

## 증포 처리한 삼채 뿌리의 이화학적 특성 및 항산화 활성

전현일<sup>1</sup> · 장하나<sup>1</sup> · 양재현<sup>2</sup> · 송근섭<sup>1</sup> · 김영수<sup>1</sup>

<sup>1</sup>전북대학교 식품공학과

<sup>2</sup>전북대학교 헬스케어사업단

## Physicochemical Properties and Antioxidant Activities of Steam-Dried *Allium hookeri* Root

Hyun-Il Jun<sup>1</sup>, Ha-Na Jang<sup>1</sup>, Jae-Heon Yang<sup>2</sup>, Geun-Seoup Song<sup>1</sup>, and Young-Soo Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Science and Technology and <sup>2</sup>Center for Healthcare Technology  
Development, Chonbuk National University

**ABSTRACT** This study was carried out to investigate the effect of steam-drying method on physicochemical properties and antioxidant activities of *Allium hookeri* root (AHR). Moisture, crude protein, crude fat, and crude ash contents of raw and steam-dried AHRs were 10.91~14.15%, 11.14~13.49%, 0.83~3.02%, and 7.55~8.98%, respectively. Sulfur contents of steam-dried AHRs were 2.0 and 2.2 times lower than that of raw AHR (0.51%), respectively. pH and total sugar contents of AHRs were reduced by steam-drying, whereas titrate acidity and browning intensity were increased. The L and b values of AHRs in Hunter's value were also reduced, but a value was increased by steam-drying. Among hot water extracts from raw and steam-dried AHRs, four times steam-drying showed the lowest EC<sub>50</sub> values (0.44, 9.01, and 0.48 mg/mL, respectively) in DPPH radical assay, ABTS radical assay, and reducing power, whereas four times steam-drying had the highest total phenolic content (34.47 µg/mg) and browning intensity (2.05 and 0.20 at 280 and 420 nm, respectively). The antioxidant activities of hot water extracts from raw and steam-dried AHRs were closely correlated with their total phenolic contents and browning intensity, showing coefficient of determination ( $R^2$ ) values higher than 0.87. From the results, we suggest that steam-drying method could be used as an effective process for increasing the antioxidant activity of AHR.

**Key words:** steam-drying, *Allium hookeri* root, hot water extracts, physicochemical properties, antioxidant activities

## 서 론

최근 소득 수준의 향상 및 건강에 관한 관심이 증가되면서 천연에서 유래한 건강기능식품에 대한 수요가 증가되어 국내 건강기능식품 산업의 생산실적도 2004년 2,500억 원에서 2012년 1조 4천억 원으로 크게 확대되었다(1). 그러나 건강기능식품 산업의 큰 성장에도 불구하고 건강기능식품 소재 대부분을 해외에서 수입하고 있어 국내에서 수급 가능한 새로운 소재 확보가 필요한 상황이다. 이러한 관점에서 항산화와 항균 활성이 우수하다고 알려진 파속 식물(*Allium species*)은 좋은 천연 소재로 판단된다(2,3).

삼채(*Allium hookeri*)는 해발 1,400~4,200 m의 고랭지에서 자생하는 식물로 주 원산지는 미얀마, 중국, 인도, 스리랑카 등의 동아시아이며 현지에서는 식용과 약용으로 사용

되고 있다. 국내에서는 형태가 부추와 닮아 뿌리부추 또는 단맛, 쓴맛, 매운맛을 가지고 있다하여 삼채라고 부르고 있다. 특히 삼채 뿌리는 인삼 맛이 난다고 하여 삼채라고 불리기도 한다(1). 삼채 뿌리는 무침, 탕, 전, 짬 등과 같은 각종 요리의 맛을 내는 부재료로 이용하고 있으며 최근에 함황화합물과 페놀성 화합물 함량이 높은 기능성 채소로 알려지면서 재배면적과 생산량이 점차 증가되고 있다(4~6). 이와 관련된 삼채 뿌리 연구로는 생 삼채 뿌리와 건조 삼채 뿌리 분말을 첨가한 김치의 품질 특성 및 관능성 증가에 관한 연구를 비롯하여 건조 삼채 분말을 첨가한 식빵의 관능성, 항산화 및 항균 활성 증가에 관한 연구 등이 있다(4,7,8).

한편 건강기능성 식품산업에서 관심을 갖고 있는 것 중의 하나는 건강기능성 소재의 유효성분을 증가시킬 수 있는 가공방법을 활용하는 것이다. 예를 들어 인삼을 증포 처리한 홍삼과 유산균으로 발효한 발효홍삼 등이 대표적이다. 인삼은 가공방법에 따라 수삼, 백삼, 홍삼 및 흑삼으로 구분되며, 증포 처리로 제조된 가공인삼은 저장기간이 낮은 수삼의 이화학적 및 효소적 특성을 변화시켜 저장기간을 증가시켜 줄 뿐만 아니라 백삼이나 수삼에 존재하지 않았던 페놀성 화합

Received 25 November 2014; Accepted 13 December 2014  
Corresponding author: Young-Soo Kim, Department of Food Science and Technology, Chonbuk National University, Jeonju, Jeonbuk 561-756, Korea  
E-mail: ykim@jbnu.ac.kr, Phone: +82-63-270-2569

물, 갈변물질, 말톨, 산성다당체, 진세노사이드 등의 새로운 유용성분을 생성하거나 증가시켜 항산화, 항암, 항당뇨 등에 탁월한 효능을 갖게 하는 것으로 알려져 있다(9-11). 그러나 삼채 가공방법에 대한 연구는 현재까지 전무한 상태이다.

이와 같은 증포 처리는 인삼과 유사한 형태와 맛을 갖고 있는 삼채 뿌리의 저장성과 항산화 활성을 증가시키기 위한 효과적인 방법으로 충분히 적용 가능할 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 삼채의 식품가공원료 소재 다각화 및 항산화 활성 증가 방법의 기초자료를 얻기 위하여 삼채에 증포 횟수를 달리 처리한 후 이들의 이화학적 특성과 항산화 활성을 비교 분석하였다.

## 재료 및 방법

### 재료 및 시약

본 연구에 사용한 삼채(*Allium hookeri*)는 전북 순창지역에서 2014년에 재배된 것으로 줄기와 뿌리를 절단한 후 뿌리만 열풍건조(70°C, 12시간)하여 사용하였다. Pyrogallol, gallic acid, DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), ABTS (2,2-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid), BHT(butylated hydroxytoluene), ascorbic acid 등은 Sigma-Aldrich Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였으며 그 밖의 시약들은 analytical grade를 구입하여 사용하였다.

### 증포 처리 및 열수 추출물 제조

건조한 생 삼채 뿌리 300 g을 상압 증자기(HD-300, Hyundaetotal Co. Ltd., Gimpo, Korea)에 넣고 증자(100 °C, 4시간)한 다음, 열풍건조(60°C, 8시간)하는 과정을 2회 반복한 2중2포와 4회 반복한 4중4포로 처리하였다. 증포 처리가 완료된 삼채 뿌리는 다시 송풍건조(30°C, 24시간)하여 완제품으로 하였다. 생 삼채 뿌리와 증포 삼채 뿌리는 제분(single type stainless roller, Shinpoong Eng. Ltd., Gwangju, Korea)한 후에 표준망체(250 µm, Daihan Scientific Co. Ltd., Seoul, Korea)로 체질하여 -20°C에서 보관하면서 분석시료로 사용하였다.

열수 추출물 제조는 삼채 분말 100 g에 증류수 1,000 mL를 첨가하여 가열(95°C, 4시간)한 후에 원심분리(5,000 rpm, 10 min) 및 여과(Whatman No. 4, GE Healthcare Bio-Sciences AB, Uppsala, Sweden)하는 과정을 3회 반복하여 얻었다. 이렇게 얻어진 여액을 모아서 동결건조 한 후 -20°C에 보관하면서 열수 추출물의 분석시료로 사용하였다.

### 일반성분 및 원소성분 측정

일반성분 함량은 AOAC(12) 방법을 이용하여 수분은 상압가열건조법, 조회분은 직접화학법, 조지방은 Soxhlet법, 조단백은 Micro-Kjeldahl법으로 측정하였으며, 원소성분

은 Elemental analyzer(Flash 2000, Therm Fisher, Milan, Italy)를 사용하여 질소, 탄소, 수소 및 황을 측정하였다.

### 이화학적 특성 측정

분말시료 10 g에 증류수 100 mL를 첨가하여 균질화시킨 후에 원심분리(5,000 rpm, 10분) 및 여과(Whatman No. 4, GE Healthcare Bio-Sciences AB)하여 얻은 용액을 이용하여 pH, 적정산도, 갈색도 및 총당을 측정하였다.

pH는 pH meter(SevenMulti, Mettler Toledo GmbH, Giessen, Germany)를 사용하여 측정하였으며, 적정산도는 상등액 30 mL에 0.1 N NaOH를 첨가하여 pH 8.3에 도달할 때까지 소모된 양으로 산출하였다.

총당과 갈변도는 DuBois 등(13)의 방법을 변형하여 측정하였다. 총당은 시료 1 mL에 5% phenol 1 mL와 95% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5 mL를 순차적으로 첨가하여 실온에서 20분간 방치한 후 분광광도계(UV-1650PC, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 사용하여 490 nm에서 흡광도를 측정하였고 표준물질로는 glucose를 사용하였다. 갈변도는 280 nm와 420 nm에서 흡광도를 측정하였고 대조구로는 증류수를 사용하였다.

색도는 색차계(SP-80, Tokyo Denshoku, Tokyo, Japan)를 사용하여 분밀화한 시료의 L(명도), a(적색도), b(황색도) 값을 측정하였다.

### 항산화 활성 측정

DPPH radical assay는 Kano 등(14)의 방법을 변형하여 측정하였다. 열수 추출물 1.5 mL에 100 µM DPPH 용액 1.5 mL를 첨가하여 암소에서 30분간 반응시킨 후에 515 nm에서 흡광도를 측정하였으며 대조구로는 ascorbic acid를 사용하였다. DPPH radical의 흡광도를 50% 감소시키는 데 필요한 시료의 농도(the half maximal effective concentration, EC<sub>50</sub>, µg/mL)는 다음의 식에 의하여 얻어진 결과에서 산출하여 나타내었다.

$$\text{DPPH radical scavenging activity (\%)} = \frac{\text{Absorbance}_{\text{control}} - \text{Absorbance}_{\text{sample}}}{\text{Absorbance}_{\text{control}}} \times 100$$

ABTS radical assay는 Re 등(15)의 방법을 이용하여 측정하였다. 열수 추출물 30 µL에 ABTS radical 용액 3 mL를 첨가하여 암소에서 6분간 반응시킨 후에 734 nm에서 흡광도를 측정하였으며 대조구로는 BHT를 사용하였다. ABTS radical의 흡광도를 50% 감소시키는 데 필요한 시료의 농도(EC<sub>50</sub>, µg/mL)는 다음의 식에 의하여 얻어진 결과에서 산출하여 나타내었다.

$$\text{ABTS radical cation scavenging activity (\%)} = \frac{\text{Absorbance}_{\text{control}} - \text{Absorbance}_{\text{sample}}}{\text{Absorbance}_{\text{control}}} \times 100$$

SOD like activity는 Li(16)의 방법을 이용하여 측정하였다. 열수 추출물 300 µL에 1 mM EDTA를 함유한 50 mM

tris-HCl buffer(pH 7.4, 37°C) 2,650 μL와 1 mM HCl에 녹인 60 mM pyrogallol 50 μL를 첨가하여 5분간 반응시킨 후에 325 nm에서 흡광도를 측정하였으며 대조구로는 ascorbic acid를 사용하였다. Pyrogallol의 흡광도를 50% 감소시키는 데 필요한 시료의 농도(EC<sub>50</sub>, μg/mL)는 다음의 식에 의하여 얻어진 결과에서 산출하여 나타내었다.

SOD like activity (%)=

$$\frac{\text{Absorbance}_{\text{control}} - \text{Absorbance}_{\text{sample}}}{\text{Absorbance}_{\text{control}}} \times 100$$

Reducing power는 Oyaizu(17)의 방법을 이용하였다. 열수 추출물 1 mL에 0.2M phosphate buffer(pH 6.6) 2.5 mL와 1% K<sub>2</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> 2.5 mL를 첨가하여 50°C에서 20분간 반응시켰다. 이 반응액에 10% trichloroacetic acid 2.5 mL를 첨가하여 원심분리(3,500 rpm, 10분) 한 후에 상등액을 취하였다. 이 상등액 5 mL에 중류수 5 mL와 0.1% FeCl<sub>3</sub> 1 mL를 첨가하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였으며 대조구로는 ascorbic acid를 사용하였다. Reducing power는 시료액 첨가구와 무첨가구의 흡광도의 차이로 나타내었으며 반응액의 흡광도가 0.5가 되는 데 필요한 시료의 농도(EC<sub>50</sub>, μg/mL)는 얻어진 결과에서 산출하여 나타내었다.

### 총 페놀성 화합물 측정

총 페놀성 화합물 함량(total phenolic content, TPC)은 ISO 14502-1(18)의 방법을 이용하여 측정하였다. 열수 추출물 1 mL에 10% Folin-ciocalteu's phenol reagent 5 mL를 첨가하여 3분간 반응시킨 후에 7.5% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 4 mL를 첨가하였다. 이 반응액을 암소에서 반응(23°C, 1시간)시킨 후에 765 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 추출물의 총 페놀성 화합물 함량은 gallic acid를 표준물질로 하여 추출물 mg당 μg gallic acid로 나타내었다.

### 통계분석

수율을 제외한 각 실험은 3회 반복 실험하여 얻은 결과를 SAS 통계 프로그램(Ver. 9.1, SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하여 평균과 표준편차로 나타내었다. 각 시료 간의 유의성은 *P*<0.05 수준에서 one way ANOVA로 분산

분석한 후에 Duncan's multiple range test로 비교하였으며, 총 페놀성 화합물과 갈변물질 같은 항산화 성분과 항산화 활성의 연관성을 Pearson 상관분석을 이용한 단순 회귀분석(simple regression analysis)을 실시하여 비교하였다.

## 결과 및 고찰

### 일반성분 및 원소성분

생(control) 및 증포 삼채 뿌리의 일반성분 및 원소성분 결과는 Table 1과 같다. 생 및 증포 삼채 뿌리의 수분, 조단백질, 조지방 및 조회분 함량은 각각 10.91~14.15%, 11.14~13.49%, 0.83~3.02% 및 7.55~8.98%였으며, 특히 조단백질이 조지방과 조회분보다 각각 4.5~13.4배와 1.4~1.5배 높게 나타났다. 이는 삼채 뿌리의 조단백질 함량이 조지방과 조회분보다 각각 3.1~8.9배와 1.3~2.7배 높았다는 기준에 보고된 결과와 유사한 경향을 보였다(4,6). 한편 증포 횟수가 2회에서 4회로 증가함에 따라 조지방과 조회분 함량만이 각각 1.0%와 0.6% 증가하여 증포 횟수에 따른 유의적 차이를 나타내었다.

생 및 증포 삼채 뿌리의 원소성분은 탄소 37.23~38.34%, 수소 5.81~6.58%, 질소 1.36~1.54% 및 황 0.24~0.51% 순이었다. 증포 처리한 삼채 뿌리의 황 함량은 생 삼채 뿌리에 비해 각각 2.0배와 2.1배 감소하였으나 증포 횟수에 따른 유의적 차이는 나타나지 않았다. 특히 황 함량은 기준에 보고된 생 삼채 뿌리의 황 함량(0.7%)에 비해 낮게 나타났는데 이는 생 삼채 뿌리의 건조와 증포 처리 중에 적용되는 가열 처리로 인하여 삼채 뿌리에 함유된 휘발성 황이 감소된 것으로 판단된다(5).

### 이화학적 특성

생 및 증포 삼채 뿌리의 외형 및 이화학적 특성 결과는 Fig. 1 및 Table 2와 같다. 생 및 증포 삼채 뿌리의 pH, 적정산도, 총당 함량 및 280과 420 nm에서의 갈변도는 각각 3.79~5.45, 0.07~0.12%, 2.49~3.59% 및 0.19~0.94와 0.01~0.12를 나타내었으며, 증포 처리에 의해서 pH와 총당 함량은 감소하였으나 적정산도와 갈변도는 증가하였다. 이

**Table 1.** Proximate and elemental composition of steam-dried *Allium hookeri* roots

Components		Steam drying times		
		Control	2	4
Proximate composition (%)	Moisture	10.91±0.41 <sup>b1)2)</sup>	14.15±0.76 <sup>a</sup>	13.43±0.61 <sup>a</sup>
	Crude protein	11.14±0.05 <sup>b</sup>	11.80±0.09 <sup>ab</sup>	13.49±0.06 <sup>a</sup>
	Crude fat	0.83±0.03 <sup>c</sup>	2.00±0.08 <sup>b</sup>	3.02±0.32 <sup>a</sup>
	Crude ash	7.55±0.06 <sup>c</sup>	8.35±0.04 <sup>b</sup>	8.98±0.36 <sup>a</sup>
Elemental composition (%)	Nitrogen	1.54±0.11 <sup>a</sup>	1.36±0.22 <sup>a</sup>	1.45±0.28 <sup>a</sup>
	Carbon	37.23±0.87 <sup>a</sup>	38.34±1.79 <sup>a</sup>	38.10±0.50 <sup>a</sup>
	Hydrogen	5.81±0.23 <sup>b</sup>	6.58±0.58 <sup>a</sup>	6.63±0.06 <sup>a</sup>
	Sulphur	0.51±0.07 <sup>a</sup>	0.26±0.01 <sup>b</sup>	0.24±0.04 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Values represent mean±SD (n=3).

<sup>2)</sup>Means with different letters (a-c) in the same row are significantly different according to Duncan's multiple range test (*P*<0.05).



**Fig. 1.** Pictures of steam-dried *Allium hookeri* roots. A, control; B, steam drying (2 times); C, steam drying (4 times).

**Table 2.** Physicochemical properties of steam-dried *Allium hookeri* roots

Components		Steam drying times		
		Control	2	4
pH		5.45±0.01 <sup>a1)2)</sup>	4.29±0.01 <sup>b</sup>	3.79±0.03 <sup>c</sup>
Titrate acidity (%)		0.07±0.00 <sup>b</sup>	0.10±0.00 <sup>b</sup>	0.12±0.01 <sup>a</sup>
Total sugar (%)		3.59±0.00 <sup>a</sup>	2.82±0.00 <sup>b</sup>	2.49±0.02 <sup>c</sup>
Browning intensity	280 nm	0.19±0.00 <sup>c</sup>	0.67±0.01 <sup>b</sup>	0.94±0.00 <sup>a</sup>
	420 nm	0.01±0.00 <sup>c</sup>	0.08±0.00 <sup>b</sup>	0.12±0.00 <sup>a</sup>
Hunter's value	L	57.60±0.02 <sup>a</sup>	26.60±0.16 <sup>b</sup>	23.45±0.07 <sup>c</sup>
	a	2.39±0.03 <sup>c</sup>	6.03±0.07 <sup>a</sup>	5.71±0.05 <sup>b</sup>
	b	16.75±0.06 <sup>a</sup>	9.98±0.07 <sup>b</sup>	8.52±0.02 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>Values represent mean±SD (n=3).

<sup>2)</sup>Means with different letters (a-c) in the same row are significantly different according to Duncan's multiple range test ( $P<0.05$ ).

와 같은 이화학적 특성 변화는 식물에 존재하는 당과 유리아미노산이 열처리 과정 중에 반응하여 생성되는 유기산과 갈변물질의 증가(Maillard와 Caramelization 반응)로 pH, 당 및 유리아미노산 함량은 감소되지만 적정산도와 갈색도는 증가하기 때문이다(19). 특히 증포 횟수가 증가함에 따라 pH와 총당은 각각 1.1배 감소하였으나 적정산도는 1.2배 증가하는 것으로 나타났다. 반면에 갈변도(280 nm와 420 nm)는 증포 횟수가 증가함에 따라 각각 1.4배와 1.5배 증가하여 증포 횟수뿐만 아니라 측정 파장에 따라서도 차이를 나타내었다.

색도는 L 값이 23.45~57.60, a 값이 2.39~6.03, b 값이 8.52~16.75를 나타내어 증포 처리에 의해서 L과 b 값은 감소하였으나 a 값은 증가하여 전체적인 색상이 갈색 또는

흑갈색으로 어두워져 갈변도가 증가한다는 결과를 뒷받침하였다. 이는 증포 횟수에 따른 인삼의 색도 비교에서 증포하지 않은 백삼이 9회 증포한 홍삼이 될 때까지 증포가 진행될수록 L과 b 값은 감소하였으나 a 값은 증가하였다고 보고한 Nam 등(20)의 결과와 유사하였다.

### 열수 추출물의 항산화 활성

생 및 증포 삼채 뿌리의 항산화 활성을 조사하기 위하여 제조한 열수 추출물의 수율은 47.9~59.1%였으며 증포 2회에서 가장 높은 59.1%를 나타내었다(Table 3).

생 및 증포 삼채 뿌리 열수 추출물을 0.01~25 mg/mL의 농도로 조제하여 DPPH radical assay, ABTS radical assay, SOD like activity 및 reducing power에 관한 항산화

**Table 3.** Yields and EC<sub>50</sub> values of hot water extract from steam-dried *Allium hookeri* roots

Components		EC <sub>50</sub> <sup>1)</sup> value (mg/mL) of hot water extract by steam drying times		
		Comparison <sup>2)</sup>	Control	2
Yield (%)		—	58.5	59.1
Antioxidant activity	DPPH radical assay	0.02±0.00 <sup>d3)4)</sup>	1.85±0.08 <sup>a</sup>	0.53±0.08 <sup>b</sup>
	ABTS radical assay	0.76±0.01 <sup>d</sup>	20.49±0.87 <sup>a</sup>	10.86±1.94 <sup>b</sup>
	SOD like activity	0.01±0.00 <sup>d</sup>	5.42±0.44 <sup>a</sup>	0.19±0.00 <sup>c</sup>
	Reducing power	0.02±0.00 <sup>d</sup>	4.94±0.04 <sup>a</sup>	2.38±0.02 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>EC<sub>50</sub> value is expressed as the effective concentration at which antioxidant activity using DPPH radicals, ABTS radicals, and pyrogallols were scavenged by 50%; absorbance was 0.5 for reducing power.

<sup>2)</sup>Comparison is ascorbic acid for DPPH radical assay, SOD like activity, and reducing power; and butylated hydroxytoluene (BHT) for ABTS radical assay.

<sup>3)</sup>Values represent mean±SD (n=3).

<sup>4)</sup>Means with different letters (a-d) in the same row are significantly different according to Duncan's multiple range test ( $P<0.05$ ).

**Table 4.** Total phenolic contents and browning intensities of hot water extract from steam-dried *Allium hookeri* roots

Steam drying (times)	TPC <sup>1)</sup> ( $\mu\text{g}/\text{mg}$ )	Browning intensity		Regression analysis <sup>2)</sup> for EC <sub>50</sub> <sup>3)</sup> value of each antioxidant activity			
		280 nm	420 nm	DPPH radical assay	ABTS radical assay	SOD like activity	Reducing power
Control	13.79±0.73 <sup>c4)5)</sup>	0.48±0.00 <sup>c</sup>	0.01±0.00 <sup>c</sup>	Y=-0.072X <sub>1</sub> + 2.816, R <sup>2</sup> =0.98	Y=-0.563X <sub>1</sub> + 28.197, R <sup>2</sup> =0.99	Y=-0.265X <sub>1</sub> + 8.928, R <sup>2</sup> =0.95	Y=-0.199X <sub>1</sub> + 7.798, R <sup>2</sup> =0.94
2	30.30±0.80 <sup>b</sup>	1.81±0.01 <sup>b</sup>	0.19±0.01 <sup>b</sup>	Y=-0.932X <sub>2</sub> + 2.291, R <sup>2</sup> =0.99	Y=-7.285X <sub>2</sub> + 24.024, R <sup>2</sup> =0.99	Y=-3.455X <sub>2</sub> + 7.012, R <sup>2</sup> =0.97	Y=-2.533X <sub>2</sub> + 6.273, R <sup>2</sup> =0.92
4	34.47±1.17 <sup>a</sup>	2.05±0.03 <sup>a</sup>	0.20±0.00 <sup>a</sup>	Y=-7.430X <sub>3</sub> + 1.928, R <sup>2</sup> =0.95	Y=-57.689X <sub>3</sub> + 21.135, R <sup>2</sup> =0.99	Y=-27.725X <sub>3</sub> + 5.691, R <sup>2</sup> =0.99	Y=-19.629X <sub>3</sub> + 5.212, R <sup>2</sup> =0.87

<sup>1)</sup>TPC (total phenolic content) expresses as  $\mu\text{g}$  gallic acid equivalent per mg of hot water extract from *Allium hookeri* root prepared by steam-dried treatment.

<sup>2)</sup>X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub>, X<sub>3</sub>, Y, and R<sup>2</sup> are TPC, browning intensity at 280 nm, browning intensity at 420 nm, each antioxidant activity, and coefficient of determination, respectively.

<sup>3)</sup>EC<sub>50</sub> value is expressed as the effective concentration at which antioxidant activity using DPPH radicals, ABTS radicals, and pyrogallols were scavenged by 50%; absorbance was 0.5 for reducing power.

<sup>4)</sup>Values represent mean±SD (n=3).

<sup>5)</sup>Means with different letters (a-c) in the same column are significantly different according to Duncan's multiple range test ( $P<0.05$ ).

활성을 EC<sub>50</sub> 값으로 산출한 결과(Table 3) DPPH radical assay는 0.44~1.85 mg/mL, ABTS radical assay는 9.01~20.49 mg/mL, SOD like activity는 0.19~5.42 mg/mL 및 reducing power는 0.48~4.94 mg/mL로 측정방법에 따라서 차이가 나타났으며, 증포 처리에 의해서 생 삼채 뿌리의 EC<sub>50</sub> 값이 감소되었다. 특히 각 열수 추출물의 EC<sub>50</sub> 값은 비교구로 사용된 ascorbic acid와 BHT에 비해 높게 나타났다. 이는 열수 추출물이 아직 정제되지 않은 조추출물 상태이기 때문에 판단되며, 이들의 전반적인 항산화 활성을 다른 천연물에 비해 낮지 않을 뿐만 아니라 식품의 기능성을 강화시키기 위해 손쉽게 첨가할 수 있는 장점이 있어 그 활용도는 높을 것으로 판단된다(21). 또한 증포 횟수가 2회에서 4회로 증가할수록 생 삼채 뿌리에 비해 DPPH radical assay의 EC<sub>50</sub> 값이 각각 3.5배와 4.2배, ABTS radical assay의 EC<sub>50</sub> 값이 각각 1.9배와 2.3배, reducing power의 EC<sub>50</sub> 값이 각각 2.1배와 10.3배 감소하는 것으로 나타났다. 이는 건지황을 증포한 숙지황 methanol 추출물의 DPPH radical assay와 hydroxy radical assay의 EC<sub>50</sub> 값이 증포 횟수가 증가함에 따라 감소하였다는 Lee 등(22)의 결과와 유사하였다.

#### 항산화 성분 및 이들의 항산화 활성의 상관성

생 및 증포 삼채 뿌리 열수 추출물의 총 폐놀성 화합물 함량(TPC)과 갈변물질의 갈변도를 분석하고 이들이 각 항산화 활성에 미치는 영향을 회귀 분석을 통하여 분석한 결과는 Table 4와 같다. 생 및 증포 삼채 뿌리 열수 추출물의 TPC는 13.79~34.47  $\mu\text{g}/\text{mg}$ 으로 나타났으며, 증포 횟수가 증가할수록 생 삼채 뿌리에 비해 각각 2.2배와 2.5배 증가하였다. 증포 삼채 뿌리의 TPC 증가는 증자 과정 중에 식물 세포벽 내부로 유입된 증기가 건조 과정 중에 외부로 배출되는 반복적인 물리적 현상으로 인하여 세포벽과 결합된 TPC의 결합력이 약화되어 추출 용매에 쉽게 침출되는 유리형

TPC로 전환되었기 때문으로 판단된다(9,10). Lee 등(22)과 Jin 등(23)은 숙지황과 수삼에 증포 처리를 한 결과 9회 증포한 숙지황 methanol 추출물이 1회 증포한 숙지황 methanol 추출물보다 TPC가 높았을 뿐만 아니라 홍삼 80% methanol 추출물이 수삼 80% methanol 추출물보다 TPC가 증가했다고 보고하여 본 연구의 결과와 유사한 경향을 보였다.

생 및 증포 삼채 뿌리 열수 추출물의 갈변도는 측정 과정에 관계없이 증포 처리에 의해서 증가하여 TPC와 유사한 경향을 보였으며, 증포 횟수가 증가할수록 생 삼채 뿌리에 비해 280 nm에서 각각 3.8배와 4.3배, 420 nm에서 각각 19.0배와 20.0배 증가하였다. 이는 홍삼 열수 추출물의 갈변도가 추출온도(75°C와 85°C)와 추출시간(6~18시간)이 증가할수록 증가한다는 결과(24)와 유사한 경향이었다. 한편 열수 추출물의 갈변도는 분말에서 측정된 갈변도와 유사하거나 높게 나타났으며, 또한 열수 추출물의 높은 수율과 낮은 TPC 함량을 고려해 볼 때 열수 추출물의 상당량이 항산화 활성을 갖는 수용성 갈변물질일 것으로 판단된다(9,21).

열수 추출물에 함유된 항산화 성분과 각 항산화 활성 EC<sub>50</sub> 값의 상관성을 살펴본 결과(Table 4), TPC의 결정계수(coefficient of determination, R<sup>2</sup>) 값은 0.94~0.99를 나타내었으며, 갈변도의 R<sup>2</sup> 값은 280 nm에서는 0.92~0.99, 420 nm에서는 0.87~0.99를 나타내어 TPC와 갈변도는 각 항산화 활성과 강한 상관성을 내었다. 한편 회귀분석에서 얻은 기울기(항산화 활성의 능력을 의미) 값을 비교해 보면 TPC와 갈변도(280 nm와 420 nm)는 DPPH radical assay에서 -0.072, -0.932 및 -7.430으로 ABTS radical assay, SOD like activity 및 reducing power보다 낮게 나타났다. 따라서 열수 추출물은 ABTS radicals과 pyrogallols의 소거나 ferrous ions의 환원보다 DPPH radicals의 소거에 효과적인 것으로 나타났으며, 이와 같은 결과는 항산화 성분의 종류와 특성에 따라 radical의 소거 및 금속이온의 환원력이

달라지기 때문으로 해석된다(21). 결과적으로 삼채 뿌리를 대상으로 한 증포 처리는 삼채 뿌리 내의 TPC와 갈변물질의 함량을 증가시켜 항산화 활성이 증가된 것으로 판단된다.

## 요 약

증포 처리가 삼채 뿌리의 품질 특성 및 항산화 활성에 미치는 영향을 조사하였다. 증포 처리한 삼채 뿌리는 생 삼채 뿌리보다 황 함량이 각각 2.0배와 2.1배 감소하였다. pH와 총당은 증포 처리에 의해 감소하였으나 적정산도와 갈변도는 증가하였다. 색도의 경우 L과 b 값은 감소하였으나 a 값은 증가하였다. 열수 추출물의 항산화 활성은 증포 4회가 DPPH radical assay, ABTS radical assay 및 reducing power에서 EC<sub>50</sub> 값이 각각 0.44 mg/mL, 9.01 mg/mL 및 0.48 mg/mL로 가장 낮게 나타났으나 TPC(34.47 µg/mg) 와 갈변도(2.05 at 280 nm와 0.20 at 420 nm)는 가장 높게 나타났다. 이들 성분과 각 항산화 활성에 대한 EC<sub>50</sub> 값의 R<sup>2</sup>는 0.87 이상의 높은 값을 나타내었다. 결과적으로 증포 처리는 삼채 뿌리의 항산화 활성을 증가시키는 데 효과적인 가공 방법으로 판단된다.

## 감사의 글

본 논문은 2014년 농촌진흥청 “2014년 국가농업 R&D 연구개발사업(PJ010490)” 지원에 의해 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

## REFERENCES

- Son CG. 2014. Progress of functional food in Korea and strategy of Korean medicine. *J Korean Med* 35: 68-74.
- Kim HJ, Chun HS. 1999. Biological functions of organo-sulfur compounds in *Allium* vegetables. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 1412-1423.
- Kim KH, Kim HJ, Byun MW, Yook HS. 2012. Antioxidant and antimicrobial activities of ethanol extract from six vegetables containing different sulfur compounds. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 577-583.
- You BR, Kim E, Jang JY, Choi HJ, Kim HJ. 2013. Quality characteristics of kimchi with *Allium hookeri* root powder added. *Korean J Food Preserv* 20: 863-870.
- You BR, Kim HJ. 2013. Quality characteristics of Kimchi added with *Allium hookeri* root. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 1649-1655.
- Bae GC, Bae DY. 2012. The anti-inflammatory effects of ethanol extract of *Allium hookeri* cultivated in South Korea. *Kor J Herbology* 27: 55-61.
- Won JY, Yoo YC, Kang EJ, Yang H, Kim GH, Seong BJ, Kim SI, Han SH, Lee SS, Lee KS. 2013. Chemical components, DPPH radical scavenging activity and inhibitory effects on nitric oxide production in *Allium hookeri* cultivated under open field and greenhouse conditions. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 1351-1356.
- Lee HJ, Baik JE, Joo NM. 2014. Quality characteristics and storage stability of bread with *Allium hookeri* powder. *Korean J Food & Nutr* 27: 318-329.
- Jeong HC, Hong HD, Kim YC, Rho JH, Kim KT, Cho CW. 2012. The research trend of ginseng processing technology and the status of ginseng industry. *Food Science and Industry* 45(4): 59-67.
- Kim S, Na Y, Lee J, Cho W. 2014. Control of steaming process for the production of high quality red ginseng. *Korean Chem Eng Res* 52: 587-591.
- Kang BH, Lee KJ, Hur SS, Lee DS, Lee SH, Shin KS, Lee JM. 2013. Ginsenoside derivatives and quality characteristics of fermented ginseng using lactic acid bacteria. *Korean J Food Preserv* 20: 573-582.
- AOAC. 1980. *Official methods of analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. p 1121-1180.
- DuBois M, Gilles KA, Hamilton JK, Rebers PA, Smith F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *J Anal Chem* 28: 350-356.
- Kano M, Takayanagi T, Harada K, Makino K, Ishikawa F. 2005. Antioxidative activity of anthocyanins from purple sweet potato, *Ipomoera batatas* cultivar Ayamurasaki. *Biosci Biotechnol Biochem* 69: 979-988.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26: 1231-1237.
- Li X. 2012. Improved pyrogallol autoxidation method: a reliable and cheap superoxide-scavenging assay suitable for all antioxidants. *J Agric Food Chem* 60: 6418-6424.
- Oyaizu M. 1986. Studies on products of browning reaction: antioxidant activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Jpn J Nutr* 44: 307-315.
- ISO 14502-1:2005. Determination of substances characteristic of green and black tea. Part 1: Content of total polyphenols in tea – colorimetric method using Folin-Ciocalteu reagent.
- Lerttitikitul W, Benjakul S, Tanaka M. 2007. Characteristics and antioxidative activity of Maillard reaction products from a porcine plasma protein-glucose model system as influenced by pH. *Food Chem* 100: 669-677.
- 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 Sci* 20: 27-35.
- Jun HI, Park SY, Jeong DY, Song GS, Kim YS. 2014. Quality properties of yogurt added with hot water concentrates from *Allium hookeri* root. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43: 1415-1422.
- Lee JW, Kim NY, Oh HL, Lee KJ, Yang KH, Doh ES, Kim MR. 2011. Antioxidant activity of *Rehmanniae Radix* Preparata prepared from dried root through steaming-drying cycles. *J East Asian Soc Dietary Life* 21: 838-843.
- Jin Y, Kim YJ, Jeon JN, Wang C, Min JW, Jung SY, Yang DC. 2012. Changes of ginsenosides and physicochemical properties in ginseng by new 9 repetitive steaming and drying process. *Korean J Plant Res* 25: 473-481.
- Lee GS, Nam KY, Choi JE. 2013. Ginsenoside composition and quality characteristics of red ginseng extracts prepared with different extracting methods. *Korean J Medicinal Crop Sci* 21: 276-281.