

증숙 온도와 시간에 따른 4년근 인삼의 이화학적 특성

유 진 · 장인배 · 문지원 · 장인복 · 이성우 · 서수정[†]

농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부

Physicochemical Characteristics of a 4-Year-Old Ginseng Based on Steaming Temperatures and Times

Jin Yu, In Bae Jang, Ji Won Moon, In Bok Jang, Sung Woo Lee and Su Jeoung Suh[†]

Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

ABSTRACT

Background: Depending on the processing method, the raw materials constituents change in various ways. In particular, a heat treatment process, such as steaming, changes the color and aroma of a raw material to increase its palatability and number of physiologically active ingredients.

Methods and Results: In the present study, the effects of the steaming temperature and time on the yield, color, proximal composition, and total polyphenol and ginsenoside content of a 4-year-old ginseng root were analyzed. The yield tended to decrease with the increase of steaming time at each temperature and the total ginsenoside content increased with increasing of steaming temperature except at 80 °C.

Conclusions: These results suggest that steaming at 100 °C for 6 - 9 hours or at 110 °C for 3 - 6 hours is suitable for increasing total polyphenol and ginsenoside content with less yield reduction in a 4-year-old ginseng root.

Key Words: Ginseng, Ginsenoside, Physicochemical Characteristics, Steaming

서 언

인삼 (*Panax ginseng* C. A. Meyer)은 오갈피나무과 (Araliaceae)에 속하는 다년생 식물로, 주로 사용되는 뿌리는 일반 탄수화물 (60 - 70%), 단백질과 아미노산 등을 포함한 질소화합물 (12 - 16%), 사포닌 (3 - 6%), 지방산과 페놀화합물 등의 지용성 성분 (1 - 2%), 회분 (4 - 6%), 수용성 비타민 (0.05%) 등으로 구성되어 있다 (RDA, 2014).

인삼은 주요 약리성분으로 보고된 인삼 사포닌 (진세노사이드)과 산성다당체 등 비사포닌계 성분들의 복합적인 작용으로 면역력 증진, 항암 및 항산화 효과, 혈당 강화, 콜레스테롤 흡수 저하 (Park *et al.*, 1996; Yun *et al.*, 2001; Lee *et al.*, 2004; Nam, 2005) 등의 약리 효과가 인정되어 의약품과 건강 기능식품의 소재로 이용되고 있다.

가공방법에 따라 원료의 구성 성분들이 다양하게 변화하는데 특히 열을 가하는 공정은 원료의 색상과 향기 성분 등에 변화를 주어 기호성을 높이기도 하고 생리활성 성분을 증가시킨다 (Yoon *et al.*, 2005; Kim *et al.*, 2007). 열을 가한 후 증기를 이용하여 가공하는 방식은 조리수와의 직접적인 접촉이 없어 삶기에 비해 원료의 색채와 풍미를 살릴 수 있지만 열에 의한 영양성분의 손실이 일어날 수 있다 (Jang *et al.*, 2018).

수삼을 가공하는 방법에 따라 크게 백삼, 홍삼, 태극삼 그리고 흑삼으로 구분되는데, 수분이 75%인 내외인 수삼의 저장성 향상과 유효성분 증대의 이유로 증숙 등의 처리를 하여 홍삼으로 제조하여 많이 사용하고 있다. 인삼의 증숙과 관련한 연구로는 증숙 과정에서 고려인삼의 조직학적 특성, 증숙 횟수에 따른 고려인삼의 이화학적 특성, 인삼 가공방법에 따른

[†]Corresponding author: (Phone) +82-43-871-5611 (E-mail) ssuh15@korea.kr

Received 2019 March 7 / 1st Revised 2019 March 28 / 2nd Revised 2019 April 7 / 3rd Revised 2019 April 12 / Accepted 2019 April 12

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.

일반성분 및 ginsenoside 함량 변화, 증숙 및 습식분쇄 조건에 따른 인삼의 품질 특성 등 다양하게 이루어지고 있다 (Kim *et al.*, 2006; Hong *et al.*, 2007; Choi *et al.*, 2010; Im *et al.*, 2010).

건강에 대한 관심이 높아짐에 따라 1 인당 인삼 소비량은 2009년 0.48 kg 까지 증가했으나 2017년 0.38 kg 으로 점진적으로 감소하고 있는 추세이다 (MAFRA, 2018). 인삼의 소비를 증진하기 위해서는 최근 식품 트렌드에 맞는 다양한 제품군이 필요하지만 기존의 인삼 연구는 건강기능성식품의 주원료인 6년근 인삼 위주로 진행되어 4년근 인삼의 가공적성 자료가 부족할 뿐 아니라 농가 또는 업체마다 각기 다른 가공 조건을 사용하고 있어 처리에 따른 품질 변화를 비교하기 곤란하다.

2017년도 4년근 인삼 재배면적은 3,178 ha로 전체 재배면적의 약 21%를 차지하고, 생산량은 3,246 톤으로 전년도 대비 약 21% 증가하였을 만큼 4년근 인삼의 생산량은 증가하고 있다 (MAFRA, 2018). 4년근 인삼의 활용도를 높이고자 효소적 가수분해 조건에 따른 품질특성 연구, 흑삼 제조 연구, 인삼 농축액 제조 연구 등이 진행되었으나 (Im *et al.*, 2011; Kim *et al.*, 2011; Choi *et al.*, 2016) 아직까지도 4년근 인삼의 활용에 관한 연구는 적은 편이다.

따라서 본 연구에서는 5-6년근에 비해 상대적으로 활용도가 낮은 4년근 인삼을 이용하여 인삼 가공 시 많이 사용하고 있는 공정인 증숙을 조건별로 처리하여 증숙 온도와 시간이 4년근 인삼의 색도, 일반성분, 총 폴리페놀 함량 그리고 진세노사이드 함량 등을 분석하여 제품 개발에 필요한 자료를 얻기 위해 수행하였다.

재료 및 방법

1. 시료준비

실험재료로 2017년 10월 경상북도 영주시에서 수확한 4년근 재래종 수삼을 사용하였고 이때 수삼의 평균 동직경은 15.54 mm 평균 근중은 16.02 g 이었다. 선별한 수삼을 세척한 후 지근을 제거하여 주근 부분만을 실험 재료로 사용하였고 증숙기 (HD-WH350, Anyang, Korea)를 이용하여 80, 90, 100 및 110°C 각 온도에서 3, 6, 9, 12, 24 및 48 시간 인삼 (*Panax ginseng* C. A. Meyer)을 증숙 하였다. 증숙한 인삼은 동결건조기 (Lyoph-Pride20, Ilshin Biobase Co., Dongducheon, Korea)를 이용하여 건조한 후 분쇄하여 분석용 시료로 사용하였다.

2. 수율

증숙 처리구의 수율을 비교하기 위하여 처리 전 수삼의 주근 부위 무게를 칭량하였다. 증숙과 건조 단계가 모두 완료된

후 분쇄한 무게를 처리구별로 칭량한 후 처음 칭량했던 수삼의 주근 무게로 나누어 주었다.

3. 색도 및 갈색도 측정

색도는 색차계 (CM-5, Konica Minolta Inc., Tokyo, Japan)를 사용하여 동결건조 분말 시료의 L 값 (명도), a 값 (적색도), b 값 (황색도)를 5 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다.

갈색도를 측정하기 위해 동결건조 분말 시료 1 g에 80% MeOH 15 ml을 넣은 후 상온에서 1 시간 동안 초음파 추출한 후 3,300 rpm으로 7 분간 원심분리한 후 상등액만 취하였다. 이 과정을 3 번 반복하여 약 45 ml의 추출액을 준비하였다. 추출액의 갈색도는 UV spectrophotometer (MULTISKAN GO, Thermo scientific, Waltham, MA, USA)를 이용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다.

4. 일반성분

일반성분은 농업과학기술 연구조사분석 기준의 식품 품질 특성에 준하여 분석하였다 (NIAST, 2012). 수분함량은 상압가열건조법에 따라 시행하였고 조단백질은 Kjeldahl법으로, 조지방은 Soxhlet 추출법으로, 조회분은 직접회화법에 의해 550°C에서 회화한 후 평량하였다. 탄수화물은 시료의 총 무게에서 수분, 조단백질, 조지방, 조회분의 함량을 뺀 값으로 나타내었다.

5. 총 폴리페놀 함량

건조 분말 시료 1 g에 80% MeOH 15 ml을 넣은 후 상온에서 1 시간 동안 초음파 추출한 후 3,300 rpm으로 7 분간 원심분리한 후 상등액만 취하였다. 이 과정을 3 번 반복하여 약 45 ml의 추출액을 준비하였다.

총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis method를 변형하여 측정하였다. 추출 시료 50 μ l에 2% Na₂CO₃ 용액 1 ml을 첨가하고 3 분 동안 반응시킨 후 50% Folin-Ciocalteu's phenol 용액 50 μ l을 첨가하여 실온에 30 분간 동안 반응을 진행시켰다. 이후 UV spectrophotometer (MULTISKAN GO, Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA)를 이용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 총 폴리페놀 함량은 gallic acid의 함량과 비교하여 계산하였다.

6. 진세노사이드 함량

증숙 조건에 따라 처리된 시료의 총 11 종의 진세노사이드를 분석하였다. 진세노사이드 표준품 11 종은 Re, Rg₁, Rf, Rb₁, Rg₂, Rg₃, Rh₁, Rc, Rb₂, Rb₃, Rd (Chroma Dex, Irvine, CA, USA)를 사용하였다. 진세노사이드 분석을 위해 인삼 분말시료 0.2 g과 70% MeOH 2 ml를 넣고 잘 혼합한 후 50°C에서 30 분 동안 초음파 추출한 뒤 4°C, 13,000 rpm

에서 15 분 동안 원심분리 하여 얻은 상등액을 2 ml tube에 취한 다음 1 ml를 Sep-Pak C18 cartridge를 이용하여 정제한 후 추출액을 0.45 µm membrane filter로 여과하여 분석시료로 사용하였다 (Kim *et al.*, 2010).

진세노사이드 함량은 Nexera X2 UPLC system (Shimadzu, Kyoto, Japan)을 이용하여 측정하였는데 이동상의 유속은 0.5 - 0.8 ml/min, 칼럼온도는 50°C, UV 검출기의 파장은 203 nm 이었으며 분석을 위한 column은 Halo RP-amide column (4.6 × 150 mm, 2.7 µm, Thermo Fisher Scientific Inc., Wilmington, DE, USA)을 사용하였다 (Yu *et al.*, 2018).

7. 통계처리

모든 분석은 SAS 프로그램 (SAS v 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 분산분석 (ANOVA)을 실시한 후 처리 간에 차이가 있을 경우 5% 유의수준에서 Duncan's Multiple Range Test (DMRT)로 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 증숙 조건에 따른 인삼 수율, 색도 및 갈색도 변화

증숙 조건을 달리하여 제조한 4년근 인삼 (*Panax ginseng* C. A. Meyer)의 제조 수율은 Table 1과 같다. 각 온도에서 증숙 시간이 증가할수록 수율은 감소하는 경향을 나타내었다.

비교적 낮은 온도인 80°C와 90°C에서는 증숙 12-24 시간 사이에 급격한 수율 감소를 나타내었지만 100°C와 110°C에서는 증숙 9-12 시간 사이에 눈이 띄는 수율 감소를 보였다. 특히 수율 변화가 가장 컸던 증숙 조건은 다음과 같았는데, 90°C, 24 시간 처리구는 90°C, 12 시간 처리구 대비 수율이 약 30%, 100°C, 12 시간 처리구는 100°C, 9 시간 처리구 대비 수율이 약 42.2%나 감소하였다. 4년근 인삼을 증숙 시 과도한 수율 감소를 방지하기 위해서는 증숙 온도에 따라 시간을 적절히 조절해야 할 것으로 생각된다.

증숙 조건을 달리하여 제조한 인삼의 색도와 갈색도는 Table 2와 같다. 100°C 증숙 처리구의 경우, 증숙 시간이 증가할수록 명도를 나타내는 L 값은 감소하고 적색도를 나타내는 a 값은 대체로 증가하는 경향을 나타내었다. 110°C 처리구 역시 증숙 시간이 증가할수록 L 값이 감소하고 a 값이 뚜렷하게 증가하였다. 100°C 처리구와 달리 110°C 처리구는 증숙 시간이 증가할수록 b 값도 증가하는 경향이 나타났다. 반면, 80°C와 90°C 증숙 처리구는 앞의 두 처리에 비해 증숙 시간이 증가할수록 색도가 변화하는 경향이 미약했다. 증숙 온도와 시간이 증가할수록 L 값은 감소하고 a 값과 b 값은 증가하는 경향은 유사하게 나타났지만 인삼은 증숙 과정을 겪으면 열처리에 의해 특히 황색도가 크게 증가한다는 이전 결과 (Song *et al.*, 2010)와는 다소 다르게 나타났다.

Table 1. Manufacturing yield of 4-year-old ginseng by steaming conditions.

Steaming Time conditions (hour)	Temperature (°C)				
	80°C	90°C	100°C	110°C	
Yield ¹⁾ (%)	3	28.65±1.60 ^a	28.42±2.01 ^{ab}	24.08±1.50 ^a	20.93±1.16 ^b
	6	29.31±2.50 ^a	29.14±1.91 ^a	24.67±1.57 ^a	24.40±2.42 ^a
	9	26.51±1.50 ^a	25.61±2.03 ^{bc}	26.35±0.74 ^a	20.84±1.12 ^b
	12	23.08±1.30 ^b	24.68±2.65 ^c	15.23±1.33 ^c	17.23±1.25 ^c
	24	18.98±1.13 ^c	17.28±1.28 ^d	15.31±1.52 ^b	14.06±1.65 ^c
48	15.21±2.41 ^d	14.47±0.89 ^d	14.93±0.88 ^b	12.16±1.94 ^d	

¹⁾Yield (%); main root weight of dried ginseng after steaming/main root weight of fresh ginseng × 100. Data represent the means ± SD (n = 3). *Mean within a column followed by the same letters are not significantly different based on the Duncan's Multiple Range Test (DMRT) (p < 0.05).

인삼은 60°C 이상의 증숙 과정을 거치면 효소적 및 비효소적 갈변반응이 진행되고 주로 비효소적 갈변반응에 의해 색도가 변화된다고 보고되어 있다 (Im *et al.*, 2010). 본 연구에서는 100°C 처리구부터 증숙 시간에 따른 갈변도의 변화가 뚜렷했는데 처리 시간이 증가할수록 갈색도도 유의하게 증가하였다. 인삼에 함유되어 있는 유리당과 유리 아미노산이 가열 처리에 의하여 갈색화 반응이 일어나는데 (Lee *et al.*, 2011) 인삼으로의 열 침투가 용이한 100°C 이상의 온도에서 갈색화 반응이 활발하게 진행되는 것으로 생각된다 (Choi *et al.*, 2010).

2. 증숙 조건에 따른 일반성분 함량 변화

증숙 조건을 달리하여 제조한 인삼 주근 부위의 수분, 탄수화물, 단백질, 지방 그리고 회분을 측정하여 Table 3에 나타내었다.

증숙 처리를 하여 제조한 인삼의 탄수화물 함량은 72.46-79.02 g/100g 범위의 값을 나타내었고 증숙 처리를 하지 않은 대조구의 탄수화물의 함량 71.47 g/100g 보다 높은 값을 보였다. 증숙 조건에 따른 탄수화물 함량의 일정한 증감 경향을 찾을 수 없었지만 110°C, 24 시간 이상 처리부터 탄수화물 함량이 감소하여 110°C, 48 시간 처리구는 71.91g/100g으로 대조구와 비슷한 수치까지 감소하였다. 4년근 수삼을 이용하여 증숙 95°C, 6 시간 처리 후 건조하여 제조한 홍삼과 건조 시간만을 같도록 제조한 백삼과 비교했을 때 탄수화물 함량이 유의하게 감소했던 Oh 등 (2016)의 이전 결과와 일부 일치하였다.

본 연구에서는 단백질과 지방 함량은 증숙 온도와 시간에 따른 일정한 경향을 찾을 수 없었는데 4년근 수삼을 이용하여 백삼과 홍삼을 제조한 후 함량을 측정할 결과 차이가 없었다

증숙 조건에 따른 인삼의 이화학적 특성

Table 2. Hunter's color value and browning color of 4-year-old ginseng by steaming conditions.

Treatment		L-value (lightness)	a-value (redness)	b-value (yellowness)	Browning color (O.D. at 420 nm)
Temp. (°C)	Time (hour)				
Control (4-yr)		84.64	1.98	17.02	0.025
80	0	84.64±0.56 ^{cd}	1.98±0.26 ^a	17.02±0.45 ^a	0.025±0.001 ^{b*}
	3	88.37±0.08 ^a	0.64±0.04 ^c	12.42±0.42 ^e	0.028±0.001 ^b
	6	87.88±0.45 ^a	0.69±0.01 ^c	11.64±0.39 ^f	0.022±0.002 ^b
	9	86.60±0.28 ^b	1.18±0.18 ^b	13.26±0.17 ^d	0.025±0.004 ^b
	12	87.97±0.19 ^a	1.13±0.08 ^b	13.28±0.27 ^d	0.024±0.003 ^b
	24	85.12±0.33 ^c	2.15±0.28 ^a	14.81±0.79 ^c	0.033±0.009 ^b
	48	84.32±0.29 ^d	2.16±0.06 ^a	15.78±0.10 ^b	0.234±0.298 ^a
90	0	84.64±0.56 ^c	1.98±0.26 ^c	17.02±0.45 ^a	0.025±0.001 ^b
	3	88.27±0.39 ^a	0.51±0.09 ^e	12.04±0.15 ^{de}	0.036±0.012 ^b
	6	88.43±0.35 ^a	0.73±0.07 ^e	11.44±0.18 ^e	0.038±0.021 ^b
	9	86.88±0.29 ^b	1.18±0.06 ^d	12.26±0.09 ^d	0.047±0.022 ^b
	12	84.62±0.39 ^c	1.93±0.11 ^c	14.30±0.20 ^c	0.039±0.017 ^b
	24	82.22±0.41 ^d	2.88±0.28 ^b	16.09±0.96 ^b	0.043±0.013 ^b
	48	78.06±0.09 ^e	3.62±0.09 ^a	15.96±0.41 ^b	0.130±0.037 ^a
100	0	84.64±0.56 ^b	1.98±0.26 ^e	17.02±0.45 ^b	0.025±0.001 ^{cd}
	3	87.55±0.15 ^a	0.97±0.06 ^f	12.08±0.17 ^d	0.019±0.002 ^d
	6	83.85±0.41 ^c	2.19±0.06 ^e	15.12±0.50 ^c	0.034±0.004 ^{cd}
	9	81.57±0.18 ^d	2.95±0.10 ^d	16.64±0.36 ^b	0.073±0.015 ^{cd}
	12	77.70±0.30 ^e	4.11±0.07 ^c	17.42±0.31 ^b	0.078±0.007 ^c
	24	70.05±0.06 ^f	5.26±0.17 ^b	18.37±0.60 ^a	0.180±0.059 ^b
	48	62.26±0.08 ^g	5.88±0.15 ^a	17.06±0.48 ^b	0.330±0.097 ^a
110	0	84.64±0.56 ^a	1.98±0.26 ^d	17.02±0.45 ^e	0.025±0.001 ^c
	3	86.22±0.36 ^a	1.75±0.21 ^d	15.02±0.92 ^f	0.035±0.001 ^c
	6	81.66±0.28 ^b	3.44±0.12 ^c	19.53±0.34 ^d	0.065±0.003 ^c
	9	78.26±0.32 ^c	4.43±0.11 ^b	21.13±0.15 ^c	0.090±0.005 ^c
	12	76.24±0.25 ^d	4.96±0.24 ^b	20.26±0.25 ^d	0.071±0.002 ^c
	24	61.88±0.52 ^e	9.59±0.21 ^a	27.06±0.36 ^a	0.377±0.156 ^b
	48	57.11±2.25 ^f	8.84±1.03 ^a	22.39±0.24 ^c	0.847±0.309 ^a

*Mean within a column followed by the same letters are not significantly different based on the Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ($p < 0.05$).

고 했던 Ha 와 Rye (2005)의 결과와 일치하였고, 증숙 시간이 증가할수록 5년근 인삼의 지방 함량이 감소한다는 Choi 등 (2010)의 이전 결과와는 일치하지 않았다.

회분 함량 역시 각 증숙 온도와 시간에 따라서 일정한 증감 경향은 찾을 수 없었다. 다만 110°C 증숙 처리구는 3.28 -

3.97 g/100g 범위의 값을 나타내며 다른 온도 처리구에 비해 낮은 회분 함량 값을 보였다. 대조구의 회분 함량이 7.50 g/100g으로 다른 증숙 처리구들에 비해 큰 값을 나타낸 것을 제외하고는 큰 차이를 보이지 않은 것은 회분 함량은 열처리 등의 가공방법에 의한 차이보다는 뿌리 부위 등에 의한 차이가

Table 3. Proximate compositions of 4-year-old ginseng by steaming conditions.

Treatment		Water content (g/100g)	Carbohydrates (g/100g)	Protein (g/100g)	Fat (g/100g)	Ash (g/100g)
Temp. (°C)	Time (hour)					
Control (4-yr)		3.09	71.47	16.94	1.00	7.50
80	0	3.09±0.01 ^a	71.47±0.27 ^e	16.94±0.31 ^c	1.00±0.01 ^c	7.50±0.07 ^{a*}
	3	1.86±0.01 ^c	77.31±0.01 ^b	15.49±0.10 ^e	1.09±0.08 ^c	4.25±0.01 ^d
	6	1.86±0.04 ^c	77.60±0.15 ^{ab}	16.19±0.15 ^d	0.77±0.04 ^d	3.60±0.08 ^f
	9	1.86±0.06 ^c	75.02±0.10 ^c	18.13±0.10 ^b	1.07±0.01 ^c	3.93±0.01 ^e
	12	2.41±0.05 ^b	72.92±0.57 ^d	19.44±0.57 ^a	1.05±0.08 ^c	4.20±0.02 ^d
	24	1.55±0.03 ^d	78.16±0.28 ^a	14.02±0.28 ^f	1.46±0.03 ^b	4.82±0.01 ^b
	48	1.59±0.02 ^d	77.88±0.21 ^{ab}	14.20±0.21 ^f	1.76±0.40 ^a	4.58±0.04 ^c
90	0	3.09±0.01 ^a	71.47±0.27 ^e	16.94±0.31 ^a	1.00±0.01 ^e	7.50±0.07 ^a
	3	2.04±0.02 ^c	75.69±0.25 ^c	16.32±0.38 ^b	1.81±0.13 ^c	4.16±0.02 ^d
	6	1.68±0.04 ^e	76.79±0.08 ^b	16.29±0.13 ^b	1.81±0.09 ^c	3.44±0.01 ^g
	9	1.68±0.01 ^e	76.40±0.01 ^b	15.93±0.11 ^{bc}	2.25±0.13 ^b	3.75±0.01 ^f
	12	1.92±0.03 ^d	74.18±0.18 ^d	17.21±0.24 ^a	2.63±0.08 ^a	4.07±0.01 ^e
	24	1.58±0.01 ^f	79.02±0.08 ^a	13.38±0.03 ^d	1.46±0.01 ^d	4.57±0.02 ^c
	48	2.29±0.01 ^b	75.45±0.15 ^c	15.70±0.23 ^c	1.88±0.07 ^c	4.69±0.01 ^b
100	0	3.09±0.01 ^a	71.47±0.27 ^c	16.94±0.31 ^{ab}	1.00±0.01 ^d	7.50±0.07 ^a
	3	1.98±0.04 ^b	74.29±0.33 ^b	17.49±0.21 ^a	2.51±0.15 ^a	3.74±0.07 ^{de}
	6	2.06±0.08 ^b	75.65±0.13 ^a	16.77±0.17 ^b	1.59±0.14 ^c	3.94±0.03 ^{cd}
	9	2.08±0.08 ^b	76.06±0.26 ^a	15.99±0.38 ^c	2.16±0.12 ^b	3.73±0.08 ^e
	12	-	-	-	-	-
	24	2.03±0.08 ^b	76.08±0.10 ^a	14.63±0.02 ^d	2.55±0.04 ^a	4.72±0.16 ^b
	48	3.10±0.06 ^a	75.46±0.27 ^a	14.89±0.23 ^d	2.45±0.02 ^a	4.11±0.01 ^c
110	0	3.09±0.01 ^a	71.47±0.27 ^d	16.94±0.31 ^b	1.00±0.01 ^d	7.50±0.07 ^a
	3	2.64±0.01 ^b	74.71±0.28 ^b	17.64±0.26 ^b	1.68±0.03 ^c	3.34±0.01 ^d
	6	2.30±0.03 ^b	78.18±0.18 ^a	14.61±0.22 ^c	1.65±0.06 ^c	3.28±0.01 ^d
	9	2.74±0.05 ^c	74.68±0.18 ^b	17.03±0.12 ^b	1.60±0.03 ^c	3.96±0.01 ^b
	12	-	-	-	-	-
	24	3.20±0.01 ^a	72.46±0.37 ^c	17.47±0.45 ^b	2.92±0.06 ^a	3.97±0.01 ^b
	48	2.68±0.10 ^b	71.91±0.33 ^{cd}	18.76±0.21 ^a	2.79±0.01 ^b	3.87±0.01 ^c

Data represent the means ± SD (n = 6). *Mean within a column followed by the same letters are not significantly different based on the Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ($p < 0.05$).

더 크기 때문이라 생각된다 (Choi *et al.*, 2010).

3. 증숙 조건에 따른 총 폴리페놀 함량 변화

증숙 조건을 달리하여 인삼 주근 부위의 총 폴리페놀 함량을 분석한 결과는 Fig. 1과 같다.

증숙 처리를 하지 않은 대조구의 총 폴리페놀 함량은

5.48 mg/g 이었지만 증숙 조건에 따라 최대 14.63 mg/g까지 증가하였다. 80°C 증숙 처리구를 제외한 90 - 110°C 처리구에서는 증숙 시간이 증가할수록 총 페놀성 화합물 함량이 대체로 증가하는 경향을 나타내었다. 이와 같이 총 폴리페놀 함량이 증가한 것은 이전 연구들과 마찬가지로 결합형 폴리페놀 성분이 열처리에 의해 유리형 폴리페놀 성분으로 전환되어 용출이

증숙 조건에 따른 인삼의 이화학적 특성

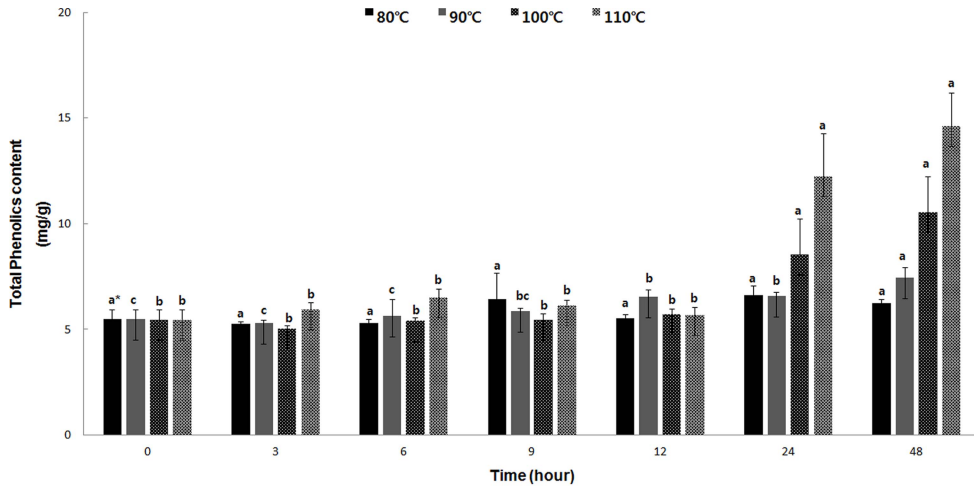


Fig. 1. Total polyphenol contents of 4-year-old ginseng by steaming conditions. Data represent the means \pm SD (n = 6). *Mean within a column followed by the same letters are not significantly different based on the Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ($p < 0.05$).

용이해졌거나 고분자 폴리페놀 화합물이 저분자 폴리페놀 화합물로 분해되었기 때문으로 생각된다 (Yoon *et al.*, 2005).

100°C와 110°C 처리구에서는 증숙 24 시간 이후부터 총 폴리페놀 함량이 크게 증가하였는데, 100°C 및 24 시간 증숙 처리구 (8.57 mg/g)는 100°C 및 12 시간 처리구 (5.73 mg/g) 대비 총 폴리페놀 함량이 약 1.5 배 증가하였고, 110°C 및 24 시간 처리구 (12.26 mg/g)도 110°C 및 12 시간 처리구 (5.69 mg/g) 대비 2.2 배 증가하였다.

한편 총 폴리페놀 함량의 경우 가열 시간보다 가열 온도에 더 많은 영향을 받는다고 보고되었다 (Hong *et al.*, 2007). 본 연구에서도 각 온도에서 48 시간 동안 증숙 처리한 후 총 폴리페놀 함량을 분석하였을 때, 80°C일 때는 6.23 mg/g, 90°C일 때 7.44 mg/g, 100°C일 때 10.58 mg/g 그리고 110°C일 때 14.63 mg/g 으로 이전 결과와 일치하였지만 비교적 증숙 처리, 즉 열처리가 긴 12 시간 이상 처리구부터 이러한 경향이 나타났다. 또한 80°C 온도로 3 시간부터 48 시간까지 증숙 처리한 후의 총 폴리페놀 함량은 시간 처리별로 유의한 차이를 볼 수 없었는데 비교적 높지 않은 온도에서 증숙 처리를 진행했기 때문으로 생각된다.

Kim 등 (2007)은 인삼 주근과 지근 부위에 따라 최적의 증숙 조건이 다르고, Hong 등 (2007) 증숙 횟수, Woo 등 (2013)은 추출 용매 및 방법 등에 의해 총 폴리페놀 함량의 차이가 나타난다고 보고한 것과 같이 증숙 온도와 시간 외에 횟수, 추출 방법 등을 함께 고려하여 총 폴리페놀 함량 등 항산화 성분이 증대되는 효율적인 조건을 찾는 연구가 진행되어야 할 것이다.

4. 증숙 조건에 따른 진세노사이드 함량 및 조성 변화

증숙 조건에 따라 4년근 인삼의 진세노사이드 함량과 조성을 분석하기 위해 Fig. 2와 같이 11 개의 진세노사이드 함량 peak를 확인하였다.

각 증숙 조건에서 총 진세노사이드의 함량 변화를 살펴본 결과, 증숙 온도가 높을수록 총 진세노사이드 함량은 높은 경향이였다 (Fig. 3). 각 온도별로 보면 총 진세노사이드 함량은 90°C로 9 시간 처리했을 때 13.23 mg/g, 100°C로 12 시간 처리했을 때 23.07 mg/g 그리고 110°C로 6 시간 처리했을 때 18.78 mg/g로 가장 높은 값을 나타내었다. 80°C 증숙 처리구는 시간에 따라 유의한 차이는 있었지만 다른 처리구에 비해 그 차이가 크지 않았고 증숙 시간이 증가할수록 총 진세노사이드 함량은 증가하다가 다시 감소하는 경향을 나타내었다. 같은 시간을 증숙 처리해주었을 때 3-6 시간에서는 증숙 온도가 높을수록 총 진세노사이드 함량도 높은 경향이였지만 9 시간 이후부터는 주로 90-100°C 처리에서 총 진세노사이드 함량이 높게 나타났다 (Fig. 3).

Panaxadiol 계열의 진세노사이드인 Rb₁과 Rc 등의 극성 진세노사이드들은 비교적 낮은 열 안정성을 나타낸다고 보고되었는데 (Hong *et al.*, 2007). 본 연구에서도 100°C와 110°C 증숙 처리 시 유사한 결과를 나타내었다 (Table 4). 100°C 증숙 처리구에서 Rb₁ 함량을 변화를 보면, 증숙 초기부터 12 시간까지는 2.22 mg/g에서 6.46 mg/g 까지 계속 유의하게 증가하지만 처리 24 시간을 기점으로 급격하게 감소하였다. 특히 100°C 및 48 시간 처리는 0.16 mg/g으로 증숙 초기 대비 약 14 배 감소한 결과를 보였다. 110°C 증숙 처리도 비슷한 경향이 나타내었지만 6 시간 처리구에서 최고값인 5.69 mg/g을 나

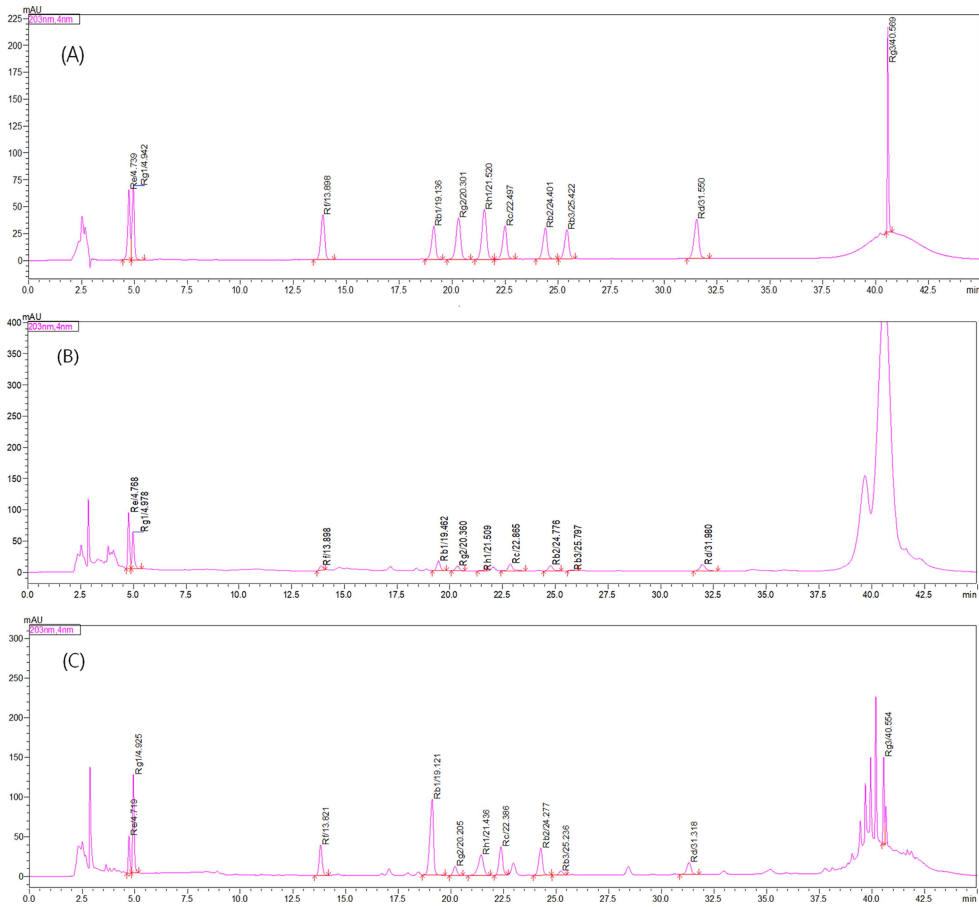


Fig. 2. HPLC chromatograms of ginsenosides. A; standards of 11 ginsenosides (Rg₁, Re, Rf, Rb₁, Rg₂, Rh₁, Rc, Rb₂, Rb₃, Rd, Rg₃), B; untreated ginseng (control), C; ginseng treated by steaming at 110°C and 6 hours.

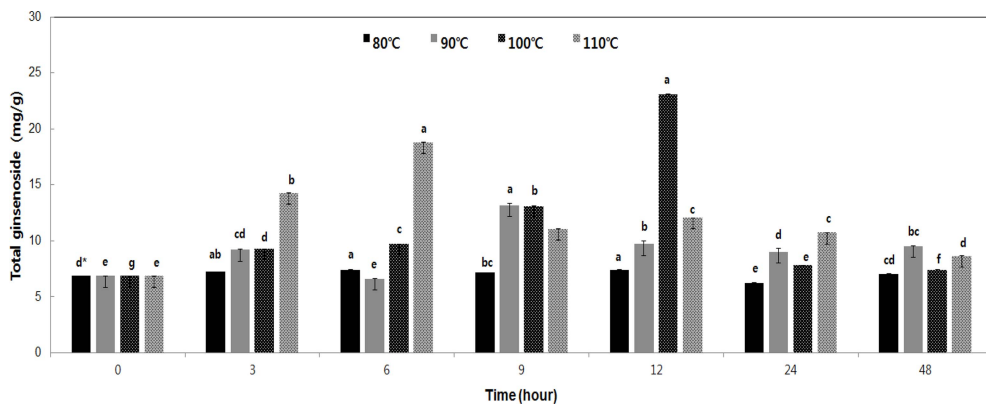


Fig. 3. Total ginsenoside contents of 4-years-old ginseng by steaming conditions. Total ginsenoside represents the sum of 11 kinds of ginsenosides. Data represent the means \pm SD ($n = 6$). *Mean within a column followed by the same letters are not significantly different based on the Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ($p < 0.05$).

증숙 조건에 따른 인삼의 이화학적 특성

Table 4. Changes in ginsenosides compositions of 4-year-old ginseng by steaming conditions. (mg/g, dry weight)

Treatment		Panaxadiol (PD)						Panaxatriol (PT)					Total	PD/PT
Temp. (°C)	Time (hour)	Rb ₁	Rb ₂	Rb ₃	Rc	Rd	Rg ₃	Re	Rf	Rg ₁	Rg ₂	Rh ₁		
Control (4-yr)		1.44	0.74	0.17	0.74	0.22	ND ¹⁾	1.61	0.55	1.20	0.19	0.01	6.86	0.93
80	0	1.44 ^c	0.74 ^c	0.17 ^b	0.74 ^c	0.22 ^b	ND	1.61 ^a	0.55 ^d	1.20 ^d	0.19 ^a	0.01 ^d	6.86 ^d	0.93 ^{c*}
	3	1.28 ^f	0.47 ^g	0.11 ^f	0.48 ^f	0.09 ^g	0.03 ^e	0.78 ^e	1.11 ^a	2.74 ^a	0.12 ^f	0.02 ^c	7.24 ^b	0.52 ^f
	6	1.36 ^e	0.54 ^e	0.12 ^e	0.55 ^e	0.09 ^f	0.03 ^e	0.90 ^c	1.00 ^c	2.70 ^a	0.11 ^e	0.02 ^c	7.43 ^a	0.57 ^e
	9	1.39 ^d	0.51 ^f	0.12 ^e	0.53 ^e	0.12 ^e	0.05 ^d	0.81 ^{de}	1.04 ^b	2.42 ^c	0.13 ^d	0.02 ^c	7.16 ^{bc}	0.61 ^e
	12	1.58 ^b	0.57 ^d	0.13 ^d	0.58 ^d	0.15 ^d	0.07 ^c	0.70 ^f	0.97 ^c	2.57 ^b	0.08 ^g	0.03 ^c	7.43 ^a	0.71 ^d
	24	1.34 ^e	0.80 ^b	0.15 ^c	0.78 ^b	0.19 ^c	0.16 ^b	1.13 ^b	0.44 ^e	1.04 ^e	0.15 ^c	0.06 ^b	6.25 ^e	1.22 ^b
	48	1.72 ^a	1.03 ^a	0.19 ^a	1.04 ^a	0.30 ^a	0.24 ^a	0.85 ^d	0.41 ^f	0.98 ^e	0.17 ^b	0.09 ^a	7.03 ^{cd}	1.80 ^a
90	0	1.44 ^e	0.74 ^f	0.17 ^f	0.74 ^f	0.22 ^e	ND	1.61 ^a	0.55 ^d	1.20 ^e	0.19 ^b	0.01 ^g	6.86 ^e	0.93 ^d
	3	1.90 ^d	1.08 ^d	0.20 ^d	1.03 ^d	0.17 ^f	0.06 ^f	1.19 ^c	0.99 ^a	2.26 ^b	0.18 ^d	0.16 ^f	9.23 ^{cd}	0.93 ^d
	6	1.34 ^f	0.72 ^f	0.13 ^g	0.75 ^f	0.13 ^g	0.10 ^e	0.55 ^f	0.65 ^b	1.95 ^c	0.09 ^g	0.20 ^e	6.60 ^e	0.92 ^d
	9	3.47 ^a	1.73 ^a	0.29 ^a	1.72 ^a	0.35 ^c	0.25 ^d	1.24 ^b	0.97 ^a	2.54 ^a	0.18 ^c	0.47 ^c	13.23 ^a	1.44 ^c
	12	2.54 ^b	1.55 ^b	0.26 ^b	1.38 ^b	0.29 ^d	0.31 ^c	0.52 ^f	0.51 ^e	1.96 ^c	0.11 ^f	0.27 ^d	9.70 ^b	1.88 ^b
	24	2.20 ^c	0.85 ^e	0.18 ^e	0.95 ^e	0.44 ^a	0.71 ^b	0.75 ^d	0.61 ^c	1.45 ^d	0.17 ^e	0.67 ^b	8.97 ^d	1.46 ^c
	48	1.89 ^d	1.23 ^c	0.24 ^c	1.25 ^c	0.39 ^b	1.56 ^a	0.62 ^e	0.44 ^f	0.85 ^f	0.35 ^a	0.72 ^a	9.52 ^{bc}	2.20 ^a
100	0	1.44 ^e	0.74 ^d	0.17 ^d	0.74 ^e	0.22 ^e	ND	1.61 ^a	0.55 ^e	1.20 ^d	0.19 ^e	0.01 ^g	6.86 ^g	0.93 ^f
	3	2.22 ^d	0.93 ^c	0.17 ^d	0.90 ^d	0.22 ^e	0.18 ^e	0.73 ^c	0.95 ^c	2.50 ^a	0.13 ^g	0.35 ^e	9.29 ^d	0.99 ^e
	6	2.60 ^c	1.47 ^b	0.25 ^c	1.34 ^c	0.26 ^d	0.36 ^d	0.61 ^d	0.64 ^d	1.77 ^c	0.16 ^f	0.29 ^f	9.73 ^c	1.81 ^c
	9	3.54 ^b	1.45 ^b	0.26 ^b	1.41 ^b	0.49 ^b	0.71 ^c	0.82 ^b	1.09 ^b	2.20 ^b	0.27 ^d	0.87 ^d	13.10 ^b	1.50 ^d
	12	6.46 ^a	2.83 ^a	0.50 ^a	2.48 ^a	0.83 ^a	2.56 ^b	0.72 ^c	1.78 ^a	2.25 ^b	0.63 ^a	2.03 ^a	23.07 ^a	2.12 ^b
	24	0.85 ^f	0.72 ^d	0.15 ^e	0.66 ^f	0.35 ^c	2.59 ^b	0.17 ^e	0.49 ^f	0.37 ^e	0.42 ^c	1.06 ^c	7.82 ^e	2.12 ^b
	48	0.16 ^g	0.12 ^e	0.07 ^f	0.10 ^g	0.18 ^f	4.52 ^a	0.04 ^f	0.39 ^g	0.08 ^f	0.56 ^b	1.20 ^b	7.41 ^f	2.26 ^a
110	0	1.44 ^d	0.74 ^e	0.17 ^d	0.74 ^d	0.22 ^e	ND	1.61 ^a	0.55 ^d	1.20 ^c	0.19 ^f	0.01 ^f	6.86 ^f	0.93 ^f
	3	3.96 ^b	1.67 ^b	0.29 ^b	1.63 ^b	0.37 ^d	0.48 ^f	0.95 ^c	1.24 ^b	2.80 ^a	0.21 ^e	0.66 ^e	14.25 ^b	1.44 ^e
	6	5.69 ^a	2.08 ^a	0.36 ^a	1.95 ^a	0.79 ^a	1.21 ^e	1.00 ^b	1.41 ^a	2.54 ^b	0.48 ^b	1.27 ^b	18.78 ^a	1.80 ^d
	9	2.85 ^c	1.20 ^d	0.23 ^c	1.11 ^c	0.37 ^d	1.37 ^d	0.36 ^d	0.95 ^c	1.20 ^c	0.32 ^d	1.10 ^d	11.05 ^d	1.81 ^d
	12	2.77 ^c	1.31 ^c	0.22 ^c	1.17 ^c	0.60 ^b	2.45 ^c	0.25 ^e	0.99 ^c	0.77 ^d	0.45 ^c	1.07 ^c	12.05 ^c	2.41 ^b
	24	1.02 ^e	0.69 ^e	0.17 ^d	0.57 ^d	0.44 ^c	4.08 ^b	0.06 ^f	0.98 ^c	0.11 ^e	0.65 ^a	1.95 ^a	10.73 ^d	1.86 ^c
	48	0.13 ^f	0.06 ^f	0.06 ^e	0.04 ^e	0.10 ^f	5.80 ^a	0.03 ^g	0.48 ^e	0.06 ^f	0.44 ^c	1.46 ^c	8.65 ^e	2.50 ^a

Total ginsenoside represents the sum of 11 kinds of ginsenosides. Data represent the means ± SD (n = 6). ¹⁾ND; Not detected. *Mean within a column followed by the same letters are not significantly different based on the Duncan's Multiple Range Test (DMRT) (p < 0.05).

타내고 9 시간을 기점으로 감소하는 등 함량이 감소하는 시간 차이가 났다. 두 온도의 Rc 함량 또한 Rb₁과 비슷한 경향을 나타내었다.

홍삼의 특이 성분 중 하나로 알려진 진세노사이드 Rg₃는 수삼에는 아주 미량으로 존재하다가 증숙을 거치며 그 함량이

증가한다고 다수 보고되었다. 5년근 인삼의 주근과 지근에서 증숙 시간이 길어질수록 Rg₃ 함량이 유의하게 증가하였다는 Kim 등 (2007)의 연구결과와 같이 본 연구에서도 증숙 시간이 증가할수록 Rg₃ 함량은 유의하게 증가하였다. 또한 증숙 시간이 같을 때에는 온도가 높은 수록 Rg₃ 함량이 높은 것을

확인할 수 있었다. 비교적 낮은 온도인 80°C에서 48 시간 증숙 처리를 했을 때에는 Rg₃ 함량이 각 0.24 mg/g 이었던 반면, 90 - 110°C 온도에서 48 시간 증숙 처리 후에는 각 1.56, 4.52, 5.80 mg/g으로 증가한 값을 나타내었다.

Rh₁ 함량 또한 수삼일 때보다 증숙 과정 후 값이 증가하였는데, 80 - 90°C 에서는 증숙 시간이 증가할수록 유의하게 증가하는 경향이었고 100 - 110°C에서는 Rh₁ 함량은 대체로 80 - 90°C 처리구보다 높았다. Rg₃, Rh₁ 등은 수삼과 백삼에 매우 미량으로 포함되어 있는데, 수삼에 증숙 처리를 하면 구조적으로 불안정한 Dammarane계 사포닌의 C-20의 glycosyl이 가수분해되어 prosapogenin이 되고 남은 수산기는 반전평형반응을 일으켜 C-20 (R), C-20 (S)의 혼합물이 되는데 이 때 Rg₃, Rh₁ 등이 많이 생성되어 수삼이나 백삼보다 홍삼에 더 높은 함량의 Rg₃, Rh₁ 등이 존재한다 (Kim *et al.*, 1991).

진세노사이드 Rf는 비교적 열에 안정하다 (Hong *et al.*, 2007)고 하였으나 증숙 시간이 길어질수록 Rf 함량 한다는 Kim 등 (2007)의 결과와 유사하게 증숙 시간이 경과할수록 Rf 함량도 증가하다가 일정 시간 이후에는 다시 감소하는 경향을 나타내었다. 이와 같이 개별 진세노사이드의 조성은 가공방법에 따라 크게 변하는 것을 확인하였다 (Choi *et al.*, 2010).

본 연구 결과, 증숙 조건에 따라 4년근 인삼의 이화학적 특성이 변화하는 것을 확인하였다. 위 결과들을 종합하여 볼 때 4년근 인삼을 증숙하여 사용하고자 할 때 수율과 일반 성분의 감소가 적으면서 폴리페놀과 총 진세노사이드 함량의 증대가 일어나는 100°C에서 6 - 9 시간 동안 또는 110°C에서 3 - 6 시간 동안 공정하는 것이 좋을 것으로 판단된다. 다만 수삼을 고온에서 여러 번 찌고 말리는 과정에서 인삼이 탄화되어 벤조피렌이 생성되는 경우가 일부 존재하고 (Kim *et al.*, 2011), 식품 조리 및 가공 시 탄수화물, 단백질 및 지방 등이 불완전 연소 과정을 겪으며 위험물질이 생성 (Jin *et al.*, 2012)될 수 있으므로 안정성 측면에서 이 공정에 대한 추가 검토가 필요하다. 또한 상압·감압조건의 적용과 증숙 횟수 등을 달리하여 증숙 시간을 줄일 수 있는 추가적인 연구도 병행되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ01333601)과 2019년도 농촌진흥청 국립원예특작과학원 전문연구원 과정 지원 사업에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

Choi JE, Nam KY, Li X, Kim BY, Cho HS and Hwang KB.

(2010). Changes of chemical compositions and ginsenoside contents of different root parts of ginsengs with processing method. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 18:118-125.

Ha DC and Rye GH. (2005). Chemical components of red, white and extruded root ginseng. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 34:247-254.

Hong HD, Kim YC, Rho JH, Kim KT and Lee YC. (2007). Changes on physicochemical properties of *Panax ginseng* C. A. Meyer during repeated steaming process. *Journal of Ginseng Research*. 31:222-229.

Im GY, Jang SY and Jeong YJ. (2010). Quality characteristics of *Panax ginseng* C. A. Meyer with steaming heat and wet grinding conditions. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 39:1005-1010.

Jang HL, Park SY and Nam JS. (2018). The effects of heat treatment on the nutritional composition and antioxidant properties of hempseed(*Cannabis sativa* L). *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 47:885-894.

Jin Y, Kim YJ, Jeon JN, Wang C, Min JW, Jung SY and Yang DC. (2012). Changes of ginsenosides and physicochemical properties in ginseng by new 9 repetitive steaming and drying process. *Korean Journal of Plant Resources*. 25:473-481.

Kim CS, Jang DS and Che SY. (2006). Histological characteristics of Korean red ginseng in steaming processes. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 14:36-40.

Kim GS, Hyun DY, Kim YO, Lee SE, Kwon H, Cha SW, Park CB and Kim YB. (2010). Investigation of ginsenosides in different parts of *Panax ginseng* cultured by hydroponics. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*. 28:216-226.

Kim HJ, Lee JY, You BR, Kim HR, Choi JE, Nam KY Moon BD and Kim MR. (2011). Antioxidant activities of ethanol extracts from black ginseng prepared by steaming-drying cycles. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 40:156-162.

Kim KY, Shin JK, Lee SW, Yoon SR, Chung HS, Jeong YJ, Choi MS, Lee CM, Moon KD and Kwon JH. (2007). Quality and functional properties of red ginseng prepared with different steaming time and drying methods. *Korean Journal of Food Science and Technology*. 39:494-499.

Kim SI, Baek NI, Kim DS, Lee YH, Kang KS and Park JD. (1991). Preparation of a 20(R)-Ginsenoside Rh₂ and the 20(S) epimer from protopanaxadiol saponins of *Panax ginseng* C. A. Meyer. *Yakhak Hoeji*. 35:432-437.

Lee JK, Jeong JH and Lim JK. (2011). Quality characteristics of *Topokki Garaedduk* added with ginseng powder. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 40:426-434.

Lee SE, Lee SU, Bang JK, Yu YJ and Seong NS. (2004). Antioxidant activities of leaf, stem and root of *Panax ginseng* C. A. Meyer. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 12:237-242.

Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(MAFRA). (2018). 2017 ginseng statistics. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Sejong, Korea. p.39.

Nam KY. (2005). The comparative understanding between red ginseng and white ginsengs, processed ginsengs(*Panax ginseng*

- C. A. Meyer). *Journal of Ginseng Research*. 29:1-18.
- National Institute of Agricultural Sciences and Technology (NIAST)**. (2012). Use of agricultural products processing. National Institute of Agricultural Sciences and Technology. Suwon, Korea. p.1017-1019.
- Oh MH, Park YS, Lee H, Kim NY, Jang YB, Park JH, Kwak JY, Park YS, Park JD and Pyo MK**. (2016). Comparison of physicochemical properties and malonyl ginsenoside contents between white and red ginseng. *Korean Journal of Pharmacognosy*. 47:84-91.
- Park JD, Wee JJ, Kim YS, Kim SK and Park KH**. (1996). A comparative biological study of the rhizome and main root from red and white ginsengs. *Korean Journal of Ginseng Science* 20:256-261.
- Rural Development Administration(RDA)**. (2014). Ginseng. Rural Development Administration. Eumseong, Korea. p.264.
- Song MR, Kim MR, Kim HH, Chu S and Lee KS**. (2010). Quality characteristics of ginseng jung kwa obtained by different sugar treatments. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 39:999-1004.
- Woo KS, Ko JY, Kim HY, Lee YH and Jeong HS**. (2013). Changes in quality characteristics and chemical components of sweet potatoes cultivated using different methods. *Korean Journal of Food Science and Technology*. 45:305-311.
- Yoon SR, Lee MH, Park JH, Lee IS, Kwon JH and Lee GD**. (2005). Changes in physicochemical compounds with heating treatment of ginseng. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 34:1572-1578.
- Yu J, Suh SJ, Jang IB, Jang IB, Moon JW, Kwon KB and Lee SW**. (2018). Influence of sodium concentrations on growth, physiological disorder symptoms, and bed soil chemical properties of 2-year-old ginseng. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 26:240-247.
- Yun TK, Lee YS, Lee YH and Yun HY**. (2001). Cancer chemopreventive compounds of red ginseng produced from *Panax ginseng* C. A. Meyer. *Journal of Ginseng Research*. 25:107-111.