

## 증숙 더덕 에탄올 추출물에 대한 항산화·항균 활성

이희경·최은유·최두복\*·†최현숙\*\*

농업회사법인(유)청솔식품 기업부설연구소 연구소장,  
\*조선대학교 신산업융합학부 부교수, \*\*충청대학교 식품영양외식학부 조교수

### Antioxidative and Antimicrobial Effects of Ethanol Extract of *Codonopsis lanceolata* by Steaming Times

Hee-Kyung Lee, On-Yu Choi, Du-Bok Choi\* and †Hyun-Suk Choi\*\*

Director of Research Institute, Cheongsol Food R & D, Agricultural Company Limited, Yeoncheon 11006, Korea

\*Associate Professor, Dept. of Advanced Industry Convergence, Chosun University, Kwangju 61452, Korea

\*\*Assistant Professor, Dept. of Hotel Culinary Arts Patisserie & Nutrition, Chungcheong University, Cheongju 28171, Korea

#### Abstract

This study was investigated the contents of total polyphenol, flavonoids and antioxidant and antimicrobial activities of *Codonopsis lanceolata* extracts according to different steaming times. The contents of total polyphenol and flavonoid proportionally increased from 6.45 mgGAE/g to 18.26 mgGAE/g and 2.01 mgRE/g to 6.12 mgRE/g according to ethanol extracts at EDS7. DPPH radical scavenging activity was found to have been 15.26~65.2% and showed the highest level of antioxidant activity at EDS7 was 65.2%. The activity of ABTS radical scavenging and SOD-like activity were also the same result. DPPH and ABTS radical scavenging activity was related to the number of steaming, and the scavenging activity was increased up to 7 times of steaming. The antimicrobial activity of EDS7 had strong antioxidant activity. Antimicrobial activities were examined against 5 microorganisms related to pathogens and food poisoning. The antimicrobial Activity was different depending on the bacteria, but it was effective at the concentration of 300 mg/mL rather than 150 mg/mL. These results showed that *Codonopsis lanceolata* extracts with a different number of steaming would be conducted to confirm the possibility of developing antimicrobial and antioxidant. It will be helpful in the study of component analysis of *Codonopsis lanceolata* extracts processed products.

Key words: *Codonopsis lanceolata*, steaming process, antioxidant activity, antibacterial

#### 서론

증숙은 전통적으로 약용식물에 많이 사용되어온 방법으로 간접적인 열처리 방법인 증기처리를 하면 세포의 구성성분들의 변화가 유도되어 새로운 화합물의 생성과 세포 조직의 파괴로 유용성분 용출을 극대화하는 가공법이다(Song 등 2012). 증숙을 하여 유용성분을 유도하거나 쓴맛의 제거 등 기호성을 향상시킨 제품개발 연구가 다양한 식품에 적용되고 있다(Kang 등 2015). 인삼의 경우 증숙처리를 통해 ginsenoside

Rg2, Rh1, Rh3 등의 약용성분 및 항산화 성분이 증가한 결과도 보고되어 있다(Hong 등 2007). 증숙한 더덕(*Codonopsis lanceolata*)의 연구로는 증숙처리한 후 *Lactobacillus rhamnosus* 균으로 발효한 더덕의 항산화 활성 연구(Jung 등 2012), 증숙한 더덕의 phenolic acid의 함량 변화와 플라보노이드류의 항산화활성에 관한 연구(Song 등 2012), 증숙, 초고압, 발효한 더덕 추출물의 화장품용 소재로서의 사용가능성을 확인한 연구(Kim 등 2010a; Jeon 등 2013) 및 증숙 더덕 ethanol 추출물의 인지능 개선 효과와 뇌 신경 세포 보호 활성(Weon 등

† Corresponding author: Hyun-Suk Choi, Assistant Professor, Dept. of Hotel Culinary Arts Patisserie & Nutrition, Chungcheong University, Cheongju 28171, Korea. Tel: +82-43-230-2262, Fax: +82-43-230-2269, E-mail: k6151494@naver.com

2014)에 관한 연구 등이 있다.

더덕은 특유한 맛과 향으로 약용식물로 널리 알려져 있으며 triterpenoid, saponin류, inulin, flavonoid와 다양한 종류의 폴리페놀 성분 및 생리활성 물질이 분리되었고(Ichikawa 등 2009; Park 등 2009) 항산화 활성 및 다양한 생리활성이 보고되어 있다(Maeng & Pack 1991; Han 등 1998; Lee JH 2002; Shim 등 2004; Byeon 등 2009; Ichikawa 등 2009; Kim 등 2010b).

활성산소(reactive oxygen species, ROS)는 생체내 세포막 및 DNA 등을 손상시켜 노화, 암 등 다양한 질병을 유발한다(Taruna & Parihar 1998). 또한 인체 내 다양한 염증반응은 항산화 효소의 활성을 감소시켜 산화적 스트레스를 증가시킨다(Bice & Andrea 2003).

페놀류와 플라보노이드류 등은 식물에 함유되어 있는 대표적인 항산화 물질(Larson RA 1988)로 항균력 및 항암에 관한 많은 연구가 보고되어 있다(Ho CT 1992; Ham 등 1997). 합성 항산화제에 대한 안전성(Safer & al-Nughamish 1999) 및 용도의 한계(Brannen AL 1975)에 관한 문제로 안전한 천연물 소재의 항산화제 및 기능성 제품 원료의 탐구가 지속적으로 연구되고 있다(Song 등 2002; Kang 등 2009; Kim 등 2010c; Link 등 2010).

본 연구는 증숙의 횡수를 달리하였을 때 더덕의 항산화 및 항균 활성의 변화를 검토하기 위하여 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량을 검색하고 DPPH, ABTS 라디칼 소거능, SOD 유사 활성소거활성을 통한 항산화 활성 및 인체 내 염증을 유발할 수 있는 관련 미생물로 항균력 활성을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 더덕의 증숙 및 추출물의 제조

본 실험의 더덕(*Codonopsis lanceolata*)은 전북지역에서 2019년 6월에 부러지거나 상처나 상품가치가 떨어지는 하위 품질을 구입하였다. 생더덕 1 kg을 90°C에서 2시간 동안 열처리한 후 36시간 60°C에서 건조하는 과정을 각각 0회, 2회, 3회, 4회, 5회, 6회, 7회, 8회, 9회 반복하여 증숙과정을 거친 뒤, 증숙 횡수를 달리한 더덕 100 g씩을 1 L의 에탄올을 넣고 5시간동안 실온에서 환류 추출 후 여액을 감압 농축하여 시료로 사용하였다.

### 2. 총 폴리페놀 함량 측정

총 폴리페놀 함량은 gallic acid(Sigma Chemical Co.)를 표준물질로 사용하여 측정된 Folin-Ciocalteu 방법(Singleton 등 1999)에 따라 측정하였다. Table 1의 증숙더덕 에탄올 추출물에 2 N Folin-Ciocalteu 시약 100  $\mu$ L를 첨가하여 3분간 방치하였다. 이후 20%(w/v)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 를 300  $\mu$ L 첨가하고 30분 동안

**Table 1. Sample code name of the Deoduck (*Codonopsis lanceolata*) extracts**

Sample code	Descriptions
EDS0	Ethanol extracts of Deodeok
EDS2	Ethanol extracts of Deodeok by steaming two times
EDS3	Ethanol extracts of Deodeok by steaming three times
EDS4	Ethanol extracts of Deodeok by steaming four times
EDS5	Ethanol extracts of Deodeok by steaming five times
EDS6	Ethanol extracts of Deodeok by steaming six times
EDS7	Ethanol extracts of Deodeok by steaming seven times
EDS8	Ethanol extracts of Deodeok by steaming eight times
EDS9	Ethanol extracts of Deodeok by steaming nine times

40°C에서 반응시킨 후 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 폴리페놀 함량은 각각의 시료 1 g에 대한 gallic acid equivalent(GAE)로 환산하여 표시하였다.

### 3. 총 플라보노이드 함량 측정

플라보노이드 함량(Kang & Kim 2015)은 0.1 mL 시료에 증류수, 5% sodium nitrite를 첨가하여 후 25°C에서 5분간 방치한 다음 10%  $\text{AlCl}_3$ 를 첨가하여 다시 25°C에서 5분간 반응시켰다. 이후 1 N NaOH를 넣고 15분간 반응시킨 뒤 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 rutin(Sigma-Aldrich Co.)을 사용하여 총 플라보노이드 함량(mg rutin equivalent (RE)/g)을 산출하였다.

### 4. DPPH 라디칼 소거능

DPPH 라디칼 소거능은 Blois MS(1958)의 방법에 따라 증류수로 10배 희석한 시료 0.1 mL(10 mg/mL)에 0.9 mL의 DPPH 용액을 가하고 상온에서 30분 동안 반응시켜 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 양성대조군으로는 BHA 100 ppm을 사용하였고, 각 시료의 라디칼 소거능은 아래와 같이 계산하여 백분율로 나타내었다.

DPPH 라디칼 소거능(%) =

$$[(\text{대조군 흡광도} - \text{시료군 흡광도}) / \text{대조군 흡광도}] \times 100$$

### 5. ABTS 라디칼 소거능

ABTS(2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt) 라디칼 소거능은 7.4 mM ABTS와 2.5 mM potassium persulfate를 동량으로 혼합하여 암실에서 14시간 예비 반응시킨 ABTS 용액을 사용하였다(Re 등 1999). 증숙 횡수를 달리한 더덕의 에탄올 추출물과 ABTS solution을 285  $\mu$ L를 취하여 각 농도별 시료 20  $\mu$ L를 혼합하여 상온의 암소

에서 30분간 반응시켜 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. 음성대조군과 시료 처리한 것의 값을 비교하여 ABTS 라디칼 소거능을 평가하였으며, L-ascorbic acid를 양성대조물질로 사용하여 비교하였다. 음성대조물질로는 80% ethanol을 사용하였다. 결과 값은 추출물 첨가구와 무첨가구를 비교하여 라디칼의 소거활성을 백분율(%)로 나타내었다.

ABTS 라디칼 소거능(%)=

$$[(\text{대조군 흡광도} - \text{시료군 흡광도}) / \text{대조군 흡광도}] \times 100$$

## 6. SOD 유사활성

SOD 유사활성을 측정하기 위해 Marklund & Marklund (1974)의 방법을 변형하여 측정하였다. 알칼리 상태에서 과산화수소( $\text{H}_2\text{O}_2$ )로 전파시키는 반응을 촉매하는 pyrogallol의 자동산화에 의한 발색 원리를 측정하여 SDO 유사활성으로 나타내었다. 시료용액 0.2 mL에 Tris-HCl의 완충용액(50 mM Tris+10 mM EDTA, pH 8.5) 3.0 mL와 7.2 mM pyrogallol 0.2 mL를 가하고 25°C에서 10분간 반응시킨 후 1N HCl 0.1 mL를 첨가하여 반응을 정지시켰다. 반응액 중 산화된 pyrogallol의 양은 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. SOD 유사활성은 시료용액의 첨가구와 무첨가구의 흡광도 감소율을 %로 나타내었다.

SDO 유사활성(%)=

$$[(\text{대조군 흡광도} - \text{시료군 흡광도}) / \text{대조군 흡광도}] \times 100$$

## 7. Disc diffusion법을 이용한 항균력 시험

Disc diffusion법(Haarold JB 1990)을 이용하여 멸균된 petri dish(87×15 mm)를 이용하여 각 균이 배양 제조된 평판배지에 각각의 균주를 100  $\mu\text{L}$ 씩 도말하고, 정중앙에 멸균된 paper

disc(8 mm, Whatman, Japan)를 균등한 위치에 올려놓은 다음 2일간 배양하여 disc 주위의 저해환(mm)의 크기로 항균력을 측정하였다. 대조구로는 인공합성제인 BHA 100 ppm 용액을 20  $\mu\text{L}$ 를 사용하였다. 실험에 사용된 균주는 기관지 염증을 유발하는 *Mycobacterium smegmatis* KCTC 1829, *Staphylococcus aureus* KCTC 1928, *Klebsiella pneumoniae* KCTC 2245, *Corynebacterium diphtheriae* KCTC 3075, *Streptococcus pyogenes* KCTC 3096를 사용하였다.

## 8. 통계 처리

본 실험에서는 더덕 열수 추출물을 3회 반복 제조하여 분석하였다. 통계 처리는 SPSS(version 12.0, Chicago, IL, USA)를 이용하여 다른 부위간의 유의성 검정은  $p < 0.05$  유의수준에서  $t$  검정하였고, 가열 처리간의 유의성 검정은 일원배치분산분석(ANOVA)과 던컨의 다중검정(Duncan's multiple range test)을 실시하여  $p < 0.05$  유의수준에서 다중비교하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량(polyphenolic and flavonoid)

증숙의 횡수를 달리한 더덕의 에탄올 추출물의 총 폴리페놀 함량은 Fig. 1과 같다. 7번의 증숙 처리시료(EDS7)의 총 폴리페놀 함량이 18.26 mgGAE/g으로 가장 높았고, 증숙하지 않은 더덕의 에탄올 추출물(EDS0)의 총 폴리페놀 함량인 6.45 mgGAE/g과 비교시 유의적으로 높았다( $p < 0.05$ ). 이는 더덕을 증숙하였을 때 총 폴리페놀 함량이 증가했다는 Jung 등 (2012)의 연구 보고와 반복 횡수에 따라 총 폴리페놀의 함량이 증가한다는 연구 보고와 유사한 결과를 나타내었다(Hong 등 2007; Jin 등 2008). EDS8과 EDS9의 총 폴리페놀 함량은

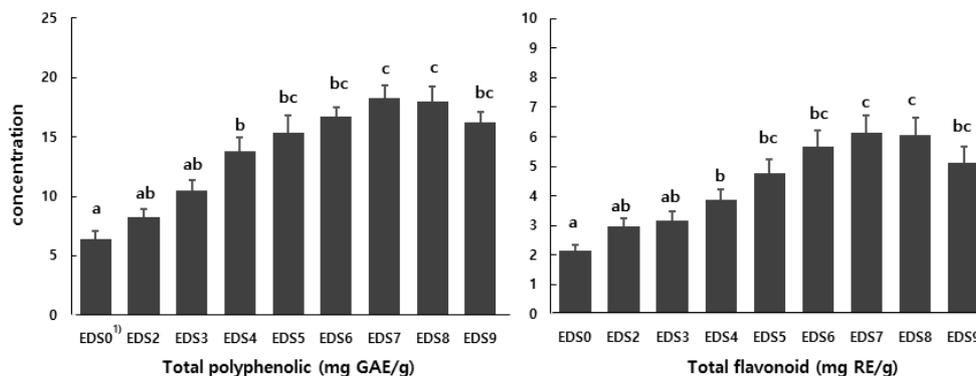


Fig. 1. Total polyphenol and flavonoid contents of ethanol extract of Deodeok by steaming times. <sup>1)</sup> See the Table 1. Each value is mean±S.D. of triplicate determinations. Mean with difference letter (<sup>a-c</sup>) within sample are significantly different at  $p < 0.05$ .

각각 17.9 mgGAE/g과 16.24 mgGAE/g으로 증숙 횟수 6회 정도와 비슷한 총폴리페놀 함량을 나타내었다. 총 플라보노이드 함량 또한  $0.43 \pm 0.04$  mgRE/g에서 증숙 처리 후 증가하였으며 증숙 처리한 더덕의 플라보노이드 함량이 2.15~ 6.12 mgRE/g으로 증가하였으며 7회 이상의 증숙 더덕에서 유의적인 플라보노이드 함량의 증가는 나타나지 않았다. 증숙과정은 식물의 결합성 페놀성 화합물을 유리형으로 바뀌어 용출이 쉽게 만들고(Yoon 등 2005) Song 등(2012)의 연구에서도 더덕의 증숙과정을 통해 페놀함량과 플라보노이드 함량이 1.5배 이상 증가하였다는 연구결과와 유사했다.

본 연구에서도 증숙 횟수를 달리한 더덕 에탄올 추출물에 함유된 총 폴리페놀 및 플라보노이드의 함량변화를 측정해볼 수 있었다. 플라보노이드는 식물의 페놀성 색소 화합물로 활성산소를 효과적으로 제거하여(Rice-Evans 등 1997; Perron & Brumaghim 2009) 항암, 항염 및 심장질환 등에 우수한 항산화 물질로 보고되고 있다(Jeong HY 1991; Williams 등 2004).

## 2. DPPH 라디칼 소거능

증숙 횟수를 달리한 더덕의 에탄올 추출물 10 mg/mL의 항산화활성을 측정하기 위하여 각각의 추출물을 10 mg/mL 농도로 처리한 후 DPPH radical 소거활성을 측정한 결과는 Fig. 2와 같다. 증숙을 하지 않은 더덕의 에탄올 추출물 10 mg/mL 농도로 처리하였을 때 DPPH radical 소거능은 15.26%였으나 같은 농도에서 7회 증숙한 에탄올 추출물(EDS7)의 DPPH radical 소거능은 65.2%였으며 시료 중에서 가장 높았다( $p < 0.05$ ). 이는 Hwang 등(2011)의 연구에 의하면 열처리한 더덕의 항산화능이 열처리하지 않은 더덕의 항산화능보다 높았다는 결과와 유사하다. 그러나 증숙을 8회와 9회를 한 더덕의 에탄올 추출물은 7회보다 DPPH radical 소거능이 54.6%와 53.1%로 감소되었다. 이는 Fig. 1의 결과처럼 8회 이상 증숙

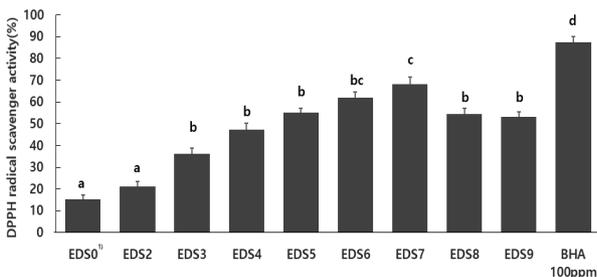


Fig. 2. DPPH radicals scavenging activity of ethanol extract of Deodeok by steaming times. <sup>1)</sup> See the Table 1. Each value is mean $\pm$ S.D. of triplicate determinations. Mean with difference letter (a-d) within sample are significantly different at  $p < 0.05$ .

한 더덕의 에탄올 추출물에서 총 폴리페놀 함량이 감소한 것 과도 관련이 있을 것으로 생각되며 이는 Song 등(2012)의 연구결과처럼 열수추출한 더덕보다 증숙처리한 더덕의 DPPH 라디칼 소거능이 증가한다는 결과와 유사한 결과를 나타내었다. 또한 최적의 항산화성을 나타낼 수 있는 더덕의 증숙 조건이 존재할 것으로 생각된다. 식물의 추출물 중 DPPH radical 소거에 영향을 주는 물질로는 페놀류와 플라보노이드 함량에 기인한 것으로 알려져 있다(Oh 등 2004).

## 3. ABTS 라디칼 소거능

증숙 횟수를 달리한 더덕의 에탄올 추출물의 ABTS 라디칼 소거능을 나타낸 결과는 Fig. 3과 같다. 7회 증숙한 더덕의 에탄올 추출물(EDS7)의 ABTS 라디칼 소거능은 59.2%로 증숙하지 않은 더덕의 에탄올 추출물(EDS0)의 ABTS 라디칼 소거능 25.16%에 비해 유의적으로 활성이 증가하였다. 그러나 8회(EDS8) 및 9회(EDS9) 증숙한 더덕의 에탄올 추출물의 ABTS 라디칼 소거능은 46.2%와 42.6%로 감소하였다. 이 결과는 Fig. 2의 DPPH 라디칼 소거능의 실험결과와 유사한 경향을 보였으나 같은 농도의 DPPH radical 소거활성보다 강한 활성을 보여주었다. EDS7이 ABTS radical 소거능이 가장 컸으며 7회 이상의 증숙한 더덕의 에탄올 추출물의 ABTS radical 소거능 값은 감소되었다. 이러한 결과도 Fig. 1의 증숙 횟수에 따른 페놀 및 플라보노이드 등 항산화 물질 등 유용성분의 용출량과 관계가 있을 것으로 생각된다.

## 4. SOD 유사활성(Superoxide dismutase-like activity)

증숙 횟수를 달리한 더덕의 에탄올 추출물이 superoxide와 반응하여 갈변물질을 내는 pyrogallol의 자동 산화반응을 측정된 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 10 mg/mL농도에서 SOD 유사활성은 7회까지는 증숙 횟수에 의존하는 경향을 보여주

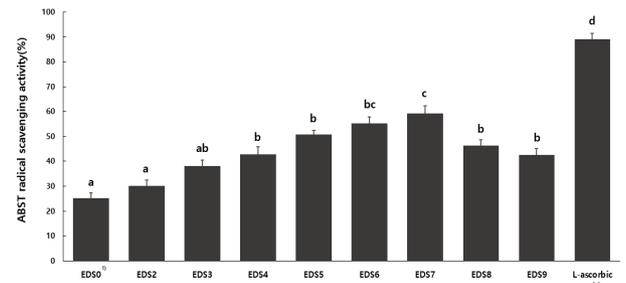
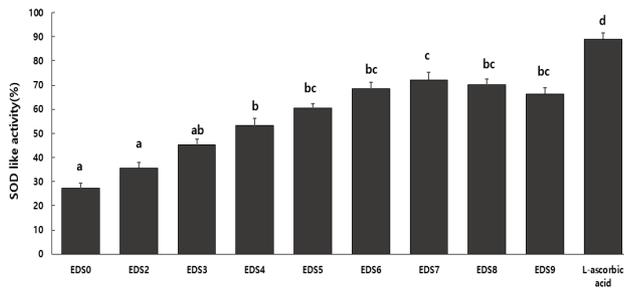


Fig. 3. ABTS radical scavenging activity of ethanol extract of Deodeok by steaming times. <sup>1)</sup> See the Table 1. Each value is mean $\pm$ S.D. of triplicate determinations. Mean with difference letter (a-d) within sample are significantly different at  $p < 0.05$ .



**Fig. 4. SOD like activity of ethanol extract of Deodeok by steaming times.** <sup>1)</sup> See the Table 1. Each value is mean±S.D. of triplicate determinations. Mean with difference letter (a-d) within sample are significantly different at  $p < 0.05$ .

었고, 증숙더덕 에탄올 추출물에 대한 대조구인 ascorbic acid의 경우 10 mg/mL에서 85%의 SOD 유사활성을 보였다. EDS 7시료에서 72.2%로 가장 높은 활성을 나타내었으며 다음으로 ESD6시료가 68.4%로 높았다. Superoxide Dismutase(SOD) 유사활성물질은 SDO와 유사한 역할을 하는 주로 phytochemical이 속하며 생체 내에서  $O_2^-$  (superoxide)를 환원시켜 체내의 산화적 장애를 억제한다(Klug 등 1972; Kitani 등 2002). 7회 증숙과정을 거치며 추출물의 SDO 유사활성이 대조군과 비교시 유의하게 증가되었으며 이는 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량의 변화가 중요한 영향을 미치는 것으로 생각된다. Jeon 등(2013)의 연구에서 증숙 및 발효 제조 공정을 거친 더덕의 항산화 활성을 측정할 결과 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 증가되었고 항산화 활성의 증가와 상관관계를 나타내었다는 연구결과가 보고되었다. 이는 식물에 포함된 항산화 관련 성분은 추출 방법에 따라 항산화 기능을 나타내는 물질의 성분이 현저한 차이가 있다는 Kim 등(2003)의 연구결과에서처럼 증숙 횟수에 따른 항산화 물질의 성분분석의 추가연구가 필요할 것으로 생각된다.

#### 5. Disc diffusion법을 이용한 항균력

시료 중 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 가장 높고 항산화 활성 및 SOD 유사활성이 가장 높았던 EDS7의 시료로 인체 내 기관지 염증을 유발하는 *Mycobacterium* sp. KCTC 1829, *Staphylococcus aureus* KCTC 1928, *Klebsiella pneumoniae* KCTC 2245, *Corynebacterium diphtheriae* KCTC 3075, *Streptococcus pyogenes* KCTC 3096으로 항균력을 검색하였다. Lee 등(2020)의 연구에서 증숙더덕의 용매별 추출물이 300 mg/mL까지 세포독성을 보이지 않았다는 연구결과를 바탕으로 EDS7의 시료 150과 300 mg/mL의 농도로 처리하여 항균력을 측정할 결과는 Table 2와 같다. EDS7은 150 mg/mL와 300 mg/mL의 농도에서 5종 균 모두에서 항균활성을 나타내었고 농도가 증가할수록 inhibition zone 크기도 증가하였다.

**Table 2. Antimicrobial activities of ethanol extracts from Deodeok by steaming seven times (EDS7)**

Strains	Clear zone diameter(mm)	
	EDS7 <sup>1)</sup> concentration	
	150 mg/mL	300 mg/mL
<i>Mycobacterium</i> sp. KCTC 1829	9.15±0.1 <sup>2)</sup>	10.16±0.1
<i>Staphylococcus aureus</i> KCTC 1928	10.22±0.2	11.36±0.1
<i>Klebsiella pneumoniae</i> KCTC 2245	10.56±0.2	13.21±0.1
<i>Corynebacterium diphtheriae</i> KCTC 3075	8.38±0.1	9.45±0.2
<i>Streptococcus pyogenes</i> KCTC 3096	12.41±0.1	14.36±0.1

<sup>1)</sup> See the Table 1.

<sup>2)</sup> Results indicate mean±S.D. from five separate experiments.

특히 화농성 염증을 일으키는 주요 원인균인 *Streptococcus pyogenes*에 대한 항균력이 가장 높게 나타났다. EDS7의 항균력은 추출물의 플라보노이드 및 폴리페놀 함량 때문으로 생각되며, 여러 종류의 천연물에서 추출한 phenol 화합물들은 다양한 미생물 억제 효과에 대하여 많은 연구가 진행되어 왔다(Moon 등 1999; Won 등 2001; Lee 등 2004).

#### 요약 및 결론

본 연구에서는 증숙 횟수를 달리한 더덕의 천연 항균 및 항산화 소재로서의 가치를 검토하고자 증숙 더덕 에탄올 추출물에 대하여 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량과 DPPH 및 ABTS radical 소거활성, SOD 유사활성, 염증유발 균에 대한 항균활성을 검정하였다. 7회까지의 증숙과정을 통해 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량 및 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성이 증가하였고, SOD 유사 활성도 증속하지 않은 대조군에 비하여 7회의 증속한 더덕 에탄올 추출물에서 가장 높게 증가하였다. 이는 증속 횟수에 따른 페놀 및 플라보노이드 등 항산화 물질 등 유용성분의 용출 용출량과 관계가 있을 것으로 생각되며 8회 이상의 증속과정에서 총 폴리페놀 함량 및 항산화력이 감소한 것과도 관련하여 더덕의 증속 제조 가공의 최적의 조건이 존재할 것으로 생각된다. 가장 항산화 활성이 높았던 EDS7 시료로 150 mg/mL와 300 mg/mL의 농도로 *Mycobacterium* sp. KCTC 1829, *Staphylococcus aureus* KCTC 1928, *Klebsiella pneumoniae* KCTC 2245, *Corynebacterium diphtheriae* KCTC 3075, *Streptococcus pyogenes* KCTC 3096균에 대하여 항균활성을 검색한 결과 추출물의 농도가 증가할수록 항균활성이 커졌다. 더덕의 증속 및 다양한 가공법을 통한 항산화물질의 추출에 따른 지속적인 연구를 함으로써 항산화 및 항균 기능성 원료로 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

## References

- Bice F, Andrea H. 2003. Reactive oxygen species (ROS) and reactive nitrogen species (RNS) generation by silica in inflammation and fibrosis. *Free Radical Biol Med* 34:1507-1516
- Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200
- Brannen AL. 1975. Toxicology and biochemistry of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene. *J Am Oil Chem Soc* 52:59-63
- Byeon SE, Choi WS, Hong EK, Lee J, Rhee MH, Park HJ, Cho JY. 2009. Inhibitory effect of saponin fraction from *Codonopsis lanceolata* on immune cell-mediated inflammatory responses. *Arch Pharmacol Res* 32:813-822
- Haarold JB. 1990. Microbiological Applications: A Laboratory Manual in General Microbiology. 5<sup>th</sup> ed. p.703. WCB Publishers
- Ham SS, Oh DH, Hong JK, Lee JH. 1997. Antimutagenic effects of juices from edible Korean wild herbs. *J Food Sci Nutr* 2:155-161
- Han EG, Sung IS, Moon HG, Cho SY. 1998. Effect of *Codonopsis lanceolata* water extract on the levels of lipid in rats fed high fat diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27:940-944
- Ho CT. 1992. Phenolic compounds in food: An overview. In Huang MT, Ho CT, Lee CY (Eds.), Phenolic Compounds in Food and Their Effects on Health II: Antioxidants and Cancer Prevention. pp.2-7. American Chemical Society
- Hong HD, Kim YC, Rho JH, Kim KT, Lee CY. 2007. Changes on physicochemical properties of *Panax ginseng* C. A. Meyer during repeated steaming process. *J Ginseng Res* 31:222-229
- Hwang CR, Oh SH, Kim HY, Lee SH, Hwang IG, Shin YS, Lee JS, Jeong HS. 2011. Chemical composition and antioxidant activity of deoduk (*Codonopsis lanceolata*) and doragi (*Platycodon grandiflorum*) according to temperature. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:798-803
- Ichikawa M, Ohta S, Komoto N, Ushijima M, Kodera Y, Hayama M, Shirota O, Sekita S, Kuroyanagi M. 2009. Simultaneous determination of seven saponins in the roots of *Codonopsis lanceolata* by liquid chromatography-mass spectrometry. *J Nat Med* 63:52-57
- Jeon SM, Kim SY, Kim IH, Go JS, Kim HR, Jeong JY, Lee HY, Park DS. 2013. Antioxidant activities of processed deoduk (*Codonopsis lanceolata*) extract. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:924-932
- Jeong HY. 1991. Aging free radical arteriosclerosis. *Life Sci* 1:2-14
- Jin TY, Quan WR, Wang MH. 2008. Changes of physicochemical and sensory characteristics in the *Codonopsis lanceolata* Saengsik, uncooked food by different drying methods. *Korean J Food Sci Technol* 40:721-725
- Jung LS, Yoon WB, Park SJ, Park DS, Ahn JH. 2012. Evaluation of physicochemical properties and biological activities of steamed and fermented Deodeok (*Codonopsis lanceolata*). *Korean J Food Sci Technol* 44:135-139
- Kang DH, Kim MY. 2015. Comparative phenolic composition and antioxidant properties of honey and honeycomb extracts. *J Life Sci* 25:1169-1175
- Kang MC, Lee JY, Ko RK, Kim HB, Hong SH, Kim GO. 2009. Melanin inhibitory effect and anti-inflammatory effects of *Dictyota coriacea* extracts derived from adjacent sea of the Jeju island. *Korean J Biotechnol Bioeng* 23:311-316
- Kang MK, Kim JS, Kim GC, Choi SY, Kim KM. 2015. Evaluation of physicochemical properties and enhancement of antioxidant activities of *Dioscorea batatas* by stepwise steaming process. *J East Asian Soc Diet Life* 25:1049-1057
- Kim HJ, Han CH, Kim NY, Lee EK, Lee KN, Cho HE, Choi YH, Chong MS. 2010c. Effect of garlic extracts with extraction conditions on antioxidant and anticancer. *Korean J Orient Physiol Pathol* 24:111-117
- Kim JG, Kang YM, Eum GS, Ko YM, Kim TY. 2003. Antioxidative activity and antimicrobial activity of extracts from medicinal plants (*Akebia quinata* Decaisn, *Scirus fluviatilis* A. Gray, *Gardenia jasminoides* for *grandiflora* Makino). *J Agric Life Sci* 37:69-75
- Kim NY, Chae HS, Lee IS, Kim DS, Seo KT, Park SJ. 2010b. Analysis of chemical composition and antioxidant activity of *Codonopsis lanceolata* skin. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:1627-1633
- Kim SS, Jeong MH, Seo YC, Kim JS, Kim NS, Woon WB, Ahn J, Hwang B, Park DS, Park SJ, Lee HY. 2010a. Comparison of antioxidant activity by high pressure extraction of *Codonopsis lanceolata* from different production areas. *Korean J Med Crop Sci* 18:248-254
- Kitani K, Minami C, Yamamoto T, Kanai S, Ivy GO, Carrillo MC. 2002. Pharmacological interventions in aging and age-associated disorders: Potentials of propargylamines for human

- use. *Ann N Y Acad Sci* 959:295-307
- Klug D, Rabani J, Fridovich I. 1972. A direct demonstration of the catalytic action of superoxide dismutase through the use of pulse radiolysis. *J Biol Chem* 247:4839-4842
- Larson RA. 1988. The antioxidants of higher plants. *Phytochemistry* 27:969-978
- Lee HG, Choi OY, Choi DB, Choi HS. 2020. Effect of Deodeok extract on the skin function improvement. *Korean J Food Nutr* 33:505-511
- Lee JH. 2002. Immunostimulative effect of hot-water extract from *Codonopsis lanceolata* on lymphocyte and clonal macrophage. *Korean J Food Sci Technol* 34:732-736
- Lee OH, Lee HB, Son JY. 2004. Antimicrobial activities and nitrite-scavenging ability of olive leaf fractions. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 20:204-221
- Link A, Balaguer F, Goel A. 2010. Cancer chemoprevention by dietary polyphenols: Promising role for epigenetics. *Biochem Pharmacol* 80:1771-1792
- Maeng YS, Park HK. 1991. Antioxidant activity of ethanol extract from Dodok (*Codonopsis lanceolata*). *Korean J Food Sci Technol* 23:311-316
- Marklund S, Marklund G. 1974. Involvement of the superoxide anion radical in the autoxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eur J Biochem* 47:469-474
- Moon TC, Park JO, Chung KW, Son KH, Kim HP, Kang SS, Chang HW. 1999. Anti-inflammatory activity of the flavonoid components of *Lonicera japonica*. *Yakhak Hoeji* 43: 117-123
- Oh JH, Kim EH, Kim JL, Moon YI, Kang YH, Kang JS. 2004. Study on antioxidant potency of green tea by DPPH method. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33:1079-1084
- Park SJ, Seong DH, Park DS, Kim SS, Gou JY, Ahn JH, Yoon WB, Lee HY. 2009. Chemical compositions of fermented *Codonopsis lanceolata*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 396-400
- Perron NR, Brumaghim JL. 2009. A review of the antioxidant mechanisms of polyphenol compounds related to iron binding. *Cell Biochem Biophys* 53:75-100
- 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
- Rice-Evans C, Miller N, Paganga G. 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends Plant Sci* 2:152-159
- Safer AM, al-Nughamish AJ. 1999. Hepatotoxicity induced by the antioxidant food additive, butylated hydroxytoluene (BHT), in rats: An electron microscopical study. *Histol Histopathol* 14:391-406
- Shim KS, Park GH, Choi CJ, Na CS. 2004. Decreased triglyceride and cholesterol levels in serum, liver and breast muscle in broiler by the supplementation of dietary *Codonopsis lanceolata* root. *Asian Australas J Anim Sci* 17:511-513
- Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventos RM. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Meth Enzymol* 299:152-178
- Song CH, Seo YC, Choi WY, Lee CG, Kim DU, Chung JY, Chung HC, Park DS, Ma CJ, Lee HY. 2012. Enhancement of antioxidative activity of *Codonopsis lanceolata* by stepwise steaming process. *Korean J Med Crop Sci* 20:238-244
- Song HM, Seo MS, Kim HM, Ahn MS, Lee YT. 2002. Antioxidative activity of barley polyphenol extract (BPE) separated from pearling by-products. *Korean J Food Sci Technol* 34:889-892
- Taruna H, Parihar MS. 1998. Reactive oxygen species and oxidative DNA damage. *Ind J Physiol Pharmacol* 42:440-452
- Weon JB, Yun BR, Lee J, Eom MR, Ko HJ, Lee HY, Park DS, Chung HC, Chung JY, Ma CJ. 2014. Effect of steamed *Codonopsis lanceolata* on spatial learning and memory in mice. *Korean J Pharmacogn* 45:48-54
- Williams RJ, Spencer JPE, Rice-Evans C. 2004. Flavonoids: Antioxidants or signaling molecules? *Free Radic Biol Med* 36:838-849
- Won BR, Song EH, Kang GH, Chang MW, Yoon YH. 2001. Inhibition effect of *Lactobacillus heiviticus* CU631 on urease and vacuolating toxin activity of *Helicobacter pylori*. *J Anim Sci Technol* 43:931-940
- Yoon SR, Lee MH, Park JH, Lee IS, Kwon JH, Lee GD. 2005. Changes in physicochemical compounds with heating treatment of ginseng. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34:1572-1578