증숙가공공정을 통한 더덕의 항산화 활성 증진

송치호* · 서용창* · 최운용* · 이춘근* · 김도언** · 정재윤** · 정희철** · 박동식*** · 마충제* · 이현용****†

*강원대학교 의생명소재공학과, ** (주) 뉴트리,
***농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부 기능성식품과, ****서원대학교 차학과

Enhancement of Antioxidative Activity of *Codonopsis lanceolata* by Stepwise Steaming Process

Chi Ho Song*, Yong Chang Seo*, Woon Yong Choi*, Choon Geun Lee*, Do Un Kim**, Jae Youn Chung**,
Hee Chul Chung**, Dong Sik Park***, Choong Je Ma* and Hyeon Yong Lee****†

*Department of Biomaterials Engineering, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea.

**NewTree CO., Ltd, 11F Tech center, SK n Techno Park, Sungnam 462-120, Korea.

***Functional Food & Nutrition Division, Rural Development Administration, Suwon 441-711, Korea.

****Department of Teaics, Seowon University, Cheongju 361-742, Korea.

ABSTRACT : In general, stepwise hot steaming process is known to be effective in improving its biological activities; however, not much employed in processing *Codonopsis lanceolata* due to its hardness. In this study, *C. lanceolata* was first pre-treated with warm water at 50 °C and 60 °C for two hours, then steamed for 3 hours. Antioxidant activities of 70% ethanol extracts were compared with the extract from the water solvent: 41.58% vs 8.98% of DPPH radical scavenging activity in adding 1.25 mg/ml of steamed extract and water extract, respectively. Reducing power of steamed and fresh *C. lanceolata* were also measured as 1.39 and 0.71. Total poly phenolic of the steamed extract was estimated as 12.11 mg/g, compared to 3.98 mg/g fresh *C. lanceolata*. Total flavonoid contents were also obtained as 11.48 mg/g, compared to 7.11 mg/g of fresh *C. lanceolata*. In comparing phenolic acids profiles in the extract, in general higher amounts of gallic acid, trans-ferulic acid, vanillic acid were obtained possibly by easy release of active components during thermal processing, which results in better antioxidant activities than that of water extract. This findings can also be supported by result that the ethanol extract showed better activities than the water extract.

Key Words : Antioxidative Activity, Stepwise Hot Steaming Process, Total Phenol, Phenolic Acid, *Codonopsis lanceolata*

서 언

더덕(*Codonopsis lanceolata*)은 한국, 중국, 일본의 산간지방에서 자라는 다년생 초본으로 독특한 맛과 향이 특징이며(Hwang *et al.*, 2011), 우리나라에서는 황성과 제주 등에서 연간 7000톤이 생산된다(Park *et al.*, 2010). 예로부터 약용이나 식품으로서 섭취되어 안전성이 입증되었고, 사삼이라 하여 인삼에 버금가는 효능이 있는 것으로 알려져 있다(Kim *et al.*, 2010). 더덕의 효능으로는 진해와 거담작용이 잘 알려져 있으며, 혈청지질의 감소(Han *et al.*, 1998), 면역력 증가(Ryu, 2008), 항암(Cho *et al.*, 2011), 항산화(Maeng and Park, 1991) 등의 효능들이 보고되었다. 더덕 내에는 인삼의 ginsenoside와 유사한 codonopsin이라는 사포닌이 존재하며

(Kim *et al.*, 2010, Whang *et al.*, 1994), inulin과 flavonoid가 주성분으로 알려져 있다(Hwang *et al.*, 2011).

현대사회에 접어들어 서양화된 식습관과 환경오염, 스트레스 등으로 건강에 관심을 가지는 사람들이 많아지고 있으며, 특히 건강기능식품의 관심이 고조되고 있다(Park *et al.*, 2010). 기능성 식품의 연구 분야는 광범위하여 항산화(Kim *et al.*, 2004), 항암, 면역(Park *et al.*, 2005), 인지능 향상(Kang *et al.*, 2009) 등 많은 부분이 연구되고 있다. 이 중에서 항산화에 대한 연구는 고령화 사회로 들어오며 더욱 각광받는 분야이다. 흔히 알려진 산화과정은 유리 자유기(free radical)에 의한 신체의 손상 및 스트레스가 원인이다. 이는 암발생 및 노화현상을 유발하며(Dean and Gieseg Davises, 1993; Macrae *et al.*, 1993), 이러한 유리 자유기의 손상을 막는 천

†Corresponding author: (Phone) +82-43-299-8471 (E-mail) hyeonl@seowon.ac.kr

Received 2012 July 9 / 1st Revised 2012 July 18 / 2nd Revised 2012 July 31 / Accepted 2012 August 6

연물 성분들의 연구가 많이 진행되어왔다 (Jung *et al.*, 2004).

증숙공정은 증기를 이용해 열처리를 하여 작물의 구성성분들의 변화를 야기시키어 새로운 화합물을 만들어 내거나 작물의 조직을 파괴하여 유용성분 용출을 극대화하는 공정으로 인삼의 증숙이 많이 알려져 있다. 일반적으로 직접적인 열처리에 의한 추출공정은 조직성분을 연소시키며 활성성분의 파괴가 야기될 수 있으며, 그에 따른 활성성분의 수율 및 생리활성도 감소하게 되는 단점을 가지고 있다. 이러한 단점을 극복하기 위한 공정으로 직접적 열처리가 아닌 습기를 통한 간접적인 열처리로 활성성분의 파괴를 막으며, 유용성분의 용출을 증진시킬 수 있는 증숙공정이 알려져 있다. 예를 들어 인삼은 증숙공정을 통해서 인삼 내의 G-Rg3, G-Rg5와 같은 새로운 사포닌이 생성되거나 (Kim *et al.*, 2000) maltol, salicylic acid, vanillic acid, *p*-coumaric acid 등의 성분 함량이 증가된다 (Kang *et al.*, 2006). 또한 고분자 형태의 유용성분이 저분자화 되거나, ester form으로 conjugation되어 있는 phenolic compound가 free compound로 전환되어 효과적인 용출이 일어나게 되고 이에 따른 항산화 활성이 증가하였다고 보고되었다 (Nam, 2005, Kang *et al.*, 2006). 따라서 본 연구에서는 증숙공정을 통해서 더덕내 함유되어 있는 사포닌, phenolic acid 등의 항산화 성분들을 저분자화 하거나 활성이 높은 신물질 생성하여 효과적인 항산화 활성 증진을 하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 증숙더덕의 제조

더덕(*Codonopsis lanceolata*) 시료는 강원도 횡성지역에서 2012년 3월에 채취한 것을 사용하였다. 깨끗이 세정한 후 마하스팀기 (Daechang stainless, Seoul, Korea)를 사용하여 50, 60, 90℃로 2시간씩 단계별 증숙을 실시하고, 추가로 100℃에서 3시간 증숙하였다. 증숙을 거친 더덕은 다시 12시간 건조시킨 후 위와 같은 증숙공정을 5번 반복 실시하였다. 증숙더덕의 유효기간을 늘리기 위해 20~30℃에서 24시간 동안 음건하여 시료로 사용하였다.

2. 추출물 제조 및 수율

수직 환류냉각기가 부착된 추출 flask를 사용하여 음건한 증숙더덕을 100 g씩 10배수 (v/w)의 증류수와 70% 에탄올 용매를 사용하여 각각 100℃, 80℃에서 24시간 추출하였다. 대조군으로는 생더덕을 100 g씩 같은 방법으로 증류수와 70% 에탄올 용매를 사용하여 각각 100℃, 80℃에서 24시간 추출한 다음 여과한 여액을 회전식 진공농축기 (EYELA N-1000, Tokyo Rikakikai Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 농축시킨 후 동결건조기 (PVTFA 10AT, ILSIN, Korea)를 사용하여 분말 상태로 준비하여 실험에 사용하였다.

3. DPPH 자유라디칼 소거활성

DPPH (α , α -diphenyl- β -picrylhydrazyl) radical에 대한 소거활성은 Dietz 등 (Dietz *et al.*, 2005)의 방법을 약간 변형하여 실험하였다. 96 well plate에 용매를 ethanol로 하여 제조한 0.1 mM DPPH용액 200 μ l 와 0.156, 0.313, 0.625, 1.250 mg/ml의 농도로 조절된 샘플을 80 μ l을 혼합하여 25℃에서 20분동안 암실에 방치 한 후 525 nm에서 흡광도 측정하였다. 측정값은 DPPH radical scavenging activity (%), 즉 라디칼 소거능과 무 처리군의 흡광도를 100%로 보았을 때 50%의 흡광도를 나타내는 시료의 양을 측정하여 ED₅₀값으로 나타내었다.

$$DPPH\text{radical scavenging activity}(\%)$$

$$= \frac{\text{control O.D.} - \text{sample O.D.}}{\text{control O.D.}} \times 100$$

4. 환원력 측정

시료 1 ml에 pH 6.6의 200 mM 인산 완충액과 1%의 potassium ferricyanide를 각 1 ml씩 차례로 가하여 교반한 후 50℃의 수욕 상에서 20분간 반응시켰다. 여기에 15% TCA (trichloroacetic acid)용액을 1 ml 가하고 12,000 × g에서 15분간 원심 분리하여 얻은 상정액 1 ml에 증류수 및 ferric chloride 각 1 ml를 가하여 혼합한 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료의 환원력은 흡광도의 값으로 나타내었다 (Oyaizu, 1986).

5. 총 폴리페놀 함량

총 폴리페놀의 함량은 Folin-Denis 방법에 의하여 비색 정량하여 측정하였다 (Gutfinger, 1981). 추출물을 증류수에 10 mg/ml로 용해한 용액 1 ml과 Folin 시약을 1 ml을 혼합한 뒤 3분간 정치하여 발색 시킨 후 1 ml의 10% sodium carbonate 용액을 서서히 가하였다. 이 혼합액을 90분간 정치한 후 spectrophotometer (UV 1600 PC, Shimadzu, Tokyo, Japan)를 사용하여 760 nm에서 흡광도 측정하였다. 표준품으로 gallic acid (0~100 μ g)의 검량선 이용하여 총 페놀 함량을 측정하였다.

6. 총 플라보노이드 함량

각 시료 0.5 ml에 10% aluminum nitrate 0.1 ml 및 1 M potassium acetate 0.1 ml, ethanol 4.3 ml를 가하여 혼합한 후 실온에서 40분간 정치한 다음 spectrophotometer (UV 1600 PC, Shimadzu, Tokyo, Japan)를 사용하여 415 nm에서 흡광도를 측정하였다 (Moreno *et al.*, 2000). 표준품으로 quercetin (0~100 μ g)의 검량선을 이용하여 총 플라보노이드 함량을 측정하였다.

7. HPLC 분석을 통한 phenolic acid 함량 비교

Phenolic acid의 함량을 비교하기 위해 HPLC (Agilent 1260 series, Agilent technologies., California, USA), ZORBAX Eclipse XDB-C18 column (Agilent, USA, 5 μ m, 4.6 $\times$ 250 mm)을 사용하여 정량분석 하였다. 이동상은 0.1% 포름산이 함유된 10% acetonitrile (용매 A)과 0.1% 포름산이 함유된 acetonitrile, methanol 혼합용액 [Methanol: Acetonitrile: D.W (4:4:2 (v/v))] (용매 B)을 사용하였다. 용출조건은 Gradient mode로 프로그램은 다음과 같다. 초기 0~15분 고정 (A: 95%, B: 5%), 15~23분 변환 (A: 60%, B: 40%), 23~33분 고정 (A: 60%, B: 40%), 33~42분 변환 (A: 0%, B: 100%), 42~45분 변환 (A: 95%, B: 5%), 45~50분 고정 (A: 95%, B: 5%). 유속은 1.0 ml/min, 주입량은 20 μ l로 하였고, 검출기는 UV detector (280 nm)를 사용하였다. 시료는 0.25 μ m syringe filter로 여과하여 실험에 사용하였으며, standard로는 gallic acid, *p*-hydroxybenzoic acid, caffeic acid, vanillic acid, trans-ferulic acid (Sigma Chemical Co.)를 사용하였다.

8. 통계처리

본 연구에서 실험값의 통계는 SPSS package program의 paired *t*-test로 검정하였으며, 모든 실험값은 평균 $\pm$ 표준오차 (Mean $\pm$ standard error)로 나타냈다.

결과 및 고찰

1. 증숙더덕의 추출수율

생더덕과 증숙더덕의 열수추출물 및 에탄올 70% 추출물의 수율을 비교한 결과는 Fig. 1과 같다. 생더덕 열수 추출물

Fig. 1. Difference yield of powder from *Codonopsis lanceolata* by several process. CW: *Codonopsis lanceolata* water extract, CE: *C. lanceolata* ethanol 70% extract, SCW: steamed *C. lanceolata* water extract, SCE: steamed *C. lanceolata* ethanol 70% extract. Mean values $\pm$ SD from triplicate separated experiments are shown. Mean with difference letter (A-D) within sample are significantly different at $p < 0.05$.

(CW)의 경우 32.5 g (%)의 추출수율을 나타내었으며, 생더덕 에탄올 70% 추출물 (CE)의 경우 26.25 g (%)의 추출수율을 나타냈다. 생더덕의 경우 열수 추출물의 수율이 에탄올 70% 추출물보다 약 6.25% 높은 결과를 확인 할 수 있었다. 증숙더덕의 경우 열수 추출물 (SCW)이 38.36 g (%), 에탄올 70% 추출물 (SCE)이 32.48 g (%)의 수율을 확인하였다. 생더덕과 유사하게 증숙더덕에서도 열수 추출물이 에탄올 70% 추출물보다 5.88% 높았으며, 생더덕과 비교 하였을 때 열수추출물은 32.5%에서 38.36%로 5.86% 증가하였고, 에탄올 70% 추출물은 26.25%에서 32.48%로 6.23% 증가하였다. 이전의 연구결과 (Kim *et al.*, 2010)에서 나타난 생더덕 열수추출물의 수율 (34.22%)와 초고압 처리 더덕 열수추출물의 수율 (39.55%)를 비교하였을 때 적은 수치의 수율을 보였다. 그러나 본 연구의 수율증진 실험에 있어서 증숙공정에 따라 5.86%의 상승을 보였으며, Kim 등 (2010)의 연구에서 초고압 처리 공정 시 5.33%의 상승과 비교하여 볼 때 증숙에 따른 수율 증진은 작지 않았다. 이는 증숙공정 시 단계별 열처리와 건조의 반복으로 더덕의 세포벽이 팽윤과 수축을 반복하게 되고 이로 인해 더덕의 세포벽은 공정을 처리하지 않은 생더덕의 세포벽과 비교 했을 때 파괴정도가 심해짐에 따른 결과로 유용성분의 용출이 증가된다고 사료된다.

2. DPPH 자유라디칼 소거활성

증숙더덕과 생더덕의 DPPH 자유라디칼 소거활성을 비교하고 ED₅₀값으로 변환한 결과는 Fig. 2과 Table. 1에서와 같다. DPPH는 안정된 자유라디칼로 517 nm 부근에서 최대 흡수치를 나타내며, 수소나 전자를 받으면 517 nm 부근에서 흡광도가 감소한다. 천연물 중 이러한 라디칼을 환원시키는 능력이 크면 항산화 활성이 크다고 기대할 수 있다 (Kim *et al.*, 2010). 특히 ED₅₀값은 시료의 무 첨가군의 흡광도를 100으로 보았을

Fig. 2. DPPH radical scavenging ability of *Codonopsis lanceolata* from several cultivation. CW: *Codonopsis lanceolata* water extract, CE: *C. lanceolata* ethanol 70% extract, SCW: steamed *C. lanceolata* water extract, SCE: steamed *C. lanceolata* ethanol 70% extract. Mean values $\pm$ SD from triplicate separated experiments are shown. Mean with difference letter (A-D) within sample are significantly different at $p < 0.05$.

Table. 1. Free radical scavenging activity of the extracts of *Codonopsis lanceolata*.

Sample ¹⁾	The DPPH assay (ED ₅₀ value in mg/ml)
CW	6.676 ± 0.021*
CE	6.043 ± 0.014
SCW	1.646 ± 0.021
SCE	1.468 ± 0.022

¹⁾CW: *Codonopsis lanceolata* water extract, CE: *C. lanceolata* ethanol 70% extract, SCW: steamed *C. lanceolata* water extract, SCE: steamed *C. lanceolata* ethanol 70% extract.

*Values are mean ± SE. Values are mean of triplicates.

때 50의 흡광도를 나타내는 시료의 농도를 나타낸 값으로 항산화 활성을 절대적으로 평가할 수 있는 지표이며, 본 실험에서 두 가지 값을 계산하여 결과를 내었다.

DPPH 자유라디칼 소거활성을 보면 생더덕의 열수 추출물과 에탄올 70% 추출물, 증숙더덕의 열수 추출물과 에탄올 70% 추출물 모두 농도의존성을 보였으며, 생더덕의 경우 열수 추출물과 에탄올 70% 추출물이 1.25 mg/ml 농도에서 8.10%, 8.98%의 활성을 나타내었으나 같은 농도에서 증숙더덕의 열수 추출물과 에탄올 70% 추출물은 37.63%, 41.58%의 활성을 보였다. 본 실험의 결과는 녹차 (64.3%), 작약 (57.1%), 생강 (48.3%)의 결과 (Jung *et al.*, 2004)보다 작은 값이지만 증숙으로 인한 항산화도 증가는 뚜렷하였다. 생더덕의 열수추출물과 에탄올 추출물은 각각 6.676, 6.043 mg/ml 이었고 증숙더덕의 열수추출물과 에탄올 추출물은 각각 1.646, 1.468 mg/ml의 결과를 나타내었다. 위와 같은 결과로 보아 증숙공정을 통해 DPPH 자유라디칼 소거능이 증진되었으며, 이러한 DPPH 자유라디칼 소거능의 증진으로 더덕 추출물의 항산화 활성이 증가 되었다고 말할 수 있다. 이는 증숙 과정을 거치며 페놀 및 플라보노이드 등을 포함한 항산화 물질의 용출이 증가하였거나 항산화 활성이 좋은 물질들로의 변환에 의한 것으로 사료된다.

3. 환원력 측정

여러 가지 항산화 작용 중 환원산소종 및 유리기에 전자를 공여하는 능력을 환원력이라고 한다. 이는 항산화 활성을 검정하는 방법으로 많이 쓰인다. 환원력이 클수록 색은 녹색으로 변하며 큰 흡광도 값을 나타낼수록 항산화도가 높다고 평가된다.

Fig. 3은 공정별 더덕 추출물의 환원력을 측정한 결과이다. 최대농도 1.25 mg/ml에서 일반더덕의 열수 추출물은 0.615, 에탄올 70% 추출물은 0.701을 나타내었으며, 증숙더덕의 열수 추출물과 에탄올 70% 추출물은 각각 1.245, 1.386을 나타내었다. 녹차의 경우 1.00 mg/ml의 농도에서 4~8정도의 환원력을 나타내는데 (Choi *et al.*, 2009), 더덕의 환원력은 미미할 정도로 약하나 증숙공정을 거친 더덕의 경우 환원력이 현저히

Fig. 3. Reduction power of *Codonopsis lanceolata* from different cultivation. CW: *Codonopsis lanceolata* water extract, CE: *C. lanceolata* ethanol 70% extract, SCW: steamed *C. lanceolata* water extract, SCE: steamed *C. lanceolata* ethanol 70% extract. Mean values ± SD from triplicate separated experiments are shown. Mean with difference letter (A-D) within sample are significantly different at $p < 0.05$.

Fig. 4. Comparison of total phenol contents in *Codonopsis lanceolata* extracts. CW: *Codonopsis lanceolata* water extract, CE: *C. lanceolata* ethanol 70% extract, SCW: steamed *C. lanceolata* water extract, SCE: steamed *C. lanceolata* ethanol 70% extract. Mean values ± SD from triplicate separated experiments are shown. Mean with difference letter (A-D) within sample are significantly different at $p < 0.05$.

증가되어 항산화 활성의 증진 가능성을 보여주었다.

모든 실험의 결과에서 에탄올 70%의 항산화 활성이 높게 나타났으며, 생더덕과 증숙더덕의 비교에서 증숙공정을 통해 항산화 활성이 현저히 증가됨을 확인할 수 있었다. 이는 페놀 및 플라보노이드 등 항산화 물질이 에탄올 70% 추출 시에 효과적으로 용출되었음을 말해준다 (Shin *et al.*, 2008). 또한 증숙공정을 통해 항산화 활성이 높아짐을 확인할 수 있었다.

4. 페놀 및 플라보노이드 함량비교

증숙더덕과 생더덕의 페놀함량을 측정한 결과는 Fig. 4와 같다. 생더덕의 열수 추출물과 에탄올 70% 추출물은 각각 3.34, 3.98 mg/g의 함량을 나타내었고, 증숙더덕의 열수 추출물과 에

Fig. 5. Comparison of total flavonoid contents in *Codonopsis lanceolata* extracts. CW: *Codonopsis lanceolata* water extract, CE: *C. lanceolata* ethanol 70% extract, SCW: steamed *C. lanceolata* water extract, SCE: steamed *C. lanceolata* ethanol 70% extract. Mean values $\pm$ SD from triplicate separated experiments are shown. Mean with difference letter (A-D) within sample are significantly different at $p < 0.05$.

탄을 70% 추출물은 각각 11.41, 12.11 mg/g의 함량을 나타내었다. 생더덕과 증숙더덕의 열수 추출물, 에탄올 70% 추출물 페놀함량을 비교했을 때 생더덕의 페놀함량은 열수 추출물 보다 에탄올 70% 추출물에서 0.64 mg/g 높게 측정되었으며 증숙더덕 역시 열수 추출물 보다 에탄올 70% 추출물에서 0.7 mg/g 높게 측정되었다. 또한 증숙더덕과 생더덕을 비교해 볼 때 추출조건에 관계없이 약 3배 정도의 페놀함량 증가를 확인할 수 있었다.

플라보노이드 또한 페놀 함량과 비슷한 양상을 보였으며 (Fig. 5), 측정결과를 보면 생더덕의 열수추출물과 에탄올 70% 추출물에서 각각 6.57, 7.11 mg/g의 결과를 나타내었고, 증숙더덕의 열수 추출물과 에탄올 추출물에는 각각 10.89, 11.48 mg/g의 함량이 확인되었다.

열수 추출물과 에탄올 추출물의 비교에서 생더덕, 증숙더덕 모두 에탄올 추출물에서 함량이 더 높았으며, 증숙더덕에서는 페놀함량은 약 3배, 플라보노이드는 1.5배의 증가를 확인할 수 있었다. 이는 증숙 공정을 통해 보다 많은 페놀과 플라보노이드가 용리되었음을 증명하는 근거가 되며, 페놀과 플라보노이드는 항산화성분들로 널리 알려져 있으므로 (Kim *et al.*, 2005) 이로 인해 항산화 활성이 높아짐을 나타낸다. 천연물의 증숙공정을 통한 항산화 활성 증가는 여러차례 보고 된 바가 있으며 (Hwang *et al.*, 2011, Lee *et al.*, 2009), 이전의 연구결과를 살펴볼 때 증숙을 통해 결합성 페놀성 화합물이 유리형으로 바뀌어 용출이 용이해지거나 (Yoon *et al.*, 2005) 인삼의 경우 maltol과 같은 특정 페놀성 물질이 증가하여 항산화 활성이 증진된다 (Ha *et al.*, 2005).

5. HPLC 분석을 통한 phenolic acid 함량 비교

증숙공정을 통한 phenolic acid 함량 변화를 비교하기 위해

Table 2. Compare of phenolic acid in the extracts of *Codonopsis lanceolata* from HPLC analysis.

Phenolic acid content ($\mu\text{g/g}$)	CW ¹⁾	CE	SCW	SCE
Gallic acid	-	-	445.2 $\pm$ 2.1	490.1 $\pm$ 2.5
<i>p</i> -hydroxybenzoic acid	389.4 $\pm$ 0.4	528.3 $\pm$ 0.1	171.1 $\pm$ 0.7	313.1 $\pm$ 0.5
Caffeic acid	132.2 $\pm$ 0.1	231.2 $\pm$ 0.2	-	-
Vanillic acid	-	56.4 $\pm$ 0.6	17.4 $\pm$ 0.5	90.4 $\pm$ 0.4
<i>trans</i> -ferulic acid	231.3 $\pm$ 0.5	82.3 $\pm$ 1.2	396.1 $\pm$ 0.2	275.3 $\pm$ 0.3
Total	751.3 $\pm$ 1.0	896.3 $\pm$ 2.1	1,029.2 $\pm$ 3.5	1,169.2 $\pm$ 3.7

¹⁾CW: *Codonopsis lanceolata* water extract, CE: *C. lanceolata* ethanol 70% extract, SCW: steamed *C. lanceolata* water extract, SCE: steamed *C. lanceolata* ethanol 70% extract. Values are mean $\pm$ SE. Values are mean of triplicates.

Fig. 6. Structure of several phenolic acid related antioxidative activity.

HPLC 정량 분석한 결과는 Table. 2와 같다. 생더덕과 증숙더덕을 비교하였을 때 *p*-hydroxybenzoic acid와 caffeic acid의 경우 증숙 공정을 거치며 감소하였다. 특히 caffeic acid는 증숙공정 처리 후 함량이 검출되지 않았다. 반면에 vanillic acid와 *trans*-ferulic acid의 경우 증숙공정 처리를 통해 함량이 증가되었으며, 특히 gallic acid의 경우 생더덕의 열수, 에탄올 70% 추출물에서는 함량이 나타나지 않았으나 증숙더덕 열수, 에탄올 70% 추출물에서는 높은 함량이 검출되었다. 또한 총 phenolic acid 함량을 비교해 볼 때, 증숙더덕 에탄올 70% 추

출물이 1,169 $\mu\text{g/g}$ 의 값으로 최고함량을 나타내었으며, 생더덕 에탄올 70% 추출물에 비해 1.3배 증가하였다. 이러한 결과를 통해 phenolic acid의 함량 변화를 확인할 수 있었으며, 증숙 공정을 통해 *p*-hydroxybenzoic acid와 caffeic acid의 감소, vanillic acid와 trans-ferulic acid의 증가를 확인하였고, 이는 이전의 연구 결과 (Bryngelsson *et al.*, 2002)와 비슷한 경향을 보였다.

일반적인 식물은 ferulic acid, caffeic acid 등 phenolic acid 성분이 존재하며, Bryngelsson 등 (2002)은 증숙공정을 통한 세포벽의 가수분해에 따른 ferulic acid의 함량증가 및 열변화를 통한 caffeic acid의 불안정성에 따른 caffeic acid의 함량감소를 나타내었으며 ferulic acid의 가수분해물인 vanillic acid 또한 함량이 증가되었음을 확인하였다. 이와 같이 이전에 보고된 결과를 통해 본 연구에서 실시한 더덕 또한 증숙공정을 통한 가수분해로 ferulic acid, gallic acid의 함량이 증가되었다고 사료되며, 이에 따라 ferulic acid의 가수분해물인 vanillic acid의 함량도 증가한 것으로 사료된다. 또한 함량이 감소된 caffeic acid, *p*-hydroxybenzoic acid는 열처리에 따른 열변화로 인해 안정성을 잃어 감소한 것으로 사료된다. 또한 이전에 보고된 DPPH 자유라디칼의 소거능을 비교해 볼 때 본 연구에서 증숙공정을 통해 감소한 caffeic acid의 소거능보다 함량이 증가한 gallic acid의 소거능이 더 우수함을 확인할 수 있었다 (Hiroe *et al.*, 2002). 이는 본 연구결과인 증숙공정을 통한 더덕의 phenolic acid의 함량 증진 및 이로 인한 항산화 활성의 증진을 뒷받침해주는 것으로, 증숙공정을 거치며 더덕의 세포벽 파괴에 따른 페놀성 화합물들의 용출 증가 및 phenolic acid의 함량 변화로 인해 더덕 내 항산화 활성이 증진되었다고 사료된다. phenolic acid의 함량 변화와 페놀 및 플라보노이드의 증가, DPPH 자유라디칼 소거능, 환원력의 결과를 바탕으로 증숙공정이 더덕 내 항산화 활성을 증가시킨을 확인하였다. 하지만 정확한 원인물질의 규명이 필요하므로 증숙공정을 통해 생성된 신 물질 또는 증가된 성분에 대한 분리, 정제 및 구조분석 등 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각한다.

감사의 글

본 연구는 2012 농촌진흥청 농업공동연구과제 (농업현장실용화기술개발) (과제번호 : PJ009001)의 연구지원으로 수행된 것으로 이에 감사를 드립니다.

LITERATURE CITED

- Bryngelsson S, Dimberg LH and Kamal-Eldin A. (2002). Effects of commercial processing on levels of antioxidants in oats (*Avena sativa* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry. 50:1890-1896.
- Cho YR, Kim SH, Yoon HJ, Hong SY, Ko HY, Park EH, Kim MD and Seo DW. (2011). Anti-tumor effects of *Codonopsis lanceolata* extracts on human lung and ovarian cancer. Food Engineering Progress. 15:1-5.
- Choi GN, Jeong CH, Kim JH, Kwak JH, Shin YH, Lee SC, Cho SH, Chio SG and Heo HJ. (2009). Effect of storage temperature and water activity on antioxidant activities of powdered green tea extracts. Korean Journal of Food Preservation. 16:333-341.
- Dean RT and Gieseg Davises MJ. (1993). Reactive species and their accumulation on radical damaged proteins. Trends Biochemical Science. 18:437-441.
- Dietz BM, Kang YH, Liu G, Egger AL, Yao P, Chadwick LR, Pauli GF, Farnsworth NR, Mesecar AD and van Breemen RB. (2005). Xanthohumol isolated from *Humulus lupulus* inhibits menadione-induced DNA damage through induction of quinone reductase. Chemical Research in Toxicology. 18:1296-1305.
- Gutfinger T. (1981). Polyphenols in olive oils. Journal of the American Oil Chemists' Society. 58:966-967.
- Ha DC, Lee JW and Ryu GH. (2005). Change in ginsenosides and maltol in dried raw ginseng during extrusion process. Korean Society of Food Science and Technology. 14:363-367.
- Han EG, Sung IS, Moon HG and Cho SY. (1998). Effect of *Codonopsis lanceolata* water extract on the levels of lipid in rats fed high fat diet. Korean Journal of Society of Food Science and Nutrition. 27:940-944.
- Hiroe K, Masashi H, Kanae H, Kayo A and Hisaji T. (2002). Antioxidant properties of ferulic acid and its related compounds. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 50:2161-2168.
- Hwang CR, Oh SH, Kim HY, Lee SH, Hwang IG, Shin YS, Lee JS and Jeong HS. (2011). Chemical composition and antioxidant activity of deoduk (*Codonopsis lanceolata*) and doragi (*Platycodon grandiflorum*) according to temperature. Korean Journal of Society of Food Science and Nutrition. 40:798-803.
- Jung SJ, Lee JH, Song HN, Seong NS, Lee SE and Baek NI. (2004). Screening for antioxidant activity of plant medicinal extracts. Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry. 47:135-140.
- Kang KS, Kim HY, Pyo JS and Yokozawa T. (2006). Increase in the free radical scavenging activity of ginseng by heat-processing. Biological and Pharmaceutical Bulletin. 29:750-754.
- Kang JS, Kang SK and Kim HS. (2009). Preparation and characteristics of bread by medicinal herb composites with cognitive function. Korean Journal of Society of Food Science and Nutrition. 38:1131-1138.
- Kim JH, Yoon SJ and Cho YJ. (2005). Antimicrobial activity against helicobacter pylori and antioxidant activity of yersalwm sage (*Phlomis frutcosa* L.). Korean Journal of Society of Applied Biology Chemical. 48:178-182.
- Kim JP, Chon IJ, Cho HK, Ham IH and Whang WK. (2004). The antioxidant and the antidiabetic effects of ethanol extract from biofunctional foods prescriptions. Korean Journal of Pharmacognosy. 35:98-103.
- Kim SS, Jeong MH, Seo YC, Kim JS, Kim NS, Ahn JH,

- Hwang B and Lee HY.** (2010). Comparison of antioxidant activity by high pressure extraction of *Codonopsis lanceolata* from different production areas. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 18:248-245.
- Kim WY, Kim JM, Han SB, Lee SK, Kim ND, Park MK, Kim CK and Park JH.** (2000). Steaming of ginseng at high temperature enhances biological activity. Journal of Natural Products. 63:1702-1704.
- Macrae RG, Robinson RK and Sadler MJ.** (1993). Encyclopedia of food science. Food Technology and Nutrition. 1:607-171.
- Maeng YS and Park HK.** (1991). Antioxidant activity of ethanol extract from deodok (*Codonopsis lanceolata*). Korean Journal of Food Science Technology. 23:311-316.
- 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.
- Moreno MI, Isla MI, Sampietro AR and Vattuone MA.** (2000). Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. Journal of Ethnopharmacology. 71:109-114.
- Oyaizu M.** (1986). Studies on products of browning reactions: antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. Japan Journal of Nutrition. 44:307-315.
- Park SJ, Park DS, Lee SB, He XL, Ahn JH, Yoon WB and Lee HY.** (2010). Enhancement of antioxidant activities of *Codonopsis lanceolata* and fermented *Codonopsis lanceolata* by ultra high pressure extraction. Korean Journal of Society of Food Science and Nutrition. 39:1898-1902.
- Park KU, Wee JJ, Kim JY, Jeong CH, Kang KS, Cho YS and Seo KI.** (2005). Anticancer and immuno - activities of edible crude saponin from soybean cake. Korean Journal of Society of Food Science and Nutrition. 34:1509-1513.
- Ryu HS.** (2008). Effects of *Codonopsis lanceolata* extracts on mouse immune cell activation. Korean Journal of Society of Food Science and Nutrition. 21:263-268.
- Shin JH, Choi DJ, Lee SJ, Cha JY and Sung NJ.** (2008). Antioxidant activity of black garlic (*Allium sativum* L.). Korean Journal of Society of Food Science and Nutrition. 37:965-971.
- Whang WK, Park KY, Chung SH Oh IS and Kim IH.** (1994). Flavonoids from *Codonopsis lanceolata* leaves. Korean Journal of Pharmacognition. 26:204-208.
- 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 Korean Journal of Society of Food Science and Nutrition. 34:1572-1578.