더덕(*Codonopsis lanceolata* Trautv.)순 추출물의 다양한 생리활성

김지영 · 황병순 · 권수현 · 장 미 · 김기창 · 강해주 · 황인국

국립농업과학원 농식품자원부 기능성식품과

Various Biological Activities of Extracts from Deodeok (*Codonopsis lanceolata* Trautv.) Buds

Ji Yeong Kim, Byung Soon Hwang, Su Hyun Kwon, Mi Jang,
Gi Chang Kim, Hae Ju Kang, and In Guk Hwang

Department of Agrofood Resources, National Institute of Agricultural Sciences,
Rural Development Administration

ABSTRACT This study was undertaken to evaluate the physiological activities for subsequent utilization of Deodeok (*Codonopsis lanceolata* Trautv.) buds as a new functional food. Deodeok buds (CLS-A~D) were classified according to the growth length. The total polyphenol and flavonoid contents of the 70% ethanol extracts ranged from 580.82 to 719.56 mg GAE/100 g, and 287.45 to 398.52 mg CE/100 g, respectively. The contents tended to decrease with increasing growth length of Deodeok buds. The DPPH and ABTS radical scavenging activity of CLS-B were determined to be 622.87 and 436.98 mg AA eq/100 g, respectively, showing the highest antioxidant activity. Similar to other contents, increasing growth length resulted in decreased antioxidant activity. Moreover, tyrosinase, α -glucosidase, and elastase enzyme inhibitory activities of Deodeok buds also showed best inhibitory effect in CLS-B. Considering the result of this study, we confirm the possibility of wide application of Deodeok buds as a new functional food material.

Key words: Deodeok, *Codonopsis lanceolata* Trautv, buds, antioxidant, functional food

서 론

현대사회의 소비자는 건강지향, 고령사회 진입 등으로 인해 질병 예방에 대한 인식이 증가하고 있으며, 이에 따라 개인의 건강 증진 및 안전한 먹거리에 대한 관심과 수요가 높아지고 있다. 또한 신종플루, 코로나 19 등 국제적 감염성 질환 발생으로 인해 건강과 면역력이 이슈화되어 식품의 중요성이 강조되고 있다. 이에 천연물을 활용한 건강기능식품 소재 개발연구가 활발히 진행 중이다.

더덕(*Codonopsis lanceolata* Trautv.)은 초롱꽃과의 덩굴 식물로 한국과 일본, 중국 등에서 자생하고 봄, 가을에 주로 뿌리를 채취하여 사용한다(Lee 등, 2019). 예로부터 더덕은 인삼과 함께 오삼 중 하나로 여겨져 왔으며 해열, 해독, 인후염 등에 효과적인 약용식물로 알려져 있다(Yoo 등, 2002). 또한 항비만(Han 등, 1998), 기억력 개선(Jung 등, 2012), 항염증(Joh와 Kim, 2010) 등에 효과가 있음이 보고된 바 있다. 더덕은 단백질, 비타민과 같은 일반성분뿐만 아니라 여러 약리작용에 기여하는 사포닌, 플라보노이드 성분이 함

유되어 있다고 알려져 있으며, 특히 triterpenoid 계열의 사포닌인 lancemaside A가 주성분으로 알려져 있다. 기능성 식품으로서 더덕의 가치가 높아짐에 따라 더덕의 뿌리를 제외한 잎, 줄기 등의 소재를 이용한 연구 사례도 점차 늘고 있는데, Won과 Oh(2007)는 버려지던 더덕 껍질을 이용하여 항산화와 항비만 효능을 검증하였고 Kim 등(2015)은 더덕 잎의 항산화 효과를 보고한 바 있다. 하지만 아직 더덕순에 대한 기능성 평가 연구는 진행된 바 없다.

새싹채소란 종자의 싹을 틔워 생육 초기의 어린 순을 식용으로 이용하는 채소를 뜻하며 작물의 순은 성체의 잎, 줄기에 비해 높은 기능 성분을 함유하는 것으로 알려져 있다. 또한 일반적인 채소보다 생장이 빠르고 생산량이 많기 때문에 건강 기능식품으로서 소비가 늘어나고 있다(Lee 등, 2009; Lee 등, 2019a). Lee 등(2017)에 의하면 브로콜리 새싹의 sulforaphan은 성엽보다 약 40배 높게 함유되어 있고 Lee 등(2019a)은 생육 초기의 새싹물무에서 coixol이 활발히 생산된 것을 보고하였다. 또한 최근 새싹보리는 각종 생리활성 물질과 영양소가 높게 함유됨이 밝혀졌고 지질, 당 대사작용에 기여하여 중성지질량과 지방간을 감소시키는 등 다양한 기능성 연구가 보고되어 건강 기능성식품으로서 가치를 높게 평가받고 있다. 더덕의 경우 잎, 줄기, 뿌리 부위가 식품원료로 지정되어 있으며(MFDS, 2018), 더덕순 또한 기능성식

품 원료로서 높은 부가가치가 있을 것으로 기대된다.

따라서 본 연구에서는 더덕순을 새로운 기능성식품 소재로 활용하고자 크기별 순 부위의 항산화 효과와 tyrosinase, elastase 및 α -glucosidase 효소 저해 활성을 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

실험 재료 및 시약

본 연구에 사용된 더덕순은 충남 예산군에서 재배된 것으로 더덕 2년근(2018년 3월 파종)을 2020년 3월 초순 하우스에 옮겨 심어 더덕순을 수확하였다. 2년근 더덕순을 길이(cm)에 따라 10~15, 15~20, 20~25, 25~30 cm로 각각 분류하였으며 시료명을 CLS-A, CLS-B, CLS-C, CLS-D로 표기하였다. 실험에 사용된 모든 시약은 Sigma(St. Louis, MO, USA)로부터 구매하여 실험을 진행하였다.

추출물 조제

더덕순 분말 2 g을 칭량하여 70% 에탄올 100 mL를 가하고 30분간 초음파 추출하였다. 여과지(No. 2, Whatman, Tokyo, Japan)로 여과 후 상등액을 회수하는 과정을 총 2회 반복하였으며 최종 상등액을 감압농축기로 농축하여 실험에 사용하였다.

총 폴리페놀 함량 분석

더덕순 추출물의 총 폴리페놀 함량 분석은 Hwang 등(2006)의 방법에 따라 측정하였다. 시료 100 μ L에 2% sodium carbonate 용액 2 mL를 첨가한 후 3분간 상온에서 반응시켰다. 그 후 50% Folin-Ciocalteu's phenol reagent 100 μ L를 혼합하고 30분간 반응시킨 후 UV spectrophotometer(SpectraMax M3 microplate reader, Molecular Devices LLC, San Jose, CA, USA)를 사용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 gallic acid를 사용하여 표준 검량선을 작성한 후 총 폴리페놀 함량을 구하였으며 gallic acid equivalent(mg GAE/g)로 표시하였다.

총 플라보노이드 함량 분석

더덕순 추출물의 총 플라보노이드 함량 분석은 Hwang 등(2006)의 방법에 따라 측정하였다. 시료 250 μ L에 5% sodium nitrite 용액 75 μ L, 증류수 1 mL를 첨가하여 5분간 상온에서 반응시켰다. 그 후 10% aluminium chloride 150 μ L를 혼합하고 6분간 반응시킨 후 1 M sodium hydroxide 500 μ L를 첨가하였다. 11분 동안 상온에서 반응시킨 후 UV spectrophotometer(SpectraMax M3 microplate reader)를 사용하여 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 (+)-catechin hydrate를 사용하여 표준 검량선을 작성한 다음 총 플라보노이드 함량을 구하였으며 (+)-catechin hydrate equivalent(mg CE/g)로 표시하였다.

항산화 활성 측정

DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 라디칼 소거능은 Hwang 등(2019)의 방법에 따라 측정하였다. 100% 메탄올에 DPPH를 용해 후 2시간 방치하였고 그 후 흡광도 값이 1.0에 가깝도록 희석하여 실험에 사용하였다. 추출물 50 μ L와 DPPH 용액 1 mL를 넣고 혼합한 후 암실에서 30분간 반응시켰다. 이 반응액을 UV spectrophotometer를 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다.

ABTS[2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonate)] 라디칼 소거능은 Hwang 등(2019)의 방법에 따라 측정하였다. 7 mM ABTS와 2.4 mM potassium persulfate 용액을 혼합하여 24시간 동안 암실에서 반응시켜 ABTS 라디칼을 형성하였고 그 후 흡광도 값이 1.0이 되도록 희석한 후 실험에 사용하였다. 추출물 50 μ L와 희석한 ABTS 용액 1 mL를 혼합하여 암실에서 30분간 반응시킨 후 735 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 L-ascorbic acid(AA)를 첨가하였고, 총 항산화력은 AEAC(L-ascorbic acid equivalent antioxidant capacity, mg AA eq/100 g)로 나타내었다.

Tyrosinase 저해 활성 측정

더덕순 추출물의 mushroom tyrosinase 저해 활성을 분석하기 위해 Kim 등(2019a)의 방법에 따라 측정하였다. 더덕순 추출물을 dimethyl sulfoxide(DMSO)를 사용해 농도별로 희석하여 사용했으며 475 nm에서 dopachrome의 형성을 확인하여 결과를 나타내었다. Monophenolase 반응 저해력을 분석하기 위해 0.05 M phosphate buffer(pH 6.8) 165 μ L에 추출물 5 μ L와 기질인 1.8 mM L-tyrosine 20 μ L를 넣고 마지막으로 tyrosinase(260 unit/mL) 10 μ L를 혼합하였다. 15분 동안 30°C에서 반응시킨 후 흡광도를 측정하여 결과를 확인하였다. Diphenolase 반응 저해력을 분석하기 위해 0.05 M phosphate buffer(pH 6.8) 165 μ L에 추출물 5 μ L와 기질인 3.5 mM L-3,4-dihydroxy phenyl-alanine(L-DOPA) 20 μ L를 넣고 마지막으로 tyrosinase(260 unit/mL) 10 μ L를 혼합하였다. 10분 동안 30°C에서 반응시킨 후 흡광도를 측정하여 결과를 확인하였다. Tyrosinase 저해 활성 평가 시 kojic acid를 양성대조군으로 사용하였고 저해능은 아래의 식에 의해 산출되었다.

$$\text{Tyrosinase inhibition activity (\%)} = \left(1 - \frac{\text{absorbance of sample}}{\text{absorbance of control}}\right) \times 100$$

α -Glucosidase 저해 활성 측정

더덕순 추출물의 α -glucosidase(*Saccharomyces cerevisiae*) 저해 활성을 분석하기 위해 Song 등(2016)의 방법에 따라 측정하였으며, 시료는 DMSO를 사용하여 농도별로 희석하여 사용하였다. 0.05 mM phosphate buffer(pH 6.8) 130 μ L에 더덕순 추출물 10 μ L와 기질인 1.2 mM *p*-nitro-

phenyl- α -D-glucopyranoside 40 μ L를 넣고 마지막으로 α -glucosidase 20 μ L를 혼합하였다. 15분 동안 37°C에서 반응시킨 후 405 nm 흡광도를 측정하여 결과를 확인하였다. Acarbose를 양성대조구로 사용하였고 저해능은 아래의 식에 의해 산출되었다.

$$\alpha\text{-Glucosidase inhibition activity (\%)} = \left(1 - \frac{\text{absorbance of sample}}{\text{absorbance of control}}\right) \times 100$$

Elastase 저해 활성 측정

더덕순 추출물의 human leukocytes elastase 저해 활성을 분석하기 위해 Kim 등(2018)의 방법을 변형하여 측정했으며 시료는 DMSO를 사용하여 농도별로 희석하여 사용하였다. 0.02 mM Tris-HCl buffer(pH 8.0) 130 μ L에 더덕순 추출물 10 μ L와 기질인 1.5 mM methoxysuccinyl-Ala-Ala-Pro-Val-*p*-nitroanilide 40 μ L를 넣고 마지막으로 elastase 20 μ L를 혼합하였다. 5분 동안 405 nm에서 흡광도를 측정하여 결과를 확인하였다. L-ascorbic acid를 양성대조구로 사용하였고 저해능은 아래의 식에 의해 산출되었다.

$$\text{Elastase inhibition activity (\%)} = \left(1 - \frac{\text{absorbance of sample}}{\text{absorbance of control}}\right) \times 100$$

통계처리

모든 실험은 3회 반복 실시하였으며, 통계분석은 SPSS 통계프로그램(Statistical Package for the Social Science, Ver. 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였다. 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하고, 처리 간의 차이 유무를 one-way ANOVA(analysis of variation)로 분석한 뒤 다중검정범위(Duncan's multiple range test)를 사용하여 $P < 0.05$ 수준에서 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량 분석

더덕순 추출물의 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량을 측정한 결과는 각각 580.82~719.56 mg GAE/100 g 및 287.45~398.52 mg CE/100 g 범위로 나타났다(Table 1).

생장길이별 더덕순은 CLS-A, B의 시료에서 높은 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량을 보였고 생장길이가 길어질수록 유의적으로($P < 0.05$) 함량이 감소하는 경향을 보였다. 식물은 일반적으로 본엽이 2~4엽 정도 출현하는 유묘기에 자신을 보호하기 위해 다양한 2차 대사산물을 생산하는데, 이때 폴리페놀과 플라보노이드 성분이 많이 축적된다고 알려져 있다(Wang 등, 2005; Lee 등, 2019a). Hwang 등(2019)에 따르면 수확시기별 새싹 더덕의 항산화능을 평가하였는데 가장 먼저 수확한 새싹 더덕의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 높았으며, 부위를 전체, 잎줄기, 뿌리로 나누어서 평가한 결과 잎줄기 부위의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 높았음을 보고한 바 있다. Lee 등(2019b)에 의하면 울무새싹도 발아일수에 따라 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 증가 후 감소하는 경향을 보였으며, 지표성분 coixol도 같은 경향을 보인 것으로 확인되었다. 본 연구 결과도 유사한 경향으로 인해 생장길이가 길어질수록 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량이 감소하였다고 추측할 수 있었다. 더덕 소재를 이용한 선행 연구에 따르면 더덕잎의 폴리페놀 함량이 187 mg GAE/100 g만큼 있음이 보고되었고(Park, 2014), 더덕껍질의 폴리페놀 함량이 2.46 mg GAE/100 g으로 보고된 바 있다(Kim 등, 2010). 본 데이터와 비교했을 때 더덕순이 월등히 높은 함량을 보였으며, 이를 토대로 더덕순의 높은 생리활성 효과가 나타날 것으로 기대된다.

항산화 활성 측정

더덕순 추출물의 DPPH 자유라디칼, ABTS 양이온 라디칼 소거능 결과는 각각 552.26~733.73 mg AA eq/100 g, 393.11~515.10 mg AA eq/100 g 범위로 나타났다(Table 2). 생장길이별 더덕순은 CLS-A, B의 시료에서 높은 항산화력을 보였고 생장길이가 길어질수록 유의적으로($P < 0.05$) 활성이 감소하는 경향을 보였다. 이는 앞선 실험에서 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량이 변화하는 경향과 일치했다. 폴리페놀 함량에 따라 항산화력이 비례하게 증가 또는 감소하는 경향을 보였는데, 이에 대해 Ryu 등(1997)은 폴리페놀과 플라보노이드의 함량이 항산화 활성과 비례하는 상관관계를 가지기 때문에 이로 인해 항산화 활성의 차이가 날 수 있다고 하였다. Hwang 등(2011)은 더덕 추출물의 항산화력이 43 mg AA eq/100 g이었으며 열처리했을 때 355

Table 1. Total polyphenol and flavonoid contents in 70% ethanol extracts of Deodeok bud

	CLS ¹⁾ -A	CLS-B	CLS-C	CLS-D	F value	P value
TPC ²⁾ (mg GAE/100 g)	701.95±22.04 ^{a4)}	719.56±21.31 ^a	641.85±19.30 ^b	580.82±15.84 ^c	30.444	<0.01
TFC ³⁾ (mg CE/100 g)	398.52±12.75 ^a	394.61±15.99 ^a	299.17±3.99 ^b	287.45±4.33 ^c	94.858	<0.01

¹⁾CLS, *Codonopsis lanceolata* bud: CLS-A, 10~15 cm; CLS-B, 15~20 cm; CLS-C, 20~25 cm; CLS-D, 25~30 cm.

²⁾TPC: total polyphenol content.

³⁾TFC: total flavonoid content.

⁴⁾Value are shown as mean±SD of triplicate. Different small letters in the same row indicate a significant difference at $P < 0.01$ by Duncan's multiple range test.

Table 2. DPPH and ABTS radical scavenging activities in extract of Deodeok bud

	CLS ¹⁾ -A	CLS-B	CLS-C	CLS-D	F value	P value
DPPH AEAC ²⁾ (mg AA eq/100 g)	733.73±14.70 ^{a3)}	622.87±21.18 ^a	659.58±6.94 ^b	552.26±13.12 ^c	77.513	<0.05
ABTS AEAC (mg AA eq/100 g)	515.10±43.32 ^a	436.98±53.79 ^a	451.61±39.67 ^b	393.11±34.08 ^c	4.122	<0.05

¹⁾CLS, *Codonopsis lanceolata* bud: CLS-A, 10~15 cm; CLS-B, 15~20 cm; CLS-C, 20~25 cm; CLS-D, 25~30 cm.

²⁾AEAC: L-ascorbic acid equivalent antioxidant capacity.

³⁾Value are shown as mean±SD of triplicate. Different small letters in the same row indicate a significant difference at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

mg AA eq/100 g으로 증가하였다고 보고한 바 있다. 이와 비교하여 더덕순의 항산화력이 보다 뛰어남을 확인하였으며 더덕순이 인체 내에서 라디칼을 효과적으로 소거하여 노화를 비롯한 여러 질병을 억제하는 소재로 이용될 수 있을 것으로 판단되었다. 또한 더덕순이 함유한 폴리페놀 물질의 정성분석과 항산화 기작에 관한 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

Tyrosinase 저해 활성 측정

Tyrosinase 저해제는 멜라닌 생합성에 관여하며 멜라닌은 UV로부터 피부를 보호한다. 그러나 과잉 생성될 경우 기미, 주근깨의 생성뿐 아니라 피부색이 점점 어두워지므로 tyrosinase 저해제는 피부 미백 소재로서 흔히 연구되고 있다(Kim 등, 2019a). 추출물 시료의 L-tyrosine의 수산화반응 저해력(monophenolase activity)과 L-DOPA의 산화반응 저해력(diphenolase activity)을 측정하여 더덕순의 tyrosinase 저해력을 분석하고자 하였다. 더덕순 추출물로 monophenolase와 diphenolase activity 저해력을 측정된 결과 CLS-B의 저해력이 가장 높았고 1.25 mg/mL 농도를 처리했을 때 약 49%의 monophenolase activity 저해력과 13%의 diphenolase activity 저해력을 확인할 수 있었다(Fig. 1). 양성대조구인 kojic acid가 tyrosinase를 50% 저해할 때의 처리농도는 0.02, 0.97 mg/mL였는데 이에 비해

더덕순의 활성이 낮은 편이었다. 그러나 농도 의존적으로 더덕순의 저해 활성이 증가하기에 위 데이터를 기반으로 추가 연구를 통해 우수한 tyrosinase 저해능을 보일 것으로 기대된다. Kim 등(2019b)에 의하면 더덕 추출물과 에틸아세테이트 분획물의 tyrosinase 저해 활성을 비교했을 때 2배 이상 높아진 결과를 확인한 바 있기에 더덕순 또한 추출이나 용매분획 공정 등을 실행한다면 보다 높은 피부미백 기능을 나타낼 것으로 보인다.

α -Glucosidase 저해 활성 측정

α -Glucosidase 저해제는 식후혈당 농도를 조절하여 당뇨병으로 효과적이다(Park 등, 2013). 더덕순 추출물을 이용하여 α -glucosidase 저해력을 측정된 결과, CLS-B의 저해력이 가장 높았고 1.25 mg/mL 농도로 처리했을 때 약 55%의 저해력을 확인할 수 있었다(Fig. 2). 모든 시료에서 농도 의존적으로 저해 활성이 증가함을 확인했으며 양성대조구인 acarbose의 경우 1.25 mg/mL의 농도에서 약 82%의 저해력을 확인할 수 있었다. Kim 등(2009)은 생더덕과 발효더덕 추출물 1 mg/mL를 처리했을 때 55%와 59%의 α -glucosidase 저해력이 있음을 보고하였다. 이와 비교해 더덕순 추출물이 더덕과 비슷한 수준의 α -glucosidase 저해력이 있음을 확인하였으며, 혈당상승 억제를 통한 제2형 당뇨병에 기여할 것으로 기대된다.

Fig. 1. Monophenolase (A) and diphenolase (B) inhibitory activity of tyrosinase in extract of Deodeok bud. CLS, *Codonopsis lanceolata* bud: CLS-A, 10~15 cm; CLS-B, 15~20 cm; CLS-C, 20~25 cm; CLS-D, 25~30 cm. Different letters (a-f) above the bars indicate a significant difference ($P<0.05$).

Fig. 2. α -Glucosidase inhibitory activity in extract of Deodeok bud. CLS, *Codonopsis lanceolata* bud; CLS-A, 10~15 cm; CLS-B, 15~20 cm; CLS-C, 20~25 cm; CLS-D, 25~30 cm. Different letters (a-f) above the bars indicate a significant difference ($P < 0.05$).

Elastase 저해 활성 측정

Elastase 저해제는 엘라스틴과 콜라겐의 결합을 유지하여 피부탄력과 주름을 개선해 피부 노화 방지 역할을 한다 (Lim 등, 2018). 더덕순 추출물의 elastase 저해력을 측정한 결과 CLS-B의 저해력이 가장 높았고 1.25, 2.5, 5 mg/mL 농도로 처리했을 때 약 13, 20, 46%의 저해력을 확인할 수 있었다(Fig. 3). 더덕순 추출물이 처리 농도에 의존적으로 저해 활성이 증가함을 확인하였고 양성대조구인 L-ascorbic acid가 elastase를 50% 저해할 때의 처리농도는 0.14 mg/mL였다. Kwak 등(2005)에 의하면 도라지와 당귀 추출물 1 mg/mL 농도를 처리했을 때 각각 8, 13%의 elastase 저해력을 보였다. 현재 소비자들은 화장품 시장에서도 미백, 항주름, 자외선 차단 기능을 함유하는 기능성 화장품에 큰 관심을 보이고 있다. 본 실험을 통해 더덕순 추출물의 항산화와 미백 기능성 그리고 주름개선 기능을 확인하였고, 이를 기반으로 합성 소재를 대신할 새로운 기능성 화장품

Fig. 3. Elastase inhibitory activity in extract of Deodeok bud. CLS, *Codonopsis lanceolata* bud; CLS-A, 10~15 cm; CLS-B, 15~20 cm; CLS-C, 20~25 cm; CLS-D, 25~30 cm. Different letters (a-f) above the bars indicate a significant difference ($P < 0.05$).

소재로서의 더덕순의 가능성을 확인할 수 있었다.

요 약

본 연구에서는 기능성식품 소재로서 더덕순을 활용하고자 다양한 생리활성을 평가하였다. 생장길이별 더덕순 시료 (CLS-A~D) 70% 에탄올 추출물의 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량은 각각 580.82~719.56 mg GAE/100 g 및 287.45~398.52 mg CE/100 g 범위였으며 생장길이가 길어질수록 감소하는 경향을 보였다. DPPH와 ABTS 라디칼 소거능을 평가한 결과 CLS-B 시료에서 각각 622.87, 436.98 mg AA eq/100 g을 보여 가장 높은 항산화 활성을 보였고 생장길이가 길어질수록 항산화 활성은 감소하는 경향을 나타냈다. 또한, 더덕순의 tyrosinase, α -glucosidase 및 elastase 효소 저해 활성을 평가한 결과 모두 CLS-B 시료에서 가장 우수한 저해 효과를 나타내었다. 본 연구를 통해 더덕순의 새로운 기능성식품 소재로서 넓은 활용 가능성을 확인했으며, 추후 더덕순의 주요 기능 성분에 대한 정성 및 정량 분석과 건강식품 소재화 연구가 추가로 필요할 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 2020년도 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ 01511501) 및 농촌진흥청 국립농업과학원 전문연구원 과정 지원 사업(과제번호: PJ01514402)에 의해 이루어진 것임.

REFERENCES

- Han EG, Sung IS, Moon HG, Cho SY. Effect of *Codonopsis lanceolata* water extract on the levels of lipid in rats fed high fat diet. J Korean Soc Food Sci Nutr. 1998. 27:940-944.
- Hwang BS, Kwon SH, Kim JY, Kim GC, Hwang IG. Antioxidant activity of deodeok (*Codonopsis lanceolata*) sprout. Korean J Food Nutr. 2019. 32:630-635.
- Hwang CR, Oh SH, Kim HY, Lee SH, Hwang IG, Shin YS, et al. Chemical composition and antioxidant activity of Deoduk (*Codonopsis lanceolata*) and Doragi (*Platycodon grandiflorum*) according to temperature. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2011. 40:798-813.
- Hwang IG, Woo KS, Kim TM, Kim DJ, Yang MH, Jeong HS. Change of physicochemical characteristics of Korean pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) juice with heat treatment conditions. Korean J Food Sci Technol. 2006. 38:342-347.
- Joh EH, Kim DH. Lincemaside A inhibits lipopolysaccharide-induced inflammation by targeting LPS/TLR4 complex. J Cell Biochem. 2010. 111:865-871.
- Jung IH, Jang SE, Joh EH, Chung J, Han MJ, Kim DH. Lincemaside A isolated from *Codonopsis lanceolata* and its metabolite echinocystic acid ameliorate scopolamine-induced memory and learning deficits in mice. Phytomedicine 2012. 20:84-88.
- Kim GH, Kim NY, Kang SH, Lee HJ. Phytochemicals and antioxidant activity of *Codonopsis lanceolata* leaves. Korean J Food Sci Technol. 2015. 47:680-685.

- Kim JY, Kim JY, Jenis J, Li ZP, Ban YJ, Baiseitova A, et al. Tyrosinase inhibitory study of flavonolignans from the seeds of *Silybum marianum* (milk thistle). *Bioorg Med Chem*. 2019a. 27:2499-2507.
- Kim JY, Lee MK, Hwang BS, Kim GC, Hwang IG. Antioxidant activity and tyrosinase inhibitory activities of *Codonopsis lanceolata* extract and solvent fraction. *Korean J Food Nutr*. 2019b. 32:611-619.
- Kim JY, Wang Y, Uddin Z, Song YH, Li ZP, Jenis J, et al. Competitive neutrophil elastase inhibitory isoflavones from the roots of *Flemingia philippinensis*. *Bioorg Chem*. 2018. 78:249-257.
- Kim NY, Chae HS, Lee IS, Kim DS, Seo KT, Park SJ. Analysis of chemical composition and antioxidant activity of *Codonopsis lanceolata* skin. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2010. 39: 1627-1633.
- Kim SS, Ha JH, Jeong MH, Ahn JH, Yoon WB, Park SJ, et al. Comparison of biological activities of fermented *Codonopsis lanceolata* and fresh *Codonopsis lanceolata*. *Korean J Med Crop Sci*. 2009. 17:280-285.
- Kwak YJ, Lee DH, Kim NM, Lee JS. Screening and extraction condition of anti-skin aging elastase inhibitor from medicinal plants. *Korean J Med Crop Sci*. 2005. 13:213-216.
- Lee HJ, Lee JH, Jung JT, Lee YJ, Oh MW, Chang JK, et al. Changes in free sugar, coixol contents and antioxidant activities of adlay sprout (*Coix lacryma-jobi* L. var. ma-yuen Stapf.) according to different growth stage. *Korean J Med Crop Sci*. 2019a. 27:339-347.
- Lee JJ, Park DH, Lee WY. Optimization of microwave-assisted extraction process of *Hordeum vulgare* L. by response surface methodology. *Korean J Food Preserv*. 2017. 24:949-956.
- Lee MJ, Nam JH, Um IE, Kang CK, Rho IR. Determination the optimum extraction method for saponin lancemasides in *Codonopsis lanceolata*. *Korean J Food Sci Technol*. 2019b. 51:103-108.
- Lee MY, Shin SL, Chang YD, Lee CH. Environment factors for germination, growing and storage of sprout vegetables of *Coreopsis tinctoria* Nutt., *Saussurea pulchella* (Fisch.) Fisch. and *Matricaria recutita* L.. *Korean J Plant Res*. 2009. 22:136-144.
- Lim SB, Kim MU, Lee EH, Kim YJ, Cho EB, Park KI, et al. Anti-oxidant and inhibitory activity on elastase, collagenase, hyaluronidase, and α -glucosidase of *Cedrela sinensis* fruits. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2018. 47:1085-1092.
- Ministry of Food and Drug Safety. 2018 Food Standard (No. 2018-91) 2018 [cited 2020 Sep 10]. Available from: https://www.mfds.go.kr/brd/m_211/view.do?seq=14282&srchFr=&srchTo=&srchWord=&srchTp=&itm_seq_1=0&itm_seq_2=0&multi_itm_seq=0&company_cd=&company_nm=&page=1
- Park CM, Kwak BH, Park SH, Kim H, Rhyu DY. Comparison of biological activities of *Opuntia humifusa* and *Opuntia ficus-indica*. *Korean J Plant Res*. 2013. 26:519-525.
- Park EA. Physiocochemical characteristics and antioxidant activities of *Codonopsis lanceolata* leaves. *Culi Sci & Hos Res*. 2014. 20:183-192.
- Ryu SH, Jeon YS, Kwon MJ, Moon JW, Lee YS, Moon GS. Effect of kimchi extracts to reactive oxygen species in skin cell cytotoxicity. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 1997. 26:814-821.
- Song YH, Kim DW, Curtis-Long MJ, Park C, Son M, Kim JY, et al. Cinnamic acid amides from *Tribulus terrestris* displaying uncompetitive α -glucosidase inhibition. *Eur J Med Chem*. 2016. 114:201-208.
- Wang KH, Lai YH, Chang JC, Ko TF, Shyu SL, Choiou RYY. Germination of peanut kernels to enhance resveratrol biosynthesis and prepare sprouts as a functional vegetable. *J Agric Food Chem*. 2005. 53:242-246.
- Won HR, Oh HS. Antioxidative activity and lipid composition from different part and supplement of *Codonopsis lanceolata* in rat. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2007. 36:1128-1133.
- Yoo HH, Baek SH, Park YK, Lee SH, Kim CM, Lee KS, et al. Quality control of dried roots of *Codonopsis lanceolata*. *Kor J Pharmacogn*. 2002. 33:85-87.