

## 새싹 더덕의 항산화 활성

황병순 · 권수현\* · 김지영\*\* · 김기창\*\*\* · 황인국\*\*\*

농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부 박사전문연구원, \*농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부 공무원연구원,  
\*\*농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부 석사전문연구원, \*\*\*농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부 농업연구사

### Antioxidant Activity of Deodeok (*Codonopsis lanceolata*) Sprout

Byung Soon Hwang, Su Hyun Kwon\*, Ji Yeong Kim\*\*, Gi-Chang Kim\*\*\* and †In Guk Hwang\*\*\*

Post-Doctor, Dept. of Agrofood Resources, National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

\*Assistant Researcher, Dept. of Agrofood Resources, National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration, Wanju, 55365, Korea

\*\*Post-Master, Dept. of Agrofood Resources, National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

\*\*\*Researcher, Dept. of Agrofood Resources, National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

### Abstract

The purpose of this study was to determine the content of polyphenols and flavonoids, vitamin C, and antioxidant activity for the extract from the Deodeok sprout. To accomplish this, the Deodeok sprout whole (CLS-W), above ground part (leaf, stem, CLS-L), and root (CLS-R) were individually extracted using 70% ethanol. The highest levels of total polyphenols and total flavonoids were observed in the Deodeok sprout extract CLS-L2. Similarly, antioxidant activities resulting in radical scavenging activities increased significantly in the extract of CLS-L2. In conclusion, these results indicate that Deodeok sprouts can be used as a viable, new natural antioxidant source.

Key words: deodeok sprout, *Codonopsis lanceolata*, polyphenol, flavonoid, antioxidant activity

### 서 론

활성산소종(Reactive oxygen species, ROS)은 세포 내 미토콘드리아와 같은 기관의 정상적인 대사 및 세포질 내 일부 효소들에 의하여 자연적으로 생성되며, 세포 내에 적당량이 존재할 경우 여러 가지 세포반응을 조절할 수 있는 신호분자가 된다. 하지만 과량의 활성산소는 DNA 손상과 단백질의 불활성화 및 세포막을 공격하여 생체기능을 저하시킴으로써 노화를 유발할 뿐만 아니라, 고혈압, 당뇨병, 심장병, 동맥경화, 암 등과 같은 여러 질환의 원인으로 잘 알려져 있다(Kang YH 2009; Kim 등 2010). 따라서 활성산소를 소거시키는 효과가 있다면 항산화제로서 다양한 질병을 예방하기 위한 기능성 소재로 사용될 수 있을 것이다. 천연에서 얻을 수 있는 항산화 물질들의 대부분은 phenolic 및 flavonoid 계열의 화합물로 보고되어 있다(Kang 등 1996; Cha 등 2004).

한편, 더덕(*Codonopsis lanceolata*)은 초롱꽃과(Campanulaceae) 더덕 속에 속하는 여러해살이 덩굴식물로 한국, 중국, 일본을 포함한 동아시아에 많이 자생 또는 재배되는 작물이다. 생리활성 연구로는 항산화(Kang YH 2009; Kim 등 2010), 간기능 강화(Kim 등 2009; Cha 등 2012), 혈청지질 감소효과(Park 등 2012), 항염증(Xu 등 2008; Kim 등 2014), 항암(Lee 등 2005; Wang 등 2011), 항 당뇨효과(Kim OK 2016) 등이 보고되고 있다(Hosen 등 2016). 더덕에 함유된 화합물로는 organic acid 계열 shikimic acid, polyacetylene 계열 lobetyol, lobetyolin, lobetyolinin, phenylpropanoid 계열 tangshenoside I, II, III, IV, VIII, 그 밖의 성분으로 triterpene 계열 lancemaside A, B, C, D, E, 등이 보고된 바 있다(Ren 등 2013; Zhao 등 2013; Hossen 등 2016; Gao 등 2018).

더덕의 연구가 진행되고 있지만 새싹 더덕에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 종자로부터 싹을 틔워 나물로 만드

† Corresponding author: In Guk Hwang, Researcher, Dept. of Agrofood Resources, National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea. Tel: +82-63-238-3672, Fax: +82-63-238-3843, E-mail: ighwang79@korea.kr

는 단순하고 값싼 공정과정은 식품의 영양적 가치뿐만 아니라, 건강 기능성 측면에서 식품의 품질을 증가시키는 것으로 알려져 있다(Chon 등 2013). 최근에는 새싹 보리, 브로콜리새싹, 인삼새싹 등의 항산화, 미백, 신경세포 보호효과 등 기능성에 대한 연구가 보고되고 있다(Byun 등 2018; Koh 등 2019; Lee 등 2019). 따라서 본 연구는 새싹 더덕의 전체, 지상부(잎, 줄기), 뿌리를 부위별로 각각의 에탄올 추출물에 대한 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량, 비타민 C 함량과 항산화 활성에 관하여 비교 평가하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

본 실험에 사용된 새싹 더덕은 강원도 횡성군 소재 농가로 부터 제공받아 사용하였다. 2019년 5월 10일 노지에 파종하여 7월 1일, 8일 및 15일 수확시기별로 각각 3.0 kg씩 재취하여 분석용 시료로 사용하였다. 채취시기별로 수집한 새싹 더덕의 외관특성은 각각의 시료 100점에 대한 전체, 지상부(잎, 줄기), 뿌리 부위별 길이와 중량을 측정하였다(Table 1).

### 2. 추출물 제조

동결건조한 새싹 더덕 분말 4 g에 70% ethanol 80 mL를 넣고 30분 동안 초음파 추출한 후, 3,000 rpm에서 10분간 원심분리(Union 55R, Hanil Science industrial Co., Inchen, Korea) 하여 상등액을 회수하였다. 위 과정을 3회 반복하여 회수한 상등액을 Whatman No. 2 여과지로 여과한 후 감압 농축하여 추출물을 시료로 사용하였다.

### 3. 폴리페놀 함량

새싹 더덕의 총 폴리페놀 함량은 추출물 0.1 mL에 2%

Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>용액 2 mL를 가하여 실온에서 3분간 방치한 후, 50% Folin-Ciocalteu's reagent 0.1 mL를 가하고 잘 혼합하여 실온에서 30분간 정치한 다음 750 nm에서 흡광도 값을 Microplate Reader(Infinite 200 PRO, TECAN, Austria)를 이용하여 측정하였다. 총 폴리페놀함량은 garlic acid(Sigma, St. Louis, MO, USA)를 표준물질로 하여 표준검량 곡선을 작성한 후, 총 폴리페놀 함량은 시료 g당 mg garlic acid로 나타내었다(Dewanto 등 2002).








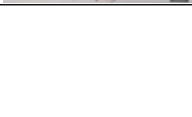

### 4. 플라보노이드 함량

새싹 더덕의 총 플라보노이드 함량은 추출물 250 µL에 증류수 1 mL와 5% NaNO<sub>2</sub> 75 µL를 가한 후 실온에서 5분간 방치하였다. 이후 10% AlCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O 150 µL를 가하여 6분간 방치한 후 1 M NaOH 500 µL를 가하였다. 11분 후, 510 nm에서 반응액의 흡광도 값을 microplate Reader를 이용하여 측정하였다. 표준물질로는 (+)-catechin hydrate(Sigma, St. Louis, MO, USA)를 사용하여 표준검량곡선을 작성한 후, 총 플라보노이드 함량은 시료 g당 mg (+)-catechin hydrate으로 나타내었다(Zhishen 등 1999).

### 5. DPPH radical scavenging activity

새싹 더덕의 DPPH radical scavenging activity 측정은 DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl)를 methanol에 2시간 동안 충분히 용해하여 제조한 후, microplate reader를 이용하여 520 nm에서 흡광도 값이 1.0이 되도록 methanol로 희석하였다. 희석된 DPPH용액 1 mL에 새싹 더덕 추출물 50 µL를 첨가하여 실온에서 30분간 방치한다. 이후 520 nm에서 microplate reader를 이용하여 흡광도의 감소치를 측정하여 AEAC(L-ascorbic acid equivalent capacity)로 나타내었다(Hwang 등 2011).

Table 1. Comparison in sprout length and weight of Deodeok sprouts

Harvest times	Samples			Length(cm)	Weight(g)
	Parts	Code			
2019.07.01. (1st)		Whole	CLS-W1	18.96±3.43 <sup>1)</sup>	137.30±4.57 <sup>1)</sup>
		Leaf+stem	CLS-L1	12.25±2.72	112.23±5.60
		Root	CLS-R1	6.71±2.01	25.07±1.37
2019.07.08. (2nd)		Whole	CLS-W2	25.31±4.97	365.13±41.33
		Leaf+stem	CLS-L2	17.92±4.47	266.87±50.61
		Root	CLS-R2	7.39±1.66	62.03±8.24
2019.07.15. (3rd)		Whole	CLS-W3	31.00±6.37	530.67±47.08
		Leaf+stem	CLS-L3	23.31±5.75	441.67±34.93
		Root	CLS-R3	7.69±1.72	89.00±14.73

<sup>1)</sup> Mean±SD (n=100).

## 6. ABTS radical scavenging activity

새싹 더덕의 ABTS radical scavenging activity 측정은 7 mM ABTS(2,2'-Azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid), Sigma, St. Louis, MO, USA)와 2.45 mM potassium persulfate(Sigma, St. Louis, MO, USA)를 12~16시간 실온에서 암반응하여 ABTS radical 양이온을 형성시킨 후, microplate reader를 이용하여 735 nm에서 흡광도 값이 1.0이 되도록 증류수로 희석하였다. 희석한 ABTS 용액 1.0 mL에 새싹 더덕 추출물 50 µL를 첨가하여 실온에서 30분간 방치한다. 이후 735 nm에서 흡광도의 감소치를 측정하여 AEAC로 나타내었다(Jeong 등 2017).

## 7. 비타민 C 함량

동결건조한 시료 0.50 g을 정확히 칭량하여 50 mL centrifuge tube에 담아 5 mM TCEP가 포함된 5% MPA 용액 25 mL를 가하고, 2,000 rpm에서 homogenizer(Polytron RT 2500 E, Kinematica AG, Luzern, Switzerland)로 2분간 균질화시켰다. 추출한 다음 3,000 rpm에서 10분간 원심분리(Union 55R, Hanil Science industrial Co., Inchen, Korea)하여 상등액을 최종 25 mL로 정용하였다. 추출물은 0.2 µm syringe filter로 여과하여 HPLC 분석용 시료로 사용하였다. HPLC(Waters 2695, Milford, MA, USA)의 분석조건은 column으로 Mightysil RP-18 GP column(4.6×250 mm, 5 µm, Kanto chemical, Tokyo, Japan)을 사용하였고, 온도는 20°C로 유지하였다. 이동상은 0.1% trifluoroacetic acid(TFA)를 0.6 mL/min 속도로 흘려주었고, 시료 10 µL를 주입하여 UV detector를 사용하여 254 nm에서 분석하였다(Lee 등 2016).

## 8. 통계처리

통계분석은 SPSS 통계프로그램(Statistical Package for the Social Science, Ver. 12.0 SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하고, 시료간의 차이 유무를 one-way ANOVA(analysis of variance)로 분석한 뒤, 신뢰구간  $p < 0.05$ 에서 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량

수확시기에 따른 새싹 더덕의 총 폴리페놀 함량 분석 결과는 Table 2와 같다. 폴리페놀류는 phenolic hydroxy기를 가진 방향족 화합물로 다양한 구조와 많은 종류가 보고되고 있으며(Kim 등 2012), 식용 및 약용 식물에 다량 함유되어 있다. 총 폴리페놀 함량은 건조 분말 시료 g당 gallic acid의 등량 값으로 환산하여 나타낸 결과, 1차로 수확한 새싹더덕의 경

**Table 2. Total polyphenol and total flavonoid content of Deodeok sprouts**

Samples	Extract yield(%)	Mean±SD <sup>1)</sup>	
		Total polyphenol (mg GAE eq/g)	Total flavonoid (mg CE eq/g)
CLS-W1	36.93	19.83±0.31 <sup>c2)</sup>	16.60±0.73 <sup>b</sup>
CLS-L1	36.99	24.00±0.80 <sup>a</sup>	21.17±1.16 <sup>a</sup>
CLS-R1	39.96	7.01±0.83 <sup>b</sup>	3.94±0.21 <sup>c</sup>
CLS-W2	39.89	17.86±0.51 <sup>b</sup>	16.92±0.84 <sup>b</sup>
CLS-L2	37.92	27.63±0.38 <sup>a</sup>	24.35±0.73 <sup>a</sup>
CLS-R2	40.90	4.82±0.01 <sup>c</sup>	3.42±0.17 <sup>c</sup>
CLS-W3	36.96	13.89±1.10 <sup>b</sup>	12.27±0.70 <sup>b</sup>
CLS-L3	36.96	20.10±0.50 <sup>a</sup>	18.98±0.74 <sup>a</sup>
CLS-R3	37.97	4.65±0.26 <sup>c</sup>	2.93±0.12 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup> Mean±SD in triplicate (n=3).

<sup>2)</sup> Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ( $p < 0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

우, 지상부 CLS-L1이 24.00 mg GAE eq/g으로 높았고, CLS-W1, CLS-R1 순으로 감소하였다. 2차와 1차 수확시기의 경우, 유사한 경향을 나타내었다. 전체 수확시기를 비교한 결과, 2차 수확시기 CLS-L2가 27.63 mg GAE eq/g으로 가장 높았고, CLS-R3의 경우 4.65 mg GAE eq/g으로 가장 낮은 함량을 나타내었다.

총 플라보노이드 함량은 건조 분말 시료 g당 catechin hydrate의 등량 값으로 환산하여 나타낸 결과, 1차로 수확한 새싹더덕의 경우 지상부 CLS-L1이 21.17 mg CE eq/g으로 높았고, CLS-W1, CLS-R1 순으로 감소하였다. 2차와 3차는 1차 수확시기의 경우 유사한 경향을 나타내었다. 전체 수확시기를 비교한 결과, 2차 수확시기 CLS-L2가 24.35 mg CE eq/g으로 가장 높았고, 3차 수확시기 CLS-R3의 경우 2.93 mg CE eq/g으로 가장 낮은 함량을 나타내었다.

### 2. 비타민 C 함량

비타민 C는 대표적인 항산화물질로 잘 알려져 있으며(Lee 등 2012), 새싹 더덕의 비타민 C 함량을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 건조 분말 시료 g당 비타민 C 함량은 1차로 수확한 새싹더덕의 경우 지상부 CLS-L1이 0.45 mg/g으로 높았고, CLS-W1, CLS-R1 순으로 감소하였다. 2차 수확시기 CLS-L2가 0.49 mg/g으로 높았고, CLS-W2, CLS-R2 순으로 감소하였다. 3차 수확시기의 경우 CLS-L3, CLS-W3, CLS-R3 순으로 나타났으며, 전체 수확시기를 비교한 결과 CLS-L3의 경우 0.56 mg/g으로 가장 높은 함량을 나타내었고, 1차 수확시기 CLS-R1의 경우 0.15 mg/g으로 가장 낮은 함량을 나타내었다.

**Table 3. Vitamin C content of Deodeok sprout by harvest time**

Samples	Vitamin C	
	Mean±SD <sup>1)</sup> (mg/g)	RSD <sup>2)</sup> (%)
CLS-W1	0.32±0.00 <sup>b3)</sup>	1.39
CLS-L1	0.45±0.02 <sup>a</sup>	3.69
CLS-R1	0.15±0.01 <sup>c</sup>	3.90
CLS-W2	0.37±0.01 <sup>b</sup>	3.98
CLS-L2	0.49±0.04 <sup>a</sup>	8.37
CLS-R2	0.16±0.00 <sup>c</sup>	1.59
CLS-W3	0.39±0.01 <sup>b</sup>	2.09
CLS-L3	0.56±0.01 <sup>a</sup>	1.67
CLS-R3	0.16±0.01 <sup>c</sup>	5.53

<sup>1)</sup> Mean±SD in triplicate (n=3).

<sup>2)</sup> RSD: relative standard deviation.

<sup>3)</sup> Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ( $p<0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

각각의 부위별 비타민 C 함량을 비교한 결과, 지상부(잎, 줄기), 전체, 뿌리 순으로 높게 나타내었고, 수확시기가 늦을수록 비타민 C 함량이 높게 나타나는 경향을 보였다.

### 3. DPPH radical scavenging activity

DPPH는 항산화제의 자유라디칼 소거활성을 평가하는데 사용되며, 새싹더덕의 부위별 추출물의 DPPH 라디칼 소거활성 결과는 Table 4와 같다. 수확시기별 1차로 수확한 새싹더덕의 경우 지상부 CLS-L1이 47.36 mg AA eq/g으로 높았고, CLS-W1 42.38 mg AA eq/g, CLS-R1 2.71 mg AA eq/g 순으로 감소하였다. 2차 수확시기 CLS-L2가 50.58 mg AA eq/g으로 높았고, CLS-W2 36.90, CLS-R2 2.29 mg AA eq/g 순으로 감소하였다. 3차 수확시기 CLS-L3의 경우 42.57 mg AA eq/g으로 높았고, CLS-W3 31.49, CLS-R3 2.23 mg AA eq/g순 높게 나타내었다. 특히 전체 새싹더덕 중 CLS-L2가 DPPH 라디칼 소거능이 50.58 mg AA eq/g으로 가장 높게 나타났으며, CLS-R3는 가장 낮은 2.29 mg AA eq/g으로 나타나는 것을 관찰할 수 있었다.

### 4. ABTS radical scavenging activity

새싹더덕의 부위별 추출물의 ABTS 라디칼 소거활성 결과는 Table 4와 같다. 수확시기별 1차로 수확한 새싹더덕의 경우 지상부 CLS-L1이 34.53 mg AA eq/g으로 높았고, CLS-W1 27.62 mg AA eq/g, CLS-R1 8.92 mg AA eq/g 순으로 감소하였다. 2차 수확시기 CLS-L2가 42.48 mg AA eq/g으로 높았고, CLS-W2 24.64, CLS-R2 5.94 mg AA eq/g 순으로 감소하였다.

**Table 4. Antioxidant activity of Deodeok sprout**

Samples	Radical scavenging activity(mg AA eq/g)	
	DPPH	ABTS
CLS-W1	42.38±0.66 <sup>b2)</sup>	27.62±1.83 <sup>b</sup>
CLS-L1	47.36±0.78 <sup>a</sup>	34.50±1.19 <sup>a</sup>
CLS-R1	2.71±0.30 <sup>c</sup>	8.92±0.11 <sup>c</sup>
CLS-W2	36.90±1.10 <sup>b</sup>	24.64±1.74 <sup>b</sup>
CLS-L2	50.58±1.02 <sup>a</sup>	42.48±1.13 <sup>a</sup>
CLS-R2	2.29±0.24 <sup>c</sup>	5.94±0.08 <sup>c</sup>
CLS-W3	31.49±1.43 <sup>b</sup>	23.27±0.57 <sup>b</sup>
CLS-L3	42.57±0.04 <sup>a</sup>	30.54±2.55 <sup>a</sup>
CLS-R3	2.23±0.15 <sup>c</sup>	5.37±0.04 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup> Mean±SD in triplicate (n=3).

<sup>2)</sup> Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ( $p<0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

3차 수확시기의 경우 CLS-L3, CLS-W3, CLS-R3 순으로 나타났으며, CLS-R3의 경우 5.37 mg AA eq/g으로 가장 낮은 함량을 나타내었다. 특히 전체 새싹더덕 중 CLS-L2가 ABTS 라디칼 소거능이 42.48 mg AA eq/g으로 가장 높게 나타났으며, CLS-R3는 가장 낮은 5.37 mg AA eq/g으로 나타나는 것을 관찰할 수 있었다. 새싹 더덕의 ABTS 라디칼소거활성 결과는 DPPH 라디칼소거활성 결과와 유사한 경향을 나타냈으며, 유의적인 차이를 나타내었다.

결론적으로 새싹더덕의 수확시기가 늦을수록 비타민 C 함량이 높게 나타나는 경향을 보였고, 수확시기별, 부위별 총 폴리페놀, 플라보노이드와 항산화 활성을 비교한 결과, 2차로 수확한 지상부(잎, 줄기) CLS-L2 샘플이 가장 높은 함량과 항산화활성을 나타내었다. 3차로 수확한 새싹더덕은 폴리페놀, 플라보노이드와 항산화 활성이 전부 낮게 나왔다. 부위별로는 전체 수확시기마다 새싹더덕의 지상부(잎, 줄기), 전체, 뿌리 순으로 높게 나타내었다. 새싹더덕 추출물의 항산화 성분과 활성간의 상관관계를 분석한 결과, 폴리페놀과 플라보노이드 함량이 높을수록 ABTS와 DPPH 라디칼 소거능이 높았으며, Table 5과 같이 상관관계 지수는 양의 상관관계를 보였다( $p<0.01$ ). 총 폴리페놀과 항산화 활성의 높은 상관관계가 있다고 보고(Hwang 등 2013)와 phenol 성 물질이 환원력이 크기 때문에 전자공여능이 높아 radical 소거에 밀접한 관련이 있다는 연구결과(Kang 등 1996; Cha 등 2004)에 따라 새싹더덕 지상부(잎, 줄기) 추출물은 새싹 전체, 뿌리보다 천연 항산화제로서 건강기능식품 소재로의 활용 가능성이 높다고 판단된다.

**Table 5. Correlation coefficients among the total polyphenol contents, total flavonoid contents, vitamin C contents, DPPH radical scavenging activity, and ABTS radical scavenging activity, of Deodeok sprout extracts**

Factor	TPC	TFC	DPPH	ABTS	Vit.C
TPC	1.000	0.994**	0.976**	0.993**	0.884**
TFC	-	1.000	0.985**	0.990**	0.918**
DPPH	-	-	1.000	0.975**	0.915**
ABTS	-	-	-	1.000	0.912**
Vit.C	-	-	-	-	1.000

\*\*  $p < 0.01$

## 요약 및 결론

새싹더덕은 더덕(*Codonopsis lanceolata*) 종자에서 발생한 싹을 키워 발아한 어린 더덕이다. 새싹더덕의 추출물에 대한 총 폴리페놀 및 플라보노이드의 함량, 비타민 C 및 항산화 활성을 결정하기 위해 연구를 수행했습니다. 새싹더덕 전체, 지상부(잎, 줄기) 및 뿌리를 70% 에탄올을 사용하여 추출하였다. 새싹 더덕 추출물 CLS-L2는 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 새싹더덕의 뿌리보다 잎, 줄기에서 더욱 높게 측정되었으며, 새싹더덕 CLS-L2가 DPPH 및 ABTS 라디칼소거 능력도 새싹 전체, 뿌리보다 더 높은 항산화 활성을 관찰되었다. 이는 새싹더덕의 잎, 줄기가 천연 항산화 소재로 개발될 가능성이 높다는 것을 보여주고 있다.

## 감사의 글

본 연구는 2019년도 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ012641032019) 및 국립농업과학원 전문연구원 과정 지원사업(과제번호: PJ012641012019)에 의해 이루어진 것임.

## References

- Byun EH, Kim K, Kim YE, Cho EJ, Min HS, Lee JH, Cho GS, Yoon WJ, Kim BC, Park WJ. 2018. Comparison study of antioxidant activity and neuroprotective effects of barley sprout leaf, root, and stem ethanol extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 47:973-980
- Cha A, Choi Y, Jin Y, Sung MK, Koo YC, Lee KW, Park T. 2012. Antilipogenic and anti-inflammatory activities of *Codonopsis lanceolata* in mice hepatic tissues after chronic ethanol feeding. *J Biomed Biotechnol* 2012:141395
- Cha WS, Shin HR, Park JH, Oh SL, Lee WY, Chun SS, Choo JW, Cho YJ. 2004. Antioxidant activity of phenol compounds from mulberry fruits. *Korean J Food Preserv* 11:383-387
- Chon SU, Kim DK, Kim YM. 2013. Phenolics content and antioxidant activity of sprouts in several legume crops. *Korean J Plant Res* 26:159-168
- Dewanto V, Wu X, Liu RH. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50:4959-4964
- Gao SM, Liu JS, Wang M, Cao TT, Qi YD, Zhang BG, Sun XB, Liu HT, Xiao PG. 2018. Traditional uses, phytochemistry, pharmacology and toxicology of *Codonopsis*: A review. *J Ethnopharmacol* 219:50-70
- Hossen MJ, Kim MY, Kim JH, Cho JY. 2016. *Codonopsis lanceolata*: A review of its therapeutic potentials. *Phytother Res* 30:347-356
- Hwang IG, Hwang Y, Kim HY, Lee J, Jeong HS, Yoo SM. 2011. Quality characteristics of tofu(soybean curd) added with Cheongyang hot pepper (*Capsicum annuum* L.) juice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:999-1005
- Hwang IG, Kim HY, Park BR, Han HM, Yoo SM. 2013. Effect of heat treatment on the antioxidant properties of Yacon (*Smallanthus sonchifolius*). *Korean J Food Nutr* 26:857-864
- Jeong YS, Lee SH, Seong EJ, Cho SM, Song J, Hwang KA, Noh GM, Hwang IG. 2017. Effect of aged garlic extract on the antioxidant activities and quality characteristics of Yanggaeng. *Korean J Food Nutr* 30:1-8
- Kang YH. 2009. Phenolic compounds and antioxidant activity in cell wall materials from Deodeok (*Codonopsis lanceolata*). *Korean J Food Sci Technol* 41:345-349
- Kang YH, Park YK, Lee GD. 1996. The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. *Korean J Food Sic Technol* 28:232-239
- Kim E, Yang WS, Kim JH, Park JG, Kim HG, Ko J, Hong YD, Rho HS, Shin SS, Sung GH, Cho JY. 2014. Lancemaside A from *Codonopsis lanceolata* modulates the inflammatory responses mediated by monocytes and macrophages. *Mediators Inflammation* 2014:405158
- Kim MH, Lee J, Yoo DS, Lee YG, Byeon SE, Hong EK, Cho JY. 2009. Protective effect of stress-induced liver damage by saponin fraction from *Codonopsis lanceolata*. *Arch Pharm Res* 32:1441-1446
- Kim OK. 2016. Antidiabetic effect of ethanol extract on *Codonopsis lanceolata* root in streptozotocin induced diabetic rats. *J Korean Oil Chem Soc* 33:271-277

- Kim SH, Chung MJ, Jang HD, Ham SS. 2010. Antioxidative activities of the *Codonopsis lanceolata* extract *in vitro* and *in vivo*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:193-202
- Kim WB, Park SH, Hwang HS, Woo JY, Lee HR, Hwang DY, Choi JH, Lee H. 2012. Antioxidative activities and whitening effects of solvent fraction from *Prunus davidiana* (carrier) fruit. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41:1363-1370
- Koh JH, Kim H, Hwang JH, Yu KW. 2019. Anti-oxidative and immunomodulating activities of solvent extracts from Broccoli (*Brassica oleracea*) Sprouts. *Korean J Food Nutr* 32:1-10
- Lee DU, Ku HB, Lee YJ, Kim GN, Lee SC. 2019. Antioxidant and antimelanogenic activities of *Panax ginseng* sprout extract. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 48:699-703
- Lee KW, Jung HJ, Park HJ, Kim DG, Lee JY, Lee KT. 2005.  $\beta$ -D-Xylopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 3)- $\beta$ -D-glucuronopyranosyl echinocystic acid isolated from the roots of *Codonopsis lanceolata* induces caspase-dependent apoptosis in human acute promyelocytic leukemia HL-60 cells. *Biol Pharm Bull* 28:854-859
- Lee MY, Yoo MS, Whang YJ, Jin YJ, Hong MH, Pyo YH. 2012. Vitamin C, Total polyphenol, Flavonoid contents and antioxidant capacity of several fruit peel. *Korean J Food Sci Technol* 44:540-544
- Lee SH, Jeong YS, Song J, Hwang KA, Noh GM, Hwang IG. 2016. Chemical composition and physiological activity of *Opuntia ficus-indica* depending on different cultivation regions. *Korean J Food Nutr* 29:521-528
- Park SJ, Park DS, Yoon WB, He X, Ahn JH. 2012. Effects of aged Deodeok extract on serum lipid content in rats fed a high-fat diet. *J East Asian Soc Diet Life* 22:17-24
- Ren J, Lin Z, Yuan Z. 2013. Tangshenosides from *Codonopsis lanceolata* roots. *Phytochem Lett* 6:567-569
- Wang L, Xu ML, Hu JH, Rasmussen SK, Wang MH. 2011. *Codonopsis lanceolata* extract induces G0/G1 arrest and apoptosis in human colon tumor HT-29 cells - involvement of ROS generation and polyamine depletion. *Food Chem Toxicol* 49:149-154
- Xu LP, Wang H, Yuan Z. 2008. Triterpenoid saponins with anti-inflammatory activity from *Codonopsis lanceolata*. *Planta Med* 74:1412-1415
- Zhao B, Ren J, Yuan Z. 2013. Isolation of a new cerebroside from *Codonopsis lanceolata*. *Biochem Syst Ecol* 46:26-28
- Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem* 64:555-559

---

Received 29 October, 2019  
Revised 06 November, 2019  
Accepted 14 November, 2019