

## 발효더덕 추출물의 생리활성

박성진<sup>1</sup> · 송성원<sup>2,3</sup> · 성동호<sup>4</sup> · 박동식<sup>5</sup> · 김승섭<sup>6</sup> · 고징유<sup>6</sup> · 안주희<sup>6</sup> · 윤원병<sup>7</sup> · 이현용<sup>6,8\*</sup>

<sup>1</sup>한림성심대학 관광외식조리과, <sup>2</sup>(주)유영제약  
<sup>3</sup>연세대학교 생물소재공학 협동과정, <sup>4</sup>연세대학교 생명시스템대학 생명공학과  
<sup>5</sup>농촌진흥청 국립농업과학원 한식세계화연구단 기능성식품과, <sup>6</sup>강원대학교 BT특성화학부대학 생물소재공학과  
<sup>7</sup>강원대학교 BT특성화학부대학 식품생명공학과, <sup>8</sup>강원대학교 생명공학연구소

### Biological Activities in the Extract of Fermented *Codonopsis lanceolata*

Sung Jin Park<sup>1</sup>, Seong Won Song<sup>2,3</sup>, Dong Ho Seong<sup>4</sup>, Dong Sik Park<sup>5</sup>, Seung Seop Kim<sup>6</sup>,  
Gou Jinyu<sup>6</sup>, Ju Hee Ahn<sup>6</sup>, Won Byung Yoon<sup>7</sup>, and Hyeon Yong Lee<sup>6,8\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Tourism Food Service Cuisine, Hallym College, Gangwon 200-711, Korea

<sup>2</sup>Yooyoung Pharmaceutical Co., Seoul 100-799, Korea

<sup>3</sup>Graduate Program in Biomaterials Science and Technology, Yonsei University, Seoul 120-749, Korea

<sup>4</sup>Dept. of Biotechnology, Yonsei University, Seoul 120-749, Korea

<sup>5</sup>Functional Food & Nutrition Division, Rural Development Administration, Gyeonggi 441-853, Korea

<sup>6</sup>Dept. of Biomaterials Engineering, College of Bioscience and Biotechnology,

<sup>7</sup>Dept. of Food Science and Biotechnology, School of Biotechnology, and

<sup>8</sup>Research Institute of Bioscience and Biotechnology, Kangwon National University, Gangwon 200-701, Korea

#### Abstract

To investigate the applicability of hot water extract from *Codonopsis lanceolata* (CL) and fermented *Codonopsis lanceolata* (FCL) as functional food and cosmeceutical material, its total phenolic contents, total flavonoids, electron donating ability (EDA), SOD-like activity, nitrate-scavenging ability (NSA), reducing power were examined. Total phenolic contents of CL and FCL were 0.54 mg/100 g and 2.79 mg/100 g, respectively, and total flavonoids contents were estimated as 2.26 mg/100 g for CL and 6.16 mg/100 g FCL. The EDA of CL and FCL were 8.0~17.9% and 32.9~74.9%. The SOD-like activities of CL and FCL were 0.6~16.5% and 3.5~21.6%, respectively, and the activity was dependent on the sample concentration. The NSA was pH dependent, and was the highest at pH 1.2 and the lowest at pH 6.0. The NSA of FCL was higher than that of CL. The FCL extract showed the highest reducing power (0.65) at the concentration of 1,000 µg/mL. Based on the above results, we deemed that the FCL might have potential antioxidant activities.

**Key words:** *Codonopsis lanceolata*, fermentation, DPPH radical scavenging activity, total flavonoid

#### 서 론

현대의학과 문명의 발달로 인간의 평균 수명은 점차 증가되고 있으나 대기, 수질 등 환경의 오염과 사회생활에 따른 다양한 스트레스 및 영양편중으로 인해 야기되는 인체 내외의 많은 요인들은 건강을 위협하는 요소가 되고 있어 건강장수를 위한 관심은 더 고조되고 있다. 이러한 관심의 대표적인 대상 중 하나가 쉽게 접할 수 있고, 거부감이 적은 건강기능식품 또는 기능성식품으로 대표되는 다양한 식품군이다. 기능성식품의 범위는 유해물질의 중화 및 해독, 배설 그리고 혈압 및 혈당, 콜레스테롤의 저하, 비만 예방, 다이어트 효과를 가지는 식품에서 더 나아가 생체방어 및 면역, 질병

의 예방, 치료, 회복, 노화억제 등의 생체조절 역할까지로 점차 확대되고 있다(1). 식품 성분의 대표적 기능성인 항산화 활성은 생체 내에서 DNA 손상, 암 유발, 노화 등 다양한 질병의 원인과 관련성이 있는 유리자유기에 의한 손상을 방지함으로써 생체를 보호하는 중요한 기능성으로 주목받고 있다(2,3). 항산화제는 산화로 인한 여러 가지 바람직하지 않은 화합물의 형성을 방지하기 위해 지질 시스템 내에 첨가된다. 산화에 의해 생성되는 각종 산화 생성물은 DNA를 손상시키거나 암을 유발하며 인간의 노화와도 관계가 있는 것으로 알려져 있다(4). 일반적으로 페놀계 합성 항산화제로 널리 사용되고 있는 butylated hydroxy anisole(BHA)과 butylated hydroxy toluene(BHT)은 그 효과와 경제성 그리고

\*Corresponding author. E-mail: hyeonl@kangwon.ac.kr  
Phone: 82-33-250-6455, Fax: 82-33-256-4819

안정성 때문에 많이 사용해 왔지만, 합성 식품첨가물의 일반적인 기피 현상뿐만 아니라 과량 섭취할 경우 간 및 위장점막, 폐, 신장, 순환계 등에 심각한 독성 작용을 일으키는 것으로 알려져 안전한 대체 항산화제의 개발이 요구되었다(5,6). 따라서 인체에 무해하고 항산화력이 우수한 천연 항산화제에 관한 연구가 오래전부터 진행되어 왔으며, 지금까지 보고된 대부분의 천연 항산화제는 식물 유래이다. 대부분의 식물들의 항산화활성을 나타내는 화합물은 주로 폴리페놀물질들이며 천연 항산화제로서의 기능이 잘 알려져 있다(7). 식물로부터 유래된 페놀물질의 항산화제는 일부가 금속 복합체를 형성하여 항산화제의 상승제로도 작용을 하나, 주요 기능은 이들의 자체적인 항산화활성에 있다. 따라서 식물추출물로부터 유리자유기 소거 기능을 탐색함으로써 천연 항산화제를 개발할 수 있다. 더덕(沙蔘, *Codonopsis lanceolata* Bench. et Hook.) (8)은 한국 및 중국, 일본의 산간지방에서 야생하는 다년생 초본으로 도라지와 함께 일반식용으로 널리 이용되고 있는 산채식물이다. 더덕은 기호품으로도 상당한 호평을 받는 식품일 뿐 아니라 진해(鎮咳), 거담(祛痰) 등의 약효가 있다고 古來부터 식이요법이 전해지며, 혈적(血積) 및 경기(驚氣), 두통(頭痛), 소화약(消炎藥)으로 또는 인삼의 대용약으로 쓰여 왔으며, 더덕의 성분에 관해서는 일종의 saponin이 존재한다는 것이 확인되었다(9). 더덕의 에탄올 추출물은 인삼보다 현저하게 강한 항산화효과를 보였으며(10), 더덕첨가 식이를 흰쥐에게 공급하였을 때 혈당 농도가 다소 낮아졌고(11), 더덕 물 추출물은 고지방식으로 인한 혈청과 간의 중성지질 및 총콜레스테롤의 축적을 효과적으로 억제하였다(12). 더덕은 전국적으로 500 ha에서 연간 7,000톤이 생산되며 이중 약 40%정도가 강원도 지역에서, 30%정도가 제주 지역에서 생산되고 있으며 전체 소비량의 20%정도가 중국산인 국내 주요 농산물이다. 하지만, 등급 외품(外品)이 40~50% 이상으로 재배 농가의 수익성이 악화되고 있으며, 단순 양념구이 포장, 장아찌, 배추절임, 사탕, 단순 추출에 의한 일부 화장품 소재 등으로만 소진하고 있다. 더욱이 더덕 향에 대한 기호도가 연령별 편차가 극심하고 인삼과 대비되 상대적으로 하위 농산품으로 인식되어 국내 및 수출용으로 개발이 매우 저조한 상황이다. 그리고 식품의 발효는 오래전부터 행해져온 가공공정의 일환으로 미생물작용을 통해 식품에 좋은 맛과 향, 조직감 등을 부여하며 젖산 및 초산, 알코올 발효를 통한 식품의 저장성 향상은 물론 단백질 및 필수아미노산, 필수지방산, 비타민 등이 풍부한 식품의 제조와 발효과정을 통한 독성물질 파괴 및 생리활성물질 생산, 소화증진 등의 효과가 보고되고 있다(13). 또한, 균사체를 이용한 수삼 고체발효물의 화학적 조성 및 항산화효과의 변화에서도 수삼보다는 고체발효물이 페놀함량 및 electron donating abilities(EDA), SOD유사활성, 지질과산화에 효과가 있어, 수삼 고체발효물이 단순한 수삼보다 건강 기능 유효성분이 더 많이 함유되어져 있다고 보고하였

다(14). 따라서 본 실험에서는 등급 외 더덕을 이용하여 발효 더덕을 제조한 후 추출물의 항산화활성을 측정하여 발효에 따른 항산화활성의 증가효과를 확인하였다.

## 재료 및 방법

### 발효더덕의 제조

생더덕은 강원도 횡성지역에서 2008년 9월에 채취한 것을 시료로 사용하였다. 구입한 더덕은 선별 후 깨끗이 세정하여 물기를 제거한 후 전보(13)와 동일한 조건으로 발효더덕을 제조 후 세정하여 동결건조기(PVTFA 10AT, Ilsin, Gyeonggi-do, Korea)를 사용하여 동결 건조하였다. 건조된 시료는 마쇄하여 유리병에 넣고 밀봉한 후 냉장고(4°C)에 보존하면서 시료로 사용하였다.

### 열수 추출물의 제조

시료의 열수 추출물은 동결건조 시료 100 g에 증류수 1 L를 가하여 90°C 수욕상에서 환류냉각 시키면서 5시간씩 2회 반복 추출한 다음 여과한 여액을 회전식진공농축기를 이용하여 농축시킨 후 동결건조기(PVTFA 10AT, Ilsin)를 사용하여 분말 상태로 준비하여 실험에 사용하였으며, 추출 수율은 38.4%였다.

### 총 페놀 및 플라보노이드

총 페놀 함량은 Folin-Denis법(15)에 따라 추출물 1 mL에 Folin-Ciocalteu 시약 및 10% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>용액을 각 1 mL씩 차례로 가한 다음 실온에서 1시간 정치한 후 spectrophotometer(UV 1600 PC, Shimadzu, Tokyo, Japan)를 이용하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. Caffeic acid(Sigma Co., St. Louis, MO, USA)를 0~100 µg/mL의 농도로 제조하여 시료와 동일한 방법으로 분석하여 얻은 표준검량선으로부터 시료 추출물의 총 페놀 함량을 산출하였다.

총 플라보노이드는 Moreno 등(16)의 방법에 따라 추출물 0.5 mL에 10% aluminum nitrate 0.1 mL 및 1 M potassium acetate 0.1 mL, ethanol 4.3 mL를 차례로 가하여 혼합하고 실온에서 40분간 정치한 다음 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. Quercetin(Sigma Co.)를 표준물질로 하여 0~100 µg/mL의 농도 범위에서 얻어진 표준검량선으로부터 추출물의 총 플라보노이드 함량을 계산하였다.

### DPPH radical에 대한 전자공여능 측정

추출물의 전자공여작용(electron donating abilities, EDA)은 각각의 추출물에 대한 DPPH( $\alpha, \alpha$ -diphenyl-picrylhydrazyl)의 전자공여효과로 각 시료의 환원력을 측정하였다. 즉, 에탄올 1 mL, 시료 10 µL, 100 mM sodium acetate buffer(pH 5.5) 990 µL를 분주한 시험관에 0.5 mM DPPH 용액(Abs. EtOH soln.) 0.5 mL를 넣어 교반하고 암실에서 5분간 반응을 유도한 후, 잔존 radical의 농도를 UV spectropho-

tometer를 이용하여 517 nm에서 측정하였다(17). 전자공여능(%)은  $[(1 - As/Ac) \times 100]$ 으로 나타내었고, As와 Ac에 실험군과 대조군의 흡광도 값을 각각 대입하여 계산하였다.

$$EDA (\%) = \left(1 - \frac{As}{Ac}\right) \times 100$$

As: 추출물 첨가구의 흡광도  
Ac: 추출물 무첨가구의 흡광도

Superoxide dismutase(SOD) 유사활성 측정

SOD 유사활성은 Marklund와 Marklund(18)의 방법에 따라 과산화수소(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)로 전환 반응을 촉매하는 pyrogallol의 생성량을 측정하여 SOD 유사활성으로 나타내었다. 즉, 일정 농도의 시료 0.2 mL에 pH 8.5로 보정한 tris-HCl buffer(50 mM tris[hydroxymethyl] amino-methane + 10 mM EDTA, pH 8.5) 2.6 mL와 7.2 mM pyrogallol 0.2 mL를 첨가하고 25°C에서 10분간 반응 후 1 N HCl 0.1 mL를 가하여 반응을 정지시켰다. 반응액 중 산화된 pyrogallol의 양은 spectrophotometer를 이용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. SOD 유사활성은 시료 첨가 및 무첨가구 간의 흡광도 차이를 백분율(%)로 나타내었다.

$$SOD \text{ 유사활성 } (\%) = \left(1 - \frac{As}{Ac}\right) \times 100$$

As: 추출물 첨가구의 흡광도  
Ac: 추출물 무첨가구의 흡광도  
단, As와 Ac는 대조구의 흡광도를 제외한 수치

아질산염 소거능

아질산염 소거작용은 Gray와 Dugan(19)의 방법에 의하여 측정하였다. 즉, 1 mM NaNO<sub>2</sub> 용액 1 mL에 일정 농도의 시료 1 mL를 가하고 0.1 N HCl(pH 1.2)을 사용하여 pH를 1.2로 조정된 반응용액을 가해 총량을 10 mL로 하였다. 이 용액을 37°C에서 1시간 반응시킨 후 각 반응액을 1 mL씩 취하여 2% 초산용액 5 mL, Griess 시약 0.4 mL를 가하여 잘 혼합시킨 다음 실온에서 15분간 방치시킨 후 UV-spectrophotometer를 사용하여 520 nm에서 흡광도를 측정하여 잔존하는 아질산염량을 구하였다. 공식은 Griess 시약 대신 증류수를 0.4 mL 가하여 동일하게 행하였다. 아질산염 소거작용은 시료를 첨가한 경우와 첨가하지 않은 경우의 아질산염 백분율로써 나타냈으며, 이 값이 큰 것일수록 아질산염 소거작용이 크다는 것을 의미한다.

$$N (\%) = \left(1 - \frac{A-C}{B}\right) \times 100$$

N: 아질산염 소거율  
A: 1 mM NaNO<sub>2</sub> 용액에 시료를 첨가하여 1시간 반응시킨 후의 흡광도  
B: 1 mM NaNO<sub>2</sub> 용액에 증류수를 첨가하여 1시간 반응시킨 후의 흡광도  
C: 시료 추출물 자체의 흡광도

환원력 측정

Oyaizu(20)의 방법에 따라 측정하였으며 시료 1 mL에 pH 6.6의 200 mM 인산 완충액 및 1%의 potassium ferricyanide를 각 1 mL씩 차례로 가하여 교반한 후 50°C의 수욕상에서 20분간 반응시켰다. 여기에 15% TCA(trichloroacetic acid) 용액을 1 mL 가하고 12,000 rpm에서 15분간 원심분리 하여 얻은 상정액 1 mL에 증류수 및 ferric chloride 각 1 mL를 가하여 혼합한 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료의 환원력은 흡광도의 값으로 나타내었다.

통계처리

실험에서 얻어진 결과는 실험군당 평균±표준편차로 표시하였고, 각 군당 3개의 시료를 사용하여 실험은 3회 반복 시행하였다.

결과 및 고찰

총 페놀 및 플라보노이드 함량

발효를 통하여 얻은 더덕 추출물의 총 페놀 및 플라보노이드 함량은 Table 1과 같다. 생더덕과 발효더덕 추출물에서 총 플라보노이드 함량은 총 페놀 함량보다 높게 정량되었다. 즉, 총 페놀 함량은 발효더덕이 2.79 mg/100 g으로 생더덕보다 약 5배 정도의 높은 함량을 나타내었다. 또한, 플라보노이드 함량은 총 페놀과 유사한 경향으로 발효더덕이 6.19 mg/100 g으로 생더덕보다 약 5배 정도 높은 함량을 나타내었으며, 이는 Kim(21)의 연구결과와 유사한 결과를 나타내었다. 식물 기원의 시료에서 페놀 화합물은 그 함량은 많을수록 항산화 활성이 높으며(22), 식물시료의 변색에 주된 영향을 미치는 인자로 알려져 있다(23). 플라보노이드류는 polyphenolic substance로서 화학구조에 따라 flavonols, flavones, catechins, isoflavones 등으로 분류되며, 물과 에탄올에 대한 용해도가 다르고 이들의 구조적 차이에 따라 과산화 지질 생성 억제 등의 생화학적 활성에 영향을 준다(24). 따라서 발효더덕 추출물이 일반 생더덕에 비해 높은 총 페놀 및 플라보노이드 함량을 나타내어 항산화 발효더덕 추출물이 항산화 활성이 높을 것으로 사료된다.

DPPH radical에 대한 전자공여능

전자공여능 측정에 사용된 DPPH는 안정한 자유 라디칼로서 그것의 비공유전자로 인해 517 nm 부근에서 최대 흡수치를 나타내며, 전자 또는 수소를 받으면 517 nm 부근에서 흡광도가 감소하며 각 추출물에서 이러한 라디칼을 환원시

Table 1. Total phenol and flavonoid contents in water extracts from Dodok and fermented Dodok (mg/100 g)

Sample	Dodok	Fermented Dodok
Phenol contents	0.54±2.24	2.79±1.78
Flavonoid contents	2.26±1.31	6.19±1.38

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

Table 2. DPPH radical scavenging ability in water extracts from Dodok and fermented Dodok (%)

Sample	Concentration ( $\mu\text{g/mL}$ )				
	200	400	600	800	1,000
Dodok	8.0 $\pm$ 0.1	7.2 $\pm$ 0.1	8.2 $\pm$ 0.2	10.7 $\pm$ 0.1	17.9 $\pm$ 0.1
Fermented Dodok	32.9 $\pm$ 0.1	52.3 $\pm$ 0.1	65.4 $\pm$ 0.1	73.0 $\pm$ 0.3	74.9 $\pm$ 0.2

Values are mean $\pm$ SE. Values are mean of triplicates.

Table 3. SOD-like activities of the extracts from Dodok and fermented Dodok (%)

Sample	Concentration ( $\mu\text{g/mL}$ )				
	200	400	600	800	1,000
BHA	6.2 $\pm$ 0.3	14.1 $\pm$ 0.9	21.4 $\pm$ 1.0	28.0 $\pm$ 1.1	33.2 $\pm$ 1.2
Dodok	0.6 $\pm$ 0.2	3.5 $\pm$ 0.8	8.2 $\pm$ 0.3	10.4 $\pm$ 1.0	16.5 $\pm$ 0.7
Fermented Dodok	3.5 $\pm$ 0.7	8.6 $\pm$ 0.8	12.5 $\pm$ 0.3	16.9 $\pm$ 0.8	21.6 $\pm$ 0.8

Values are mean $\pm$ SE. Values are mean of triplicates.

키거나 상쇄시키는 능력이 크면 높은 항산화 활성 및 활성산소를 비롯한 다른 라디칼에 대하여 소거 활성을 기대할 수 있으며 인체 내에서 활성 라디칼에 의한 노화를 억제하는 척도로도 이용할 수 있다.

발효더덕 추출물의 DPPH 소거 활성을 농도별로 측정하여 비교한 결과를 Table 2에 나타내었다. 발효에 따라 1,000  $\mu\text{g/mL}$  농도에서 74.9%로 가장 활성이 높게 나타났으며 생더덕과 비교하였을 때 약 4배의 높은 활성을 보였다. Na 등(25)은 결명자의 물과 에탄올 추출물의 항산화 활성 측정에서 에탄올 추출물의 전자공여능이 물 추출물보다 우수하였는데, 에탄올 추출물 중에 폴리페놀의 용출이 높았기 때문이라고 하였다. 따라서 식물체 추출물의 DPPH radical 소거에 의한 전자공여능이 페놀류나 플라보노이드 물질에 기인하여 항산화 활성을 나타내는 것으로 볼 때(26), 발효더덕 추출물에서 전자공여능이 높았던 것도 이에 함유된 총 페놀 및 플라보노이드 함량에 기인된 것으로 판단된다.

#### SOD 유사활성

SOD는 항산화 효소로서 세포에 해로운 환원 산소종을 과산화수소로 전환시키는 반응( $2\text{O}_2^- + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2 + \text{O}_2$ )을 촉매하는 효소이며, SOD에 의해 생성된  $\text{H}_2\text{O}_2$ 는 peroxidase나 catalase에 의해 물분자와 산소분자로 전환되는 중요한 효소 중에 하나이다. SOD 유사활성 물질은 효소는 아니지만 주로 phytochemical에 속하는 저분자 물질이 SOD와 유사한 역할을 하여 superoxide의 반응성을 억제하여 superoxide로부터 생체를 보호한다고 보고되어 있다. 따라서 SOD 유사활성을 갖는 물질을 섭취함은 인체 내의 superoxide를 제거함으로써 노화 억제와 더불어 산화적 장해를 방어할 수 있는 방법으로 여겨진다(27).

이러한 항산화효소 활성을 살펴본 결과는 Table 3에 나타내었다. 발효더덕 추출물이 1,000  $\mu\text{g/mL}$ 의 농도에서 21.6%로 나타내며 모든 농도에서 생더덕에 비해 높은 SOD 유사활성을 나타내었다. 모든 추출물들이 BHA보다는 낮지만 대체적으로 높은 활성을 나타내었다. 이는 Lim 등(28)이 보고한

대나무 에탄올 추출물의 76.1%나 Choi 등(29)이 보고한 밤꽃 메탄올 추출물의 65.1%의 SOD 유사활성에는 미치지 못하나 Chung 등(30)의 연구에서 보고된 약용식물 60여종의 평균 34.8%와 유사한 수치를 나타내었다.

#### 아질산염 소거능

발암에 관련된 물질로 알려진 nitrite는 독성을 가지고 있고, nitrate도 체내, 체외에서 효소작용에 의해 nitrite로 환원되기 때문에 일정농도 이상 섭취할 경우, 식품내의 amine류와 반응하여 발암물질인 nitrosamine을 생성하고, 또한 혈액 중의 hemoglobin이 산화되어 methemoglobin을 형성하여 methemoglobin 증 등 각종 중독을 일으키는 것으로 알려져 있다. 따라서 이러한 아질산염을 소거 및 제거하여 그에 동반되는 질병을 억제할 수 있는 천연물 검색에 대한 연구가 필요하다. Ascorbate와 같은 환원물질이 아질산염과 반응하면 nitrosamine의 생성을 저해할 수 있으며, phenolic 화합물인 tannic acid 유도체는 식품 보존료 및 N-nitrosamine 형성 저해제로 사용되기도 한다.

생더덕 및 발효더덕 추출물의 아질산염 소거능은 반응조건의 pH를 1.2, 3.0, 4.2, 6.0으로 달리하여 각각 측정하였다

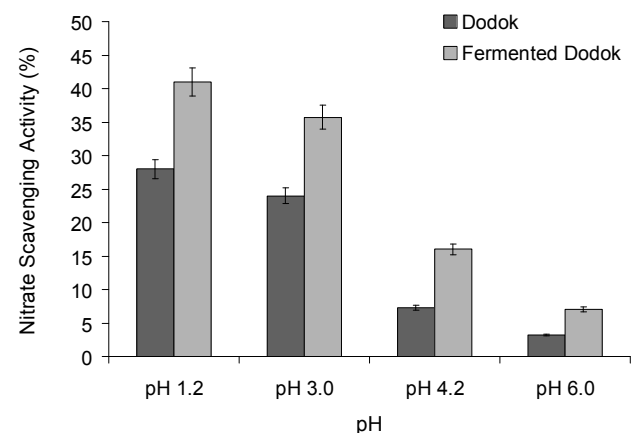


Fig. 1. Nitrate scavenging activity (%) on the extracts from Dodok and fermented Dodok.

Table 4. Reducing power of the extracts from Dodok and fermented Dodok (%)

Sample	Concentration ( $\mu\text{g/mL}$ )				
	200	400	600	800	1,000
Dodok	$0.05 \pm 0.00$	$0.07 \pm 0.04$	$0.15 \pm 0.10$	$0.27 \pm 0.24$	$0.34 \pm 0.14$
Fermented Dodok	$0.12 \pm 0.08$	$0.28 \pm 0.07$	$0.36 \pm 0.15$	$0.45 \pm 1.32$	$0.65 \pm 0.21$

Values are mean  $\pm$  SE. Values are mean of triplicates.

(Fig. 1). pH 1.2에서는 각각 28%와 41%의 소거율을 나타냈으며, pH 3.0에서는 24%와 35.7%, pH 4.2에서는 7.3%와 16.0%, pH 6.0에서는 3.2%와 7.0%로 나타나 강한 산성에서는 일정 활성을 나타내었으나 pH 3.0 이후 pH 증가에 따라 소거율이 크게 감소하는 경향을 보였다. Shin 등(31)은 유자 추출물의 아질산염 소거능은 유자에 함유된 비타민 C, 페놀성 화합물 및 유기산의 상호작용에 기인한다고 한 보고에 의하면 페놀성 화합물의 높은 함량에 의해 아질산 소거능이 감소한 것으로 사료된다. 이는 항균 및 항암효과가 있다고 알려진 솔잎 추출물 연구(32)에서 보고된 77.85%나 쑥 추출물 연구(33)의 37% 아질산염 소거능에는 미치지 못하는 수치로, 높은 효과를 얻기 위해서는 시료로부터의 활성물질 분리·동정 연구가 병행되어야 할 것으로 사료된다.

#### 환원력 측정

항산화 작용의 여러 가지 기작 중에서 활성 산소종 및 유리기에 전자를 공여하는 능력이 환원력이므로 이를 측정하여 항산화 활성을 검정하는 수단으로 이용할 수 있으며, 환원력이 강할수록 녹색에 가까게 발색되므로 항산화 활성이 큰 물질일수록 높은 흡광도 값을 나타낸다(34). 그리하여 발효 더덕추출물의 환원력을 조사한 결과를 Table 4에 나타내었다. 생더덕 추출물은 1,000  $\mu\text{g/mL}$ 에서 0.34로 가장 높은 환원력을 나타내었으며, 발효더덕 추출물은 1,000  $\mu\text{g/mL}$ 에서 0.65로 가장 높은 환원력을 보였다.

#### 요 약

발효더덕의 기능성식품 및 화장품 소재로서의 이용 가능성을 조사하기 위해 발효더덕의 열수 추출물의 총 페놀 함량, 총 플라보노이드 함량, 전자공여능, SOD 유사활성, 아질산염 소거능, 환원력을 측정하였다. 발효더덕 추출물의 총 페놀 함량은 2.79 mg/100 g, 총 플라보노이드 함량은 6.19 mg/100 g으로 생더덕보다는 총 플라보노이드 및 총 페놀 화합물이 많이 함유한 것으로 나타났다. 전자공여능은 발효더덕 추출물에서 32.9~74.9%, 생더덕에서 8.0~17.9%의 범위로 발효더덕 추출물에서 비교적 높은 활성을 나타내었다. SOD 유사활성을 측정한 결과 생더덕 추출물은 0.6~16.5%, 발효더덕 추출물은 3.5~21.6%의 범위로 분석되었으며, 농도에 따른 유의적 증가 현상을 나타내었다. 아질산염 소거능은 모든 pH 조건(pH 1.2, 3.0, 4.2, 6.0) 하에서 발효더덕 추출물이 높은 아질산염 소거능을 나타내었으며, pH가 증가할수록

감소하였다. 환원력의 경우에는 발효더덕 추출물이 1,000  $\mu\text{g/mL}$ 에서 0.65의 값으로 가장 높은 활성을 보였다. 이상의 결과로부터 발효더덕 추출물은 항산화능이 있음을 확인할 수 있었으며, 발효더덕의 이러한 우수한 결과의 확인을 위하여 발효에 의한 성분 변화에 대하여 더욱 연구가 필요할 것으로 사료된다.

#### 감사의 글

본 논문은 농촌진흥청에서 시행한 2009년 15대 어젠다 농업연구개발사업(과제번호, 200901AFT143782462)의 지원에 의한 연구결과의 일부로 이에 감사드립니다.

#### 문헌

- Kim JP, Chon IJ, Cho HK, Han IH, Whang WK. 2004. The antioxidant and the antidiabetic effects of ethanol extract from biofunctional foods prescriptions. *Kor J Pharmacogn* 35: 98-103.
- Dean RT, Gieseg Davies MJ. 1993. Reactive species and their accumulation on radical damaged proteins. *Trends Biochem Sci* 18: 437-441.
- Jung SJ, Lee JH, Song HN, Seong NS, Lee SE, Beak NI. 2004. Screening for antioxidant activity of plant medicinal extracts. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 47: 135-140.
- Ames BN, Saul RL. 1987. Oxidative DNA damage, cancer and aging. Oxygen and human disease. *Am Inter Med* 107: 536-539.
- Branen AL. 1975. Toxicology and biochemistry of butylated hydroxy anisol and butylated hydroxytoluene. *J Am Oil Chem Soc* 52: 59-63.
- Choe SY, Yang KH. 1982. Toxicological studies of anti-oxidants butylated hydroxytoluene (BHT) and butylated hydroxy anisol (BHA). *Korean J Food Sci Technol* 14: 283-288.
- Pratt DE, Huang MT, Ho ST, Lee CY. 1992. Phenolic compounds in food and their effects on health (II). In *Antioxidants and Cancer Prevention*. American Chemical Society, Washington, DC, USA. p 54-71.
- 임기홍. 1965. 약용식물학(각론). 서울, 동명사. p 354.
- Kim CH, Chung MH. 1975. Pharmacognostical studies on *Condopsis lanceolata*. *Natural Product Sciences* 6: 43-47.
- Maeng YS, Park HK. 1991. Antioxidant activity of ethanol extract from Dodok (*Codonopsis lanceolata*). *Korean J Food Sci Technol* 23: 311-316.
- Kim SY, Kim HS, Su IS, Yi HS, Kim HS, Chung SY. 1993. Effects of the feeding *Platycodon grandiflorum* and *Codonopsis lanceolata* on the lipid components of serum and liver in rats. *J Korean Soc Food Nutr* 22: 517-523.
- 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.
13. 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.
  14. Park CK, Tu Q, Yu KW, Jeong JH, Jeong HS, Lee HY. 2009. Chemical composition and antioxidant activity of the fermented Korean ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) with mushroom mycelium by solid culture. Abstract No II-23 presented at 2009 Annual Meeting of the Korean Society of Medical Crop Science. Korea.
  15. Gutfinger T. 1981. Polyphenols in olive oils. *JAOCS* 58: 966-967.
  16. Moreno MIN, Isla MIN, Sampietro AR, Vattuone MA. 2000. Comparison of the free radical scavenging activity of propolis from several region of Argentina. *J Ethnopharmacol* 71: 109-114.
  17. Lee HH, Lee SY. 2008. Cytotoxic and antioxidant effects of *Taraxacum coreanum* Nakai. and *T. officinale* WEB. extracts. *Korean J Medicinal Crop Sci* 16: 79-85.
  18. Marklund S, Marklund G. 1975. Involvement of the superoxide anion radical in the autoxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eur J Biochem* 47: 469-474.
  19. Gray JI, Dugan Jr LR. 1975. Inhibition of n-nitrosamine formation in model food system. *J Food Sci* 40: 981-984.
  20. Oyaizu M. 1986. Studies on products of browning reactions: antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Japanese J Nutr* 44: 307-315.
  21. Kim SH. 2009. Cholesterol lowering activities of *Codonopsis lanceolata* and *Platycodon grandiflorum* extracts. *PhD Dissertation*. Kangwon National University, Chuncheon. p 29-30.
  22. Duval B, Shetty K. 2001. The stimulation of phenolics and antioxidant activity in pea (*Pisum sativum*) elicited by genetically transformed anise root extract. *J Food Biochem* 25: 361-377.
  23. Choi KS, Lee HY. 1999. Characteristics of useful components in the leaves of Baechohyang (*Agastache rugosa* O. Kuntze). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 326-332.
  24. Middleton EJ, Kandaswami C. 1994. Potential health promoting properties of citrus flavonoids. *Food Technol* 48: 115.
  25. Na GM, Han HS, Te Sh, Kim HK. 2004. Extraction characteristics and in calcium related disorders of vegetable crops with particular reference to lettuce tipburn, Commun. *In Soil Sci Plant Anal* 10: 481-485.
  26. Kang YH, Park YK, Lee GD. 1996. The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. *Korean J Food Sci Technol* 28: 624-630.
  27. Kitani K, Minami C, Amamoto 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.
  28. Lim JA, Na YS, Baek SH. 2004. Antioxidative activity and nitrite scavenging ability of ethanol extract from *Phylllostachys bambusoides*. *Korean J Food Sci Technol* 36: 306-310.
  29. Choi CS, Song ES, Kim JS, Kang MH. 2003. Antioxidative activities of *Castanea crenata* Flos. methanol extracts. *Korean J Food Sci Technol* 35: 1216-1220.
  30. Chung IM, Kim KH, Ahn JK. 1998. Screening of Korean medicinal and food plants with antioxidant activity. *Korean J Medicinal Crop Sci* 6: 311-322.
  31. Shin JH, Lee JY, Cho HS, Lee SJ, Jung KH, Sung NJ. 2004. Screening of effective factor to inhibition of NDMA formation in Yuza (*Citrus junos*). *J Fd Hyg Safety* 19: 126-131.
  32. Hong TG, Lee YR, Hyun CN, Yim MH. 2004. Physiological functionality and nitrite scavenging ability of fermentation extracts from pine needles. *Korean J Food Preserv* 11: 94-99.
  33. Park CS, Kwon CJ, Choi MA, Park GS, Choi KH. 2002. Antioxidative and nitrite scavenging activities of mugwort and pine needle extracts. *Korean J Food Preserv* 9: 248-252.
  34. Kim JH, Kim JK, Kang WW, Ha YS, Choi SW, Moon KD. 2003. Chemical composition and DPPH radical scavenger activity in different sections of safflower. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 733-738.

(2009년 5월 28일 접수; 2009년 6월 6일 채택)