본 연구에서 산성다당체는 140℃, 3 kg/cm²의 조건에서 7.09%로 가장 높은 함량을 나타내었다.

증자처리 시간에 따른 홍삼의 가용성 총당, 산성다당체 함량, 총 페놀 화합물 등 이화학적 성분 변화를 살펴본 결과를 Table 4에 나타내었다. 이전 결과와 마찬가지로 대조군인 건

삼에 비해 고온고압 처리한 홍삼의 경우, 총당과 산성당 함량이 증가하는 경향을 나타내었으며, 특히 산성다당체 함량은 2배 정도 증가하였다. 증자처리시간에 따른 차이를 보면 총당은 다소 증가하고, 산성다당체 함량은 다소 감소하는 경향을 나타내었으나, 전반적으로 큰 차이는 아닌 것으로 판단되었다.

3. 고온고압 처리조건에 따른 총 페놀 화합물 및 말톨 함량 변화

페놀 화합물은 한 분자 내에 2개 이상의 phenolic hydroxyl기를 가진 방향족 화합물로 자연계에 널리 분포되어 있으며, 항산화, 항암, 항균, 간 보호 및 혈압강화효능 등 다양한 생리활성을 나타내는 물질이다(Park 등 2003; Lee 등 2006b). 본 연구에서 증자 조건에 따른 총 폴리페놀 함량은 증자온도와 압력의 증가에 따라 증가하였다(Table 3). 대조군인 건삼의 경우, 초기 0.25%였던 것이 156℃, 5 kg/cm²의 조건에서 13배 이상으로 증가하였고, 140℃, 3 kg/cm²에서 그 함량이 11배 이상 증가하였다. 이러한 경향은 마늘(Kwon 등 2006)을 고온고압 처리한 연구와 배(Hwang 등 2006)를 열처리를 한 연구에서 처리 온도가 증가할수록 총 페놀 함량이 증가한 결과와 유사하였다. 인삼을 이용한 다른 연구결과에서도 열처리 온도가 증가할수록 총 페놀 함량이 증가한 것으로 나타났으며, 이러한 결과는 결합형 폴리페놀이 고온고압의 열처리로 인해 유리형으로 전환되고, 고분자에서 저분자 페놀 화합물로 전환되거나, 새로운 페놀 화합물이 생성되어 총 폴리페놀 함량이 증가하기 때문인 것으로 판단되었다(Choi 등 2005).

Table 3. Changes of physiochemical properties of HTHP process red ginseng with different steaming temperature and pressure

	Dried ginseng	Steaming temperature and pressure, °C (kg/cm ²)			
		95 (0)	117 (1)	140 (3)	156 (5)
Total sugar (%)	44.62±1.89	42.18±2.16	45.46±2.96	39.15±0.76	37.77±0.91
Acidic polysacchride (%)	4.02±0.45	1.40±0.03	5.48±0.35	7.09±0.10	5.70±0.34
Total phenolic compound (%)	0.25±0.01	0.58±0.02	0.63±0.01	2.97±0.13	3.31±0.14
Maltol (mg%)	0.05±0.00	0.03±0.00	0.80±0.01	3.28±0.27	6.64±0.93

Table 4. Changes of physiochemical properties of HTHP process red ginseng with different steaming time

	Dried ginseng	Steaming time (min) at 140°C, 3 kg/cm ²			
		10	20	30	60
Total sugar (%)	44.62±1.89	54.26±0.87	52.22±1.60	49.47±5.90	56.72±3.11
Acidic polysaccharide (%)	4.02±0.45	9.57±1.10	9.38±0.34	8.08±0.49	8.80±0.76
Total phenolic compound (%)	0.25±0.01	1.01±0.04	1.76±0.06	2.36±0.06	2.38±0.09
Maltol (mg%)	1.16±0.21	2.67±0.07	5.59±0.08	8.10±0.03	10.48±0.06

말톨은 홍삼 제조를 위한 열처리과정에서 maltose와 아미노산이 반응하여 생성된 물질로, 홍삼 확인의 지표물질로 사용되고 있다. 말톨은 지질의 과산화를 억제하는 항산화 활성을 가진 것으로 알려져 있다. 말톨 함량의 경우, 백삼의 0.05 mg%에 비해 95°C, 상압을 제외하고 고온고압에서 더 높은 수치를 보였으며(Table 3), 특히 156°C, 5 kg/cm²에서 6.64 mg%로 말톨 함량이 가장 크게 증가하였다. 결과적으로 증자압력을 증가시키기에 따라 폴리페놀 화합물과 말톨 같은 항산화 성분이 크게 증가한다는 것을 확인할 수 있었다.

고온고압 처리 시 증자시간에 따른 총 페놀 화합물의 함량 및 말톨 함량 변화를 살펴본 결과(Table 4), 두 가지 성분 모두 증자시간이 길어짐에 따라 지속적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 총 페놀 화합물 함량은 초기 건조인삼 0.25%에 비해 20분 처리 시에 1.76%, 30분 처리 시에 2.36%로 각각 7배와 9배 높아지는 경향을 나타내었으며, 본 연구에서 항산화 활성의 주요 지표로 활용한 말톨 함량의 경우에도 초기 건조인삼의 경우 1.16 mg%이었으나, 20분 처리 시에 5.59 mg%, 30분 처리 시에 8.10 mg%로 각각 5배와 7배 정도 높아지는 경향을 나타내었다. 결과적으로 증자시간이 증가함에 따라 폴리페놀 및 말톨과 같은 항산화 성분이 크게 증가한다는 것을 확인할 수 있었다.

4. 고온고압 처리조건에 따른 진세노사이드 함량 변화

증자 처리에 따른 진세노사이드 함량의 변화를 살펴본 결과는 Table 5에 나타내었다. 대조군인 건삼에서는 진세노사이드인 Rg1과 Re 그리고 Rb1, Rb2, Rc, Rd가 많이 검출되었으나, 증자처리 한 경우에는 이런 물질이 변환되어 흡수가 빠르고 항암 활성 등이 높은 것으로 알려진 진세노사이드 Rh1, Rg2, Rg3, Rk3, Rh4, Rk1 및 Rg5 등의 성분이 많이 생성되었다. 반면, 홍삼에만 존재하는 특이 진세노사이드인 Rh1, Rg2, Rg3 성분의 경우, 140°C, 3 kg/cm² 처리군에서 가장 높은 함량을 나타내었고, 온도와 압력이 더 높아질 경우에는 함량이 다시 감소하는 경향을 보였다. 이는 Park JH(2004)의 연구결과와 유사한 결과로 처리 온도에 따라 함량이 증가하다가, 정점을 찍은 후 감소하는 경향을 나타내었는데, 고온으로 열처리할수록 극성의 사포닌부터 분해가 시작되어 점차 비극성 사포닌 부분만 남게 되기 때문이다. 따라서 이러한 결과는 사포닌 성분이 가열처리 시 높은 열에 불안정하여 나타난 결과로 사료되었다.

증자 처리 시간에 따른 홍삼의 진세노사이드 함량은 Table 6에 나타내었다. 증자시간이 증가함에 따라 마이너 진세노사이드 Rh1, Rg2, Rg3, Rk3, Rh4, Rk1, Rg5 등의 성분이 점진적으로 증가하는 경향을 보였다. 특히, 30분 증자하였을 때 상

Table 5. Ginsenosides of HTHP process ginseng with different steaming temperature and pressure

Ginsenosides (mg/g)	Dried ginseng	Steaming temperature and pressure, °C (kg/cm ²)			
		95 (0)	117 (1)	140 (3)	156 (5)
Rg1	1.76±0.09 ¹⁾	0.94±0.14	1.24±0.04	0.24±0.01	ND
Re	1.77±0.11	1.47±0.22	1.68±0.06	0.30±0.00	ND
Rf	0.83±0.04	0.54±0.08	0.49±0.01	0.38±0.02	0.14±0.01
Rh1(S)	ND ²⁾	ND	0.14±0.00	0.32±0.01	0.18±0.01
Rg2(S)	ND	ND	0.32±0.01	0.55±0.02	0.19±0.00
Rg2(R)	ND	ND	0.17±0.00	0.41±0.01	0.33±0.01
Rb1	1.77±0.10	1.38±0.20	1.97±0.07	0.46±0.01	ND
Rc	0.82±0.05	0.63±0.09	0.86±0.03	0.19±0.00	ND
Rb2	0.73±0.05	0.53±0.08	0.61±0.02	0.16±0.01	ND
Rb3	0.17±0.01	0.14±0.01	0.15±0.00	0.08±0.00	ND
Rd	0.25±0.01	0.22±0.01	0.30±0.01	0.19±0.00	ND
Rk3	ND	ND	0.14±0.00	0.51±0.02	0.57±0.03
Rh4	ND	ND	0.40±0.01	2.08±0.10	2.95±0.19
Rg3(S)	ND	ND	0.21±0.00	0.91±0.04	0.61±0.03
Rg3(R)	ND	ND	0.18±0.00	0.55±0.03	0.58±0.03
Rk1	ND	ND	0.70±0.02	2.31±0.12	2.22±0.13
Rg5	ND	ND	0.68±0.03	10.03±0.56	11.84±0.77

¹⁾ Mean values±S.D. (n=3), ²⁾ ND: Not detected

Table 6. Ginsenosides of HTHP process red ginseng with different steaming time

Ginsenosides (mg/g)	Dried ginseng	Steaming time (min) at 140°C, 3 kg/cm ²			
		10	20	30	60
Rg1	1.76±0.09 ¹⁾	0.64±0.08	0.24±0.01	ND	ND
Re	1.77±0.11	0.82±0.08	0.30±0.00	ND	ND
Rf	0.83±0.04	0.61±0.07	0.38±0.02	0.50±0.07	0.23±0.02
Rh1(S)	ND ²⁾	0.41±0.04	0.32±0.01	0.65±0.07	0.26±0.10
Rg2(S)	ND	0.59±0.06	0.55±0.02	0.59±0.05	0.32±0.02
Rg2(R)	ND	0.43±0.04	0.41±0.01	0.75±0.07	0.55±0.06
Rb1	1.77±0.10	1.43±0.16	0.46±0.01	0.49±0.02	ND
Rc	0.82±0.05	0.59±0.06	0.19±0.00	0.23±0.01	ND
Rb2	0.73±0.05	0.50±0.06	0.16±0.01	0.20±0.02	ND
Rb3	0.17±0.01	0.14±0.01	0.08±0.00	0.09±0.00	ND
Rd	0.25±0.01	0.27±0.02	0.19±0.00	0.22±0.01	ND
Rk3	ND	0.43±0.05	0.51±0.02	0.83±0.08	0.67±0.07
Rh4	ND	1.52±0.19	2.08±0.10	3.23±0.34	3.09±0.37
Rg3(S)	ND	0.69±0.08	0.91±0.04	1.73±0.17	1.29±0.15
Rg3(R)	ND	0.42±0.04	0.55±0.03	1.03±0.11	0.87±0.10
Rk1	ND	1.74±0.23	2.31±0.12	3.33±0.31	2.56±0.31
Rg5	ND	4.64±0.68	10.03±0.56	13.11±1.56	11.22±1.47

¹⁾ Mean values±S.D. (n=3), ²⁾ ND: Not detected

기의 홍삼특이 진세노사이드가 가장 높은 함량을 나타내었고, 60분으로 증자하였을 때 다시 감소하는 것으로 나타났다. 이는 증자 처리에 의해 가수 분해되어 주요 진세노사이드로부터 C-20 위치에 결합한 당이 이탈하거나, C-20 위치의 수산기의 이성화에 의해 홍삼 특유의 사포닌들이 생성된 것에 기인한 것으로 판단되었다. Park 등(2003)의 연구결과를 보면 Rg3, Rh1과 같은 진세노사이드는 암세포 전이 및 암 종양 증식을 억제하는 등의 약리효능을 가지는 것으로 보고되었다.

5. 고온고압 처리한 홍삼의 항산화 성분 및 항산화성 비교

최종적으로 고온고압 증자 처리 시 156°C, 5 kg/cm² 이상의 온도와 압력에서는 시료가 터지거나 외형의 변형이 심하면서 이화학적 특성의 차이는 거의 없기 때문에, 140°C, 3 kg/cm² 조건으로 처리한 균을 최적 온도와 압력으로 설정하였다. 특히 20분간 처리한 균의 외형이 기존의 홍삼과 가장 유사한 외관을 나타내어 140°C, 3 kg/cm²에서 20분 동안 처리하는 것을 본 실험의 최적 조건으로 하였다. 이렇게 인삼의 외형은 홍삼과 유사하면서도 제조 공정을 간편화 한 HTHP 홍삼을 제조한 후, 최종적으로 시중에서 판매하는 백삼, 홍삼 및 흑삼과 주요 항산화 성분과 그 효능을 비교 분석한 결과를 Fig. 3에 나타내었다.

총 폴리페놀 함량을 측정된 결과, HTHP 처리한 홍삼의 경우, 1.0% 수준으로 백삼(0.15%), 홍삼(0.23%), 흑삼(0.87%)과 비교하여 유의적으로 높은 폴리페놀 함량을 확인하였다. 홍삼 특유 항산화 성분으로 알려진 말톨의 경우, HTHP 처리한 홍삼에서 2.49 mg% 수준으로 기존 홍삼(0.60 mg%) 및 백삼(0.34 mg%)에 비해 4~7배 이상 증가한 결과를 나타냈다. 반면, 흑삼의 경우 3.26 mg% 수준으로 유의적으로 가장 높은 말톨 함량을 나타내었다.

DPPH 라디칼 소거능을 살펴본 결과(Fig. 3), 농도 1 mg/mL에서 백삼과 홍삼은 각각 12.07%, 23.98%로 낮은 활성을 보인 반면, HTHP 처리한 홍삼의 경우 85.22% 수준으로 기존 홍삼과 비교하여 3배 이상의 높은 활성을 나타냈다. 특히, 이는 구중구포한 흑삼(72.50%)보다도 유의적으로 높은 수준이다. 이와 같이 온도와 압력을 가해 식품의 생리활성 성분을 증진시킨 사례로 감초(Woo 등 2006), 마늘(Kwon 등 2006), 배(Hwang 등 2006), 수삼(Yang 등 2006) 등의 시료에 고온고압 처리를 함으로써 폴리페놀 및 플라보노이드 성분의 함량을 증진시키고, 결과적으로 항산화 활성이 증가된 연구가 보고되어 있다. Fig. 3과 같이 백삼, 홍삼, HTHP 처리 홍삼, 흑삼의 ABTS 라디칼 소거능을 확인한 결과, 농도 0.1 mg/mL 수준에서 백삼과 홍삼은 각각 15.80, 28.70%의 수치를 보인 반

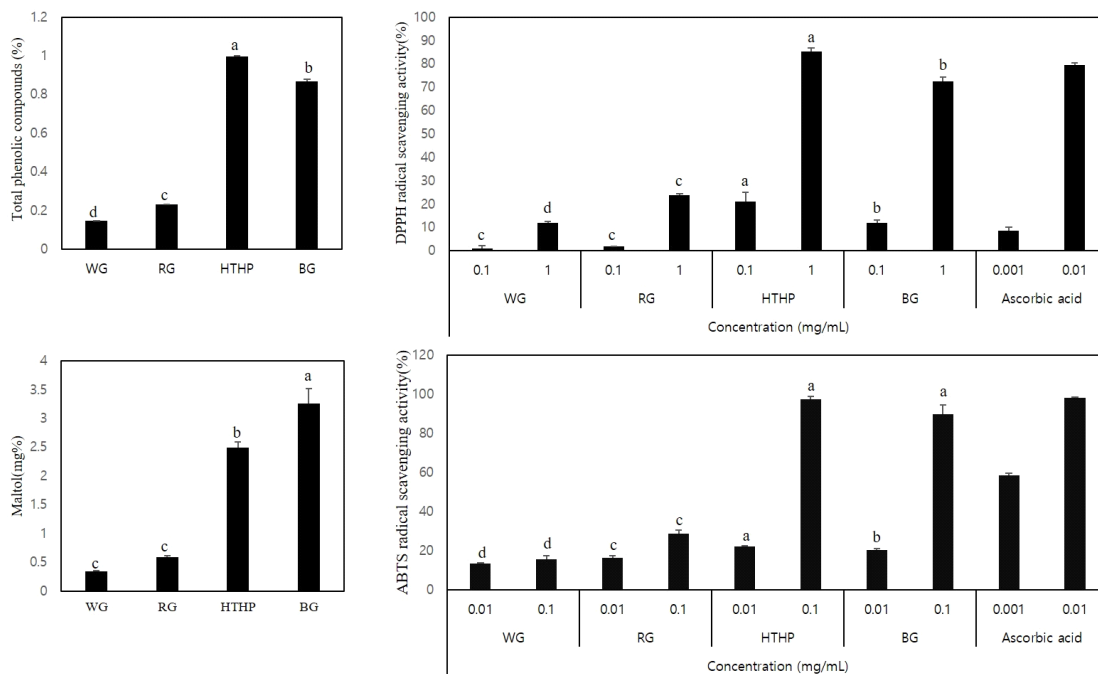


Fig. 3. Antioxidant activities of commercial ginseng products and HTHP process red ginseng. WG, white ginseng; RG, red ginseng; HTHP, HTHP red ginseng; BG, black ginseng. Data represent the mean±S.D. of at least triplicate experiments. Different letters indicate significant differences ($P<0.05$).

면, HTHP 처리한 홍삼의 경우 97.48%로 매우 높은 항산화 활성을 나타냈다. 이러한 결과는 인삼을 9번 증숙 및 건조하는 과정을 거친 흑삼(89.60%)보다도 다소 높은 수준이다.

결과적으로, 고온고압 처리는 홍삼의 폴리페놀 화합물과 말톨 성분 등의 기능성 성분의 함량을 증가시켰으며, 이를 통해 항산화 활성을 증가시킨다는 것을 확인하였다. 따라서, 이러한 조건은 그 형태가 기존의 홍삼 제품과 유사하면서도 공정이 신속하고, 품질은 흑삼과 비슷한 고기능성 인삼제품 개발 시 응용 가능한 공정으로 사료된다.

요 약

본 연구에서는 최대한 인삼의 외형을 원형삼 형태의 홍삼과 유사하게 유지하면서도 기능성은 증진시킬 수 있는 신속한 고온고압 처리 공정을 확립하기 위하여 다양한 고온고압 처리공정 조건에 따른 이화학적 성분 특성 및 항산화 활성 변화를 살펴보았다. 산성당당체 및 홍삼 특유의 진세노사이드 Rh1, Rg2, Rg3의 함량은 140°C, 3 kg/cm²의 고온고압 처리 조건에서 가장 높은 반면, 총 페놀 화합물 및 말톨 함량은 156°C, 5 kg/cm²의 고온고압 처리조건에서 가장 높았다. 그러나 홍삼의 증자 처리 시 156°C, 5 kg/cm²의 처리조건에서는 시료가 터지거나 외형의 변형이 심하기 때문에 140°C, 3 kg/cm²

를 최적 온도 및 압력으로 설정하였다. 한편, 증자 시간이 증가함에 따라 총 페놀 화합물, 말톨 및 흑삼특이 진세노사이드 함량은 지속적으로 증가하는 경향을 나타내었으나, 20분간 처리한 군의 외형이 기존의 홍삼과 가장 유사한 외관을 나타냈으므로, 140°C, 3 kg/cm²에서 20분 동안 증자 처리하는 것을 본 실험의 최적 조건으로 설정하였다. 최종적으로 이러한 최적조건을 통해 제조된 홍삼의 항산화 효능을 분석한 결과, 시중에서 판매되는 백삼, 홍삼 및 흑삼과 비교하여 높은 항산화 성분 및 항산화 활성을 나타냈다. 따라서 본 연구를 통해 확립된 고온고압 처리를 통한 신규홍삼 제조기술은 그 형태가 기존의 홍삼 제품과 유사하면서도 공정이 신속하고, 품질은 흑삼과 비슷한 고기능성 신규 인삼제품 개발 시 응용 가능한 공정으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부 고부가가치식품기술개발사업에 의해 이루어진 것으로 연구비 지원에 감사드립니다.

References

Berg R, Haenen GR, Berg H, Bast A. 1999. Applicability of an

- improved Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) assay for evaluation of antioxidant capacity measurements of mixtures. *Food Chem* 66:511-517
- Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200
- Choi CS, Kim KI, Hong HD, Choi SY, Lee YC, Kim KT, Rho J, Kim SS, Kim YC. 2006. Phenolic acid composition and antioxidative activity of white ginseng (*Panax ginseng*, C.A. Meyer). *J Ginseng Res* 30:22-30
- Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee HB, Lee J. 2005. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and poly phenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chem* 99:381-387
- Court WE. 2000. Ginseng: The Geneus Panax. Harwood Academic publishers, Amsterdam, Netherlands pp.23-39
- Dewanto V, Wu X, Adom KK, Liu RH. 2002a. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50:3010-3014
- Dewanto V, Xianzhong W, Liu RH. 2002b. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50:4959-4964
- Do JH, Lee HO, Lee SK, Jang JK, Lee SD, Sung HS. 1993. Colorimetric determination of acidic polysaccharide from *Panax ginseng*, its extraction condition and stability. *Korean J Ginseng Sci* 17:139-144
- Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Robers PA, Smith F. 1956. Colorimetric method for determination of sugar and related substances. *Anal Chem* 28:350-356
- Hong HD, Kim YC, Rho J, Kim KT, Lee YC. 2007. Changes on physicochemical properties of *Panax ginseng* C. A. Meyer during repeated steaming process. *J Ginseng Res* 31:222-229
- 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 conditions. *Korean J Food Sci Technol* 38:342-347
- Jeong SM, Kim SY, Kim DR, Jo SC, Nam KC, Ahn DU, Lee SC. 2004. Effect of heat treatment on the antioxidant activity of extracts from citrus peels. *J Agric Food Chem* 52:3389-3393
- Jo HK, Sung MC, Ko SK. 2011. The comparison of ginseng prosapogenin composition and contents in red and black ginseng. *Kor J Pharmacogn* 42:361-365
- Kim EK, Lee JH, Cho SH, Sen GN, Jin LG, Myung CS, Oh HJ, Kim DH, Yun JD, Roh SS, Park YJ, Seo YB, Song GY. 2008. Preparation of black ginseng by new methods and its antitumor activity. *Kor J Herbology* 23:85-92
- Kim WY, Kim JM, Han SB, Lee SK, Kim ND, Park MK, Kim CK, Park JH. 2000. Steaming of ginseng at high temperature enhances biological activity. *J Nat Prod* 63:1702-1704
- Kwak YS, Choi KH, Kyung JS, Won JY, Rhee MH, Lee JG, Hwang MS, Kim SC, Park CK, Song KB, Han GH. 2008. Effect of high temperature heating on the some physicochemical properties of Korean red ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) water extract. *J Ginseng Res* 32:120-126
- Kwon OC, Woo KS, Kim TM, Kim DJ, Hong HT, 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
- Lee JH, Shen GN, Kim EK, Shin HJ, Myung CS, Oh HJ, Kim DH, Roh SS, Cho W, Seo YB, Park YJ, Kang CW, Song GY. 2006a. Preparation of black ginseng and its antitumor activity. *Korean J Oriental Physiology & Pathology* 20:951-956
- Lee SJ, Park DW, Jang HG, Kim CY, Park YS, Kim TC, Heo BG. 2006b. Total phenol content, electron donating ability and tyrosinase inhibition activity of pear cut branch extract. *Kor J Hort Sci Technol* 24:338-342
- Nam KY, Ko SR, Choi KJ. 1999. Relationship of saponin and non-saponin for the quality of ginseng. *J Ginseng Res* 26:17-25
- Nam KY, Lee NR, Moon BD, Song GY, Shin HS, Choi JE. 2012. Changes of ginsenosides and color from black ginsengs prepared by steaming-drying cycles. *Korean J Medicinal Crop* 20:27-35
- Park CK, Jeon BS, Yang JW. 2003. The chemical components of Korean ginseng. *Korean J Food Industry Nutr* 8:10-23
- Park JD. 1996. Recent studies on the chemical constituents of Korean ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer). *Korean J Ginseng Sci* 20:389-415
- Park JH. 2004. Sun ginseng - A new processed ginseng with fortified activity. *Food Ind Nutr* 9:23-27
- Singleton VL, Rossi JA. 1965. Colorimetry of total phenolic with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagent. *Am J Enol Vitic* 16:144-158
- Woo KS, Hang 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 J, Jeong HS. 2006. Change of Korean ginseng components with high temperature and pressure treatment. *Korean J Food Sci Technol* 38:521-525

Yoon BR, Lee YJ, Hong HD, Lee YC, Kim YC, Rhee YK, Kim

KT, Lee OH. 2012. Inhibitory effects of *Panax ginseng* C. A. Mayer treated with high temperature and high pressure on oxidative stress. *Korean J Food Nutr* 25:800-806

Received 21 April, 2016
Revised 4 May, 2016
Accepted 23 June, 2016