

## 구증구포 처리 대두 추출물의 항산화 활성 및 Angiotensin- I Converting Enzyme 저해 효과

김현영 · 서혜영\* · 서우덕 · 이미자 · 최만수 · \*함현미

농촌진흥청 국립식량과학원 작물기초기반과 농업연구사, \*농촌진흥청 국립식량과학원 작물기초기반과 연구원

### Effect on Angiotensin- I Converting Enzyme Inhibition and Antioxidant Activities of Soybean (*Glycine max* L.) following Steaming and Drying Nine Times

Hyun Young Kim, Hye-Young Seo\*, Woo Duck Seo, Mi Ja Lee, Man-Soo Choi and \*Hyeonmi Ham

Junior Researcher, Division of Crop Foundation, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

\*Research Assistant, Division of Crop Foundation, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

#### Abstract

To increase the functional material content of soybean, a repetitive steaming and drying process was used. We investigated the changes in the total polyphenol content, the antioxidant activity, and the angiotensin- I converting enzyme (ACE) inhibition in soybean following nine rounds of steaming and drying. Soybean was steamed 9 times for 2 h and then dried 9 times from 55°C to 73°C for 3 h. The total polyphenol content in the soybean reached a maximum value of 60.47 mg GAE eq./100 g at 73°C while the total polyphenol content in the raw soybean reached 25.17 mg GAE eq./100 g. In the raw soybean samples, the DPPH radical scavenging activity (5 mg/mL) was 8.04% but it increased by 43.29% after drying 9 times to 73°C. ABTS radical scavenging activity also improved following 9 rounds of steaming and drying. ACE inhibitory activity of the soybean dried 9 times at 73°C was 58.94% at 10 mg/mL. These results showed that steaming and drying soybean 9 times enhanced the antioxidant activity and the ACE inhibitory activity of soybean. Therefore, more research on the biological and anti-hypertensive activity of soybean using this steaming and drying method is necessary.

Key words: soybean (*Glycine max* L.), steaming, drying, antioxidant activities

#### 서 론

예로부터 대두는 주식인 쌀 다음으로 우리나라 국민이 많이 섭취하는 중요한 곡물로서 각종 장류나 음식의 주재료로 사용되어져 오고 있다(Hong 등 2014). 대두는 단백질(35~40%)과 지방(15~20%)의 함량이 높아 영양학적 가치가 우수할 뿐만 아니라, 다양한 생리활성을 가진 기능성 물질들을 함유하고 있어 건강·기능성 식품소재로 기대되고 있다. 대두에는 phyic acid, triterpene, flavonoid, lignan 등 14종 이상의 phytochemical들이 암 예방 및 증식억제에 관여하는 것으로 밝혀졌으며(Caragay AB 1992), 특히 여성호르몬인

estrogen과 유사한 구조의 이소플라본은 갱년기 여성들에게 많은 비만, 골다공증 및 심혈관계질환의 예방효과가 보고되고 있다(Jeon 등 2005). 현재까지 국내에서 대두의 유용성분, 생리활성, 효능평가 등 다양한 연구가 보고되고 있다. 대두와 쥐눈이콩 추출물의 항산화 활성 평가(Hong 등 2014), 유기농 콩 추출물의 항염증 및 항알레르기 효과 연구(Chung 등 2011), 대두 에탄올 추출물의 항병이원성 및 변이원성 검정(Chang 등 2002), 두류 종류별 항돌연변이 및 암세포 증식 억제 효과(Lim SY 2010) 등 다양한 생리활성 소재로서 가능성을 제시한 연구가 보고되고 있다. 또한, 대두를 활용하여 발아(Jeon 등 2005), 로스팅(Lee 등 2014), 발효(Jang &

\* Corresponding author: Hyeonmi Ham, Junior Researcher, Division of Crop Foundation, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea. Tel: +82-63-238-5335, Fax: +82-63-238-5305, E-mail: hamhm@korea.kr

Jeong 2011), 가수분해(Back 등 2010) 등 다양한 방법을 적용 후 유용성분 및 생리활성 변화를 분석하고, 평가함으로써 산업화소재 활용의 기초자료로 제공하고자 한 선행연구들이 있다.

대부분 건강기능식품 제조 시 소재의 유용성분 함량을 증가시키기 위해 발효, 가수분해, 분쇄 및 건조 등 다양한 가공 방법이 사용된다(Jang 등 2015). 또한 유용성분 추출 시 사용되는 추출용매 종류 및 시간, 온도 등 조건에 따라 생리활성 물질의 함량과 활성에 유의적인 영향을 주는 것으로 연구되고 있다(Jun 등 2016). 여러 가공 방법 중 하나인 구증구포(九蒸九曝)는 한약재 수처리법 중 하나로, 9번 찌고 말리는 과정을 반복하여 제조되는 것으로, 인삼의 경우 9증9포 후 흑색을 띠는 인삼을 흑삼이라 표현하고, 가공인삼보다 ginsenoside 종류 및 함량이 높게 나타났다는 보고가 있다(Kim 등 2011). 그러나 대두를 이용하여 구증구포 처리를 하여 항산화 활성 및 생리활성을 평가한 연구는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 9번 찌고 말리는 방법인 구증구포를 통하여 대두가 가진 많은 생리활성물질의 변화를 살펴보고자 총 페놀 함량과 항산화 활성 및 ACE 저해활성을 평가하여 대두의 9증9포 방법이 대두 성분 변화에 미치는 영향을 분석함으로써 식품가공에 활용되는 기초자료를 제공하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험 재료

본 연구에 사용된 대두(*Glycine max* L.)는 농가 재배면적이 대체적으로 넓고, 대표품종으로 알려진 대풍3호로 경남 밀양 소재의 국립식량과학원 남부작물부 시험용 포장에서 2018년도에 생산된 것을 실험재료로 하여 4°C 냉장고에 저장하면서 실험에 사용하였다.

### 2. 증포 처리 방법

대두를 증류수에 18시간 침지 후 200 g을 상압증자기(ST-KS01, Royal Essex, Stoke, England)에 넣고 100°C로 증속한 후, 열풍 건조기(HFD-60000HL, Hanil, Seoul, Korean)를 이용하여 각각 55°C, 63°C, 70°C로 3시간씩, 각각 9회 반복하여 증포하였다. 열풍건조 설정 온도는 기업체 및 제품 개발 시 가장 많이 사용하는 온도로 설정하였다(Kim 등 2011; Jun 등 2016). 모든 처리가 끝난 샘플은 최종적으로 동결건조(FDU-2100, EYELA, Tokyo, Japan)한 다음 분석시료로 사용하였다. 또한 각각 처리한 대두의 형태를 비교하기 위하여 대두의 외관은 대두와 일정한 거리로 유지시킨 다음 카메라를 고정하고, 디지털카메라(HDR-PJ50, Sony,

Tokyo, Japan)로 촬영하였다.

### 3. 메탄올 추출물 제조

메탄올 추출물 제조는 증포처리하지 않은 대두와 각 조건별로 증포 처리한 대두를 실험용 분쇄기(NSG-100 2SS, Hanil, Seoul, Korea)로 분쇄한 후에 분쇄물 2 g에 100% 메탄올 40 mL를 첨가하여 24시간 동안 교반추출한 다음 원심 분리(5,000 rpm, 10 min) 및 여과(Whatman No. 4, GE Healthcare Bio-Sciences AB, Uppsala, Sweden)하는 과정을 3회 반복 추출하였다. 최종 추출용매는 진공회전농축기(N-1000, EYELA, Tokyo, Japan)를 이용하여 농축한 후 동결건조(FDU-2100, EYELA, Tokyo, Japan)하여 추출 후 무게를 측정하여 수율을 측정하였으며, -20°C에 보관하며 활성 분석 시료로 사용하였다.

### 4. 갈변도

증포처리 시료의 갈변도는 Ajandouz 등(2001)의 방법을 변형하여 측정하였다. 증포처리한 분말 시료 10 g에 80% 메탄올 100 mL를 첨가하여 4시간 균질화 시킨 후 여과(Whatman No. 4, GE Healthcare Bio-Sciences AB, Uppsala, Sweden)한 용액을 이용하여 Maillard 반응 중간생성물을 측정하는 280 nm와 Maillard 반응 최종생성물을 측정하는 420 nm에서 흡광도를 측정하였다.

### 5. 폴리페놀 함량 및 항산화 활성 측정

추출물에 대한 총 폴리페놀 함량은 Woo 등(2015)의 방법에 따라 총 폴리페놀 함량은 추출물 10 µL에 2% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액 200 µL를 가한 후 3분간 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 10 µL를 가하였다. 30분 후, 750 nm 파장에서 흡광도를 측정하였고, 표준 물질인 gallic acid(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 사용하여 검량선을 작성하였으며, 시료 g중의 mg gallic acid equivalents(GAE, dry basis)로 나타내었다.

추출물에 대한 항산화 활성은 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 및 ABTS(2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) 라디칼소거 활성을 측정하였다(Woo 등 2015). DPPH 라디칼소거 활성은 0.2 mM DPPH 용액 200 µL에 시료 10 µL를 첨가한 후 30분 후에 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. ABTS 라디칼소거활성은 ABTS 7.4 mM과 potassium persulphate 2.6 mM를 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 200 µL에 추출액 10 µL를 가하여 60분 후에 734 nm에서 흡광도를

측정하였다. DPPH 및 ABTS radical 소거활성은 다음과 같이 샘플 농도 5 mg/mL 시료 첨가 시 흡광도와 시료 비첨가 시 흡광도의 백분율로 표시하였다.

$$\text{Radical scavenging activity (\%)} = \{1 - (\text{Sample OD.}/\text{Control O.D.})\} \times 100$$

## 6. 추출물의 ACE 저해 활성

증포 대두 추출물의 ACE(angiotensin I converting enzyme) 저해활성은 Do 등(2006)의 방법으로 측정하였다. ACE 효소액 80  $\mu$ L(0.2 unit/mL)에 기질인 5 mM Hippuryl-L-His-L-Leu(HHL, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 100  $\mu$ L를 취하여 반응시키고, 가수분해물의 상층액 100  $\mu$ L를 가하여, 37°C에서 30분 동안 반응을 시켰다. 1 N HCl 0.25 mL를 가하여 반응을 정지시키고, ethyl acetate 1.25 mL를 가하여 vortex로 강하게 15초간 교반한 후 상층액 1 mL를 취하여 120°C의 thermo bath(ALB-128, Finepcr, Seoul, Korea)에서 30분간 건조시킨 다음 증류수 1 mL를 가하여 용해시킨 후 228 nm에서 흡광도를 측정하였다.

## 7. 통계분석

각 실험 데이터는 3회 이상 반복 측정하여 평균과 표준편차로 나타내었다. 통계처리는 SPSS(Statistics Package for the Social Science, Ver. 19.0, IBM., Chicago, IL, USA) 프로그램으로 일원배치 분산분석(One way-ANOVA)을 실시하였고, 실험군 간의 유의성 검증은 Duncan의 다중범위검정

으로  $p < 0.05$  수준에서 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 증포처리 대두의 추출수율, 형태변화 및 갈변도

대두의 유용성분 함량을 증진하기 위한 방법으로 홍삼 제조에 많이 이용되는 증포방법을 이용하여 건조 온도에 따른 대두의 추출수율 및 형태적 변화를 살펴보았다. 건조 온도를 각각 55°C, 63°C, 70°C로 처리한 후, 메탄올 추출수율은 Table 1과 같다. 증포 처리하지 않은 대두의 추출수율이 1.65%로 가장 높은 수율을 나타냈으며, 55°C에서 건조처리한 대두의 경우 1.09%, 70°C에서 건조 처리한 대두 메탄올 추출물의 수율은 1.18%로 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

증포처리에 따른 대두의 형태는 Table 2에서 보는 것과 같이 증포 횟수가 증가하거나 건조 온도가 높아질수록 대두













**Table 1. Extraction yield from 9 times repetitive steaming and drying process soybean by methanol**

Sample	Extraction yield (%)
Control	1.65±0.05 <sup>2)</sup>
S-55 <sup>1)</sup>	1.09±0.08
S-63	1.14±0.04
S-70	1.18±0.01

<sup>1)</sup> S-55 is drying temperature 55°C, S-60 is drying temperature 63°C and S-70 is drying temperature 70°C.

<sup>2)</sup> Values are mean±S.D. (n=3).

**Table 2. Changes in shape and color of soybean depending on temperature and number of steaming and drying**

Sample	Control	3rd	6th	9th
S-55 <sup>1)</sup>				
S-63				
S-70				

<sup>1)</sup> S-55 is drying temperature 55°C, S-60 is drying temperature 63°C and S-70 is drying temperature 70°C.

의 형태가 변했다. 원형 대두보다 온도별 구증구포 처리 후 시료의 색이 매우 진하게 변화하였으며, 형태도 구증구포 처리 후 본래의 형태가 대부분 깨지고 부서지는 등 구증구포 처리과정에서 대부분 변화된 것으로 나타났다. 또한 증포처리에 따른 대두의 갈변도를 측정된 결과는 Table 3과 같다. 증포처리 온도가 증가함에 따라 280 nm와 420 nm의 값 모두 증가하는 것으로 나타났으며, 중간생성물은 0.172에서 1.367로 증가하였으며, 최종 생성물은 0.075에서 0.667로 유의적으로 증가하였다( $p < 0.05$ ). Jun 등(2016)의 연구에 따르면 증포처리한 삼채부리의 갈변정도를 살펴본 결과, 증포 횟수가 증가함에 따라 색도는 L과 b값은 감소하였으나, a값은 증가하여 전체적인 색상이 갈색 또는 흑갈색으로 변화하였으며, 이러한 현상은 처리정도에 따라 갈변 중간생성물과 항산화 성분으로 알려진 melanoidin이라는 갈변물질이 다량 생성된 것으로 나타났다. 또한, 수삼을 구증구포 처리한 흑삼 제조과정 중 증포 횟수에 따른 수분함량 등을 살펴본 결과(Kim 등 2011), 증포 횟수가 증가함에 따라 형태적 변화가 발생하며, 수분함량이 점점 감소하는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 증포 처리가 진행될수록 시료들의 갈변도가 증가했다는 연구 결과와 유사하였다. 이는 유리당, 유리아미노산, 페놀성 화합물 등이 100°C에서 반응할 경우 Maillard반응, 카라멜화반응, 자동산화반응 등과 같은 비효소적 갈변반응이 일어나서 갈변물질로 전환된다는 Lertittikul 등(2007)의 연구에서도 알 수 있듯이, 고온의 증포 과정 중 대두에 존재하는 유리당, 유리아미노산 및 다양한 화합물 등의 성분들에 의한 비효소적 갈변반응으로 형태가 변형된 것으로 생각된다.

## 2. 증포처리 대두 추출물의 총 폴리페놀 함량 분석

증포 처리에 따른 대두 메탄올 추출물의 항산화 성분 중

**Table 3. Browning index of soybean depending on temperature and number of steaming and drying**

Sample	Browning intensity	
	280 nm	420 nm
Control	0.172±0.01 <sup>ab</sup>	0.075±0.03 <sup>a</sup>
S-55 <sup>1)</sup>	0.397±0.04 <sup>b</sup>	0.297±0.03 <sup>b</sup>
S-63	1.235±0.03 <sup>c</sup>	0.355±0.06 <sup>c</sup>
S-70	1.367±0.04 <sup>d</sup>	0.667±0.02 <sup>d</sup>

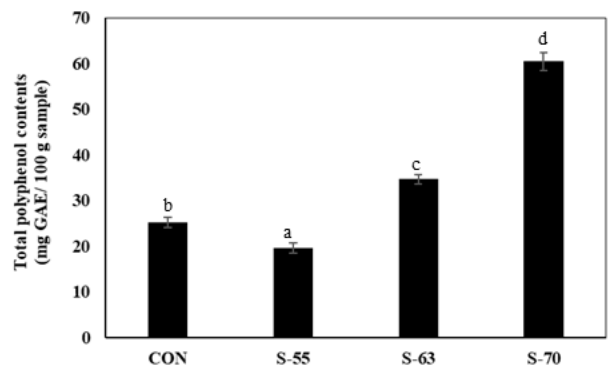
<sup>1)</sup> S-55 is drying temperature 55°C, S-60 is drying temperature 63°C and S-70 is drying temperature 70°C. Values are mean±S.D. (n=3).

<sup>2)</sup> Means in the same group with the different letters (<sup>a-d</sup>) are significantly ( $p < 0.05$ ) different by one-way analysis of variance (ANOVA) using Duncan's multiple range test.

총 폴리페놀 함량 분석을 실시하였다. 그 결과, Fig. 1에서 나타난 바와 같이, 55°C 처리를 제외하고 63°C와 70°C 처리 시 총 폴리페놀 함량이 증가하는 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ). 증포 처리를 하지 않은 대두의 경우 25.17 mg GAE/100 g으로 나타났으나, 63°C에서 건조 처리한 대두 추출물의 경우 38.51 mg GAE/100 g, 70°C에서 건조 처리한 대두 추출물의 경우에는 60.47 mg GAE/100 g으로 증포 처리 전후 총 폴리페놀 함량은 약 3배 정도 증가한 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ). 이는 증포 처리한 삼채 부리 열수추출물의 항산화 활성 연구와도 유사한 경향을 나타냈다(Jun 등 2015). 증포 처리한 삼채 부리 열수 추출물에서도 증포 온도 및 횟수가 증가함에 따라 총 폴리페놀 함량이 유의적으로 증가하였고, 총 폴리페놀과 갈변도의 상관관계를 살펴봤을 때 강한 상관관계를 나타냈다고 보고하였다. Hwang 등(2006)의 연구에서도 한국산 배즙의 열처리 온도에 따른 총 폴리페놀 함량을 살펴본 결과, 열처리 온도가 높고 시간이 길수록 폴리페놀 함량이 유의적으로 증가했으며, 갈변정도를 나타내는 5-HMF 함량 또한 열처리 온도와 시간이 증가할수록 높아져서, 그 두 분석 항목간에 상관관계가 높게 나타났다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서 사용한 구증구포 시 온도 및 횟수에 따라 폴리페놀 함량이 증가하는 것은 갈변 정도에 따라 다양한 항산화 물질 등이 증가하여 나타나는 현상으로 생각된다.

## 3. 증포처리 대두 추출물의 항산화 활성 평가

온도별로 증포한 대두의 메탄올 추출물 5 mg/mL가 나타내는 각각의 라디칼 소거능을 Table 4에 나타냈다. DPPH 라디칼 소거능의 경우 63°C와 70°C 건조 처리한 경우에는



**Fig. 1. Total polyphenol contents of 9 times repetitive steaming and drying process soybean.** Means in the same group with the different letters (<sup>a-d</sup>) are significantly ( $p < 0.05$ ) different by one-way analysis of variance (ANOVA) using Duncan's multiple range test.

**Table 4. DPPH and ABTS radical scavenging activity of 9 times repetitive steaming and drying process soybean by methanol extract**

Sample	DPPH radical scavenging activity (%)	ABTS radical scavenging activity (%)
Control	17.52±0.16 <sup>b2)</sup>	8.01±0.08 <sup>b</sup>
S-55 <sup>1)</sup>	14.18±0.09 <sup>a</sup>	3.62±0.02 <sup>a</sup>
S-63	38.39±1.10 <sup>c</sup>	22.68±0.04 <sup>c</sup>
S-70	45.26±0.65 <sup>d</sup>	43.29±0.07 <sup>d</sup>

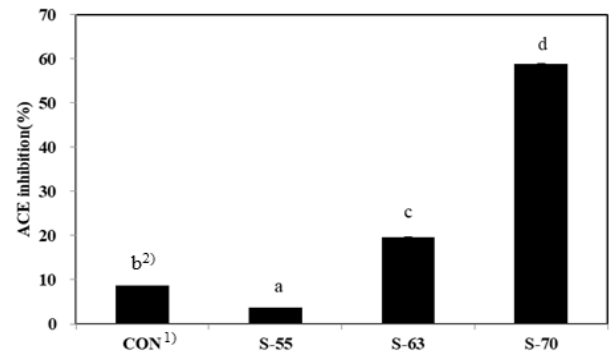
<sup>1)</sup> S-55 is drying temperature 55°C, S-60 is drying temperature 63°C and S-70 is drying temperature 70°C.

<sup>2)</sup> Means in the same group with the different letters (<sup>a-d</sup>) are significantly ( $p<0.05$ ) different by one-way analysis of variance (ANOVA) using Duncan's multiple range test.

각각 38.39%와 45.26%로 무처리 대두 추출물의 17.52% 보다 라디칼 소거능이 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다 ( $p<0.05$ ). 또한 ABTS 라디칼 소거능의 경우도 무처리 대두의 경우 8.02%로 매우 낮게 나타난 반면, 70°C 건조 처리 증포 대두의 경우 43.29%로 증포 처리 전후 약 4~5배 증가하는 것으로 나타났다. 이는 증포가 진행됨에 따라 비효소적 갈변현상이 일어나며, 갈변 물질이 증가하고(Table 3), 다양한 물질들의 생성 및 합성이 일어남에 따라 항산화 성분이 증가하여 항산화 활성도 증가하는 것으로 생각된다(Kim 등 2008). 6가지 과채류의 열처리 전후 항산화 활성을 살펴본 연구에 따르면(Kim 등 2008) 열처리 온도가 증가할수록 DPPH 라디칼 소거능이 유의적으로 증가하는 것으로 나타났는데, 본 연구결과와 유사하게 열처리 전보다 항산화 활성이 우수하였다. Jun 등(2016)의 증포 처리한 삼채 뿌리의 메탄올 추출물의 항산화 활성을 연구한 결과, 증포 횟수가 2회에서 4회 증가함에 따라 생 삼채뿌리보다 EC<sub>50</sub> 값이 감소하여, 증포 처리 횟수가 증가함에 따라 항산화 활성이 높아지는 것으로 보고하여 본 연구와 유사한 경향을 확인하였다. 따라서 본 연구에서 활용한 증포 처리 방법 또한 대두의 항산화 활성에 영향을 미쳤다고 판단된다.

#### 4. 증포처리 대두 ACE 저해활성 평가

온도에 따른 증포처리 대두 메탄올 추출물의 *in vitro* 상에서 고혈압에 대한 활성을 알아보기 위하여 ACE 저해활성을 측정된 결과는 Fig. 2와 같이 나타났다. 55°C에서 증포 처리한 대두의 경우를 제외하고, 나머지 온도에서 증포 처리한 경우가 무처리보다 매우 높은 ACE 저해 활성이 나타났다( $p<0.05$ ). 특히 70°C에서 건조한 증포 대두 추출물의 경우 10 mg/mL 농도에서 약 60% 가까운 ACE 저해 활성이 나타났다. 무처리 대두 추출물에서는 약 10% 정도의 효소



**Fig. 2. ACE inhibitory activities of 9 times repetitive steaming and drying process soybean by methanol extract.**

<sup>1)</sup> S-55 is drying temperature 55°C, S-60 is drying temperature 63°C and S-70 is drying temperature 70°C. Sample concentration: 10 mg/mL. <sup>2)</sup> Means in the same group with the different letters (<sup>a-d</sup>) are significantly ( $p<0.05$ ) different by one-way analysis of variance (ANOVA) using Duncan's multiple range test.

저해 활성이 나타났고, 55°C 건조 온도로 처리한 샘플에서 활성이 감소하였다가, 63°C 및 70°C로 처리 온도가 증가함에 따라 각각 23% 및 58%의 효소저해활성이 유의적으로 증가하였다( $p<0.05$ ). 이러한 결과는 열처리 온도에 따른 수경재배 인삼의 효소활성을 연구한 보고에 따르면, 열처리 온도가 높아질수록 ACE 저해활성이 증가한다는 결과(Hwang 등 2013)와 유사한 경향을 나타내었다. 또한 Do 등(2005) 및 Hara 등(1987)의 연구결과에 따르면 이러한 ACE 저해인자로는 저분자 peptid들과 그 유도체들, 카테킨, rutin 같은 자연계의 폴리페놀 계열 성분들이 대표적으로 많이 알려져 있다고 보고하고 있다. 따라서 본 연구에서도 폴리페놀 함량(Fig. 1)이 55°C 처리 시 감소하였다가 그 후 증가하는 경향으로 나타난 것으로 보아, 이에 영향을 받아 ACE 저해 활성도 같은 경향으로 나타난 것으로 판단된다.

#### 요약 및 결론

본 연구에서는 대두의 유용성분 함량 증진을 위하여 구증구포 방법을 활용하여 증포 처리를 한 후에 대두의 총폴리페놀 함량, 항산화 활성 및 ACE 저해 활성을 평가하였다. 그 결과, 증포 처리 전후 추출 수율은 처리 간 유의적인 차이는 없었으며, 증포처리가 진행될수록 비효소적 갈변화에 의한 색과 형태적인 변화를 살펴볼 수 있었다. 총폴리페놀 함량의 경우, 55°C에서 건조하여 증포한 경우 무처리보다 함량이 더 낮게 나타났지만(19.56 mg GAE/100 g), 70°C에서 건조하여 증포 처리하였을 경우 60.47 mg GAE/100 g으

로 유의적으로 증가하는 것으로 나타났고, DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능의 경우에서도 총폴리페놀 함량 변화와 유사한 패턴으로 55℃에서 건조하여 증포 처리한 경우 무처리보다 라디칼 소거능이 낮게 나타났지만, 63℃ 및 70℃에서 처리한 샘플은 건조 온도가 증가할수록 라디칼 소거능도 증가하는 것으로 나타났다. 또한 ACE 조효소를 이용한 효소저해활성을 살펴본 결과, 70℃ 건조하여 증포 처리한 경우 약 50% 이상의 효소 억제 활성을 나타내며, 고혈압에도 효과가 있을 것으로 사료된다. 이상의 결과를 살펴보면, 대두의 유용성분 함량 증진 방법 중에 구증구포 방법을 이용하면 항산화 성분 및 생리활성이 증가하는 것으로 나타났으며, 그에 따라 구증구포 방법은 대두의 항산화 활성 및 생리활성을 증가시키는 데 효과적인 가공법으로 판단되며, 추후 다양한 활성 평가를 검토해야 할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 AGENDA 연구사업(ATIS 과제번호: PJ0143052020)의 지원에 의해 이루어진 것임.

## References

- Ajandouz EH, Tchiapke LS, Dalle Ore F, Benajiba A, Puigserver A. 2001. Effects of pH on caramelization and Maillard reaction kinetics in fructose-lysine model systems. *J Food Sci* 66:926-931
- Back SY, Do JR, Do GP, Kim HK. 2010. Effect of angiotensin- I converting enzyme inhibitory from hydrolysate of soybean protein isolate. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:8-13
- Caragay AB. 1992. Cancer-preventive foods and ingredients. *Food Technol* 46:65-68
- Chang SM, Nam SH, Kang MY. 2002. Screening of the antioxidative activity, antimutagenicity and mutagenicity of the ethanolic extracts from legumes. *Korean J Food Sci Technol* 34:1115-1122
- Chung EK, Seo EH, Park JH, Shim HR, Kim KH, Lee BR. 2011. Anti-inflammatory and anti-allergic effect of extracts from organic soybean. *Korean J Org Agric* 19: 245-253
- Do JR, Heo IS, Jo JH, Kim DS, Kim HK, Kim SS, Han CK. 2006. Effect of antihypertensive peptides originated from various marine protein on ACE inhibitory activity and systolic blood pressure in spontaneously hypertensive rats. *Korean J Food Sci Technol* 38:567-570
- Do JR, Kim KJ, Jo JH, Kim YM, Kim BS, Kim HK, Lim SD, Lee SW. 2005. Antimicrobial, antihypertensive and anticancer activities of medicinal herbs. *Korean J Food Sci Technol* 37:206-213
- Hara Y, Matsuzaki T, Suzuki T. 1987. Angiotensin I converting enzyme inhibiting activity of tea components. *Nippon Nōgeikagaku Kaishi* 61:803-808
- Hong JY, Shin SR, Kong HJ, Choi EM, Woo SC, Lee MH, Yang KM. 2014. Antioxidant activity of extracts from soybean and small black bean. *Korean J Food Preserv* 21:404-411
- Hwang CR, Joung EM, Lee SH, Hwang IG, Kim BY, Jeong JH, Lee J, Jeong HS. 2013. Chemical components and enzyme activity of hydroponic-cultured ginseng roots and leaves under different heating temperatures. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:911-916
- 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
- Jang JY, Lee J, Choi EJ, Choi HJ, Oh YJ, Lee SH, Kim HJ. 2015. Effect of starter cultures on the antioxidant activities of *Allium hookeri* root-hot water extract. *Korean J Food Cookery Sci* 31:98-102
- Jang YS, Jeong JM. 2011. Anti-obesity effects of black bean chungkugjang extract in 3T3-L1 adipocytes and obese mice induced by high fat diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:1235-1243
- Jeon SH, Lee KA, Byoun KE. 2005. Studies on changes of isoflavone and nutrients during germination of soybean varieties. *Korean J Human Ecol* 14:485-489
- Jun HI, Jang HN, Yang JH, Song GS, Kim YS. 2015. Physicochemical properties and antioxidant activities of steam-dried *Allium hookeri* root. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44:412-417
- Jun HI, Yang JH, Song GS, Kim YS. 2016. Antioxidant compounds and activities of methanolic extracts from steam-dried *Allium hookeri* root. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45:1725-1731
- Kim HJ, Lee JY, You BR, Kim HR, Choi JE, Nam KY, Moon BD, Kim MR. 2011. Antioxidant activities of ethanol extracts from black ginseng prepared by steaming-

- drying cycles. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:156-162
- 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
- Lee KH, Kim MJ, Kim AJ. 2014. Physicochemical composition and antioxidative activities of *Rhynchosia nulubilis* according to roasting temperature. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43:675-681
- Lertittikul 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
- Lim SY. 2010. Comparison of effect of various types of soybeans on mutagenicity and growth of human cancer cell lines. *J Life Sci* 20:1532-1537
- Woo KS, Song SB, Ko JY, Lee JS, Jung TW, Jeong HS. 2015. Changes in antioxidant contents and activities of adzuki beans according to germination time. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44:687-694
- 

Received 11 July, 2019

Revised 27 March, 2020

Accepted 07 April, 2020