

3년근 도라지와 7년근 도라지의 이화학 특성 및 생리활성

채규서¹ · 백미선¹ · 류은혜¹ · 김기덕² · 권지웅^{1,*}

¹베리&바이오희식품연구소, ²고창군청 농업진흥과

Physicochemical properties and biological activity of three-year-old and seven-year-old *Platycodon grandiflorum* extracts

Kyu Seo Chae¹, Mi Seon Baek¹, Eun Hye Ryu¹, Ki Deok Kim², and Ji Wung Kwon^{1,*}

¹Berry&Biofood Research Institute

²Gochang County Rural Development Department

Abstract This study was designed to evaluate the physicochemical properties and biological activities (antioxidant activity and antimicrobial activities) of three and seven-year-old *Platycodon grandiflorum* extracts. Three and seven-year-old *Platycodon grandiflorum* contained crude saponins, free amino acids and minerals. Water extracts of the three and seven-year-old plants were prepared using reflux extraction methods. The total polyphenol contents (TPC), total flavonoid contents (TFC), 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) and 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt (ABTS) radical scavenging activity and antimicrobial effects of the extracts were determined. The seven-year-old *Platycodon grandiflorum* extract had higher TPC (5.08±0.07 TAE mg/g) and TFC (3.80±0.07 QUE mg/g). DPPH radical scavenging activity (IC₅₀ value: 288±3.88 µg/mL) and ABTS radical scavenging activity (IC₅₀ value: 568±2.09 µg/mL). The three and seven-year-old *Platycodon grandiflorum* extracts exhibited a strong antimicrobial effect against three kinds of bronchus disease-inducing bacteria; the seven-year-old *Platycodon grandiflorum* extracts showed a stronger antimicrobial effect than the three-year-old *Platycodon grandiflorum* extracts.

Keywords: antioxidant activities, antimicrobial effect, physicochemical properties, *Platycodon grandiflorum*

서 론

현대 사회는 식사생활의 변화와 급속한 산업화로 환경오염이 가속화되고, 이로 인하여 생성된 독성물질의 대부분이 발암성 물질로, 여러 가지 경로를 통해 인체에 영향을 미쳐 세포 내의 DNA에 손상으로 인한 돌연변이 및 암을 유발하는 요인으로 알려져 있다(Phillips, 1985). 또한 대기 오염, 미세먼지 및 황사 등에 의한 기관지내의 점막세포가 약해져 병원성 세균에 의한 염증이 원인이 되어 천식, 폐렴 및 폐결핵 등을 유발하는 것으로 알려져 최근 심각한 사회문제로 대두되고 있다. 이에 우리나라 사람들은 예로부터 전통약용식물을 여러 가지 치료제로 많이 이용해 왔으며, 최근에도 천연/자연 소재를 활용한 생리활성 연구가 꾸준히 이루어지고 있다.

도라지(*Platycodon grandiflorum* A. DC)는 초롱꽃과에 속하는 다년생초로(Lim, 1971) 한국, 일본 및 중국의 산간지방에 널리 자생하며, 우리나라에서는 식용뿐만 아니라 껍질을 벗겨서 물에 담갔다가 말려서 약재로 널리 이용되고 있다(Lee 등, 2014). 약용도라지는 3년근 이상 도라지를 이용하고 있는데(Kim 등, 2007), 특

히 3년근 도라지가 약용도라지 시장에서 차지하는 비중이 가장 높다. 그러나 최근 재배기술의 발달 및 보급화로 인해 6년근 이상 도라지를 재배하는 농가가 늘어나고 있는 추세이다. 도라지의 뿌리인 길경(桔梗)은 거담, 진해약, 편도성염, 감기, 기침, 천식, 폐결핵, 거담제로서의 효과가 있다고 알려져 있다(Kim 등, 2005). 도라지의 기능성분으로는 Tian 등(2006)이 1940년 처음으로 사포닌의 아글리콘인 플라티코디게닌(platycodigenin)을 분리하였다. Johnson 등(1969) 및 Akiyama 등(1972)은 사포닌의 구조를 밝혔는데 이들은 전부 트라이테페노이드(triterpenoid)계 사포닌으로 밝혀졌으며, 베틀린(betulin)과 알파스피나스테롤(α -spinasterol)의 존재도 보고된 바 있다. 도라지의 생리활성 연구결과로는 고지방 식이를 한 흰쥐 간의 중성지방 저하 효과(Noh와 Kim, 1984)와 혈청과 간의 지방질 개선 효과(Byun과 Seo, 2001; Kim 등, 1993), 도라지 발효물의 항비만 효과(Kang 등, 2015), 도라지 추출물의 안전성 및 항암 효과(Kim과 Chung, 2015) 등의 다양한 생리활성이 보고되고 있다.

도라지는 보통 1-4년생이 주로 식용으로서 이용되어 왔으며 일부는 한약재로 사용되어져 왔다. 그러나 최근에는 재배기술의 발달과 보급으로 4년근 이상의 다년생 도라지의 재배량과 생산량이 점차 증가되고 있으나, 이에 대한 과학적인 연구가 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 일반적 재배기간인 3년근 도라지와 최근 재배량과 생산량이 증가된 7년근 도라지의 이화학적 특성을 비교하고, 도라지의 재배 기간이 산화방지 활성 및 항균 활성에 미치는 영향을 알아보고자 진행하였다.

*Corresponding author: Ji Wung Kwon, Berry&Bio food Research Institute, Gochang, Jeonbuk 56417, Korea
Tel: +82-63-560-5190
Fax: +82-63-563-6680
E-mail: kjwung@daum.net
Received September 3, 2018; revised October 16, 2018;
accepted October 24, 2018

재료 및 방법

실험재료

본 실험에서 사용한 3년근 및 7년근 도라지는 전라북도 고창군 상하면에서 재배된 것으로, 세척 후 55°C에서 4시간 열풍 건조한 것을 분쇄기로 분쇄하여 시료로 사용하였다.

시약

실험에 사용된 폴린시오칼토 페놀시약(folin-ciocalteu's phenol reagent), 탄산소듐(sodium carbonate), 타닌산(tannic acid), 퀘세틴(querctin), 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)와 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt (ABTS), 아세트산암모늄(potassium acetate), 질산알루미늄(aluminum nitrate)은 Sigma-Aldrich Chemical Co. (St. Louis, MO, USA)에서 구입하였고, 에탄올(ethanol)과 메탄올(methanol)은 J.T. Baker (Boston, MA, USA)에서 구입하였으며, 기타 시약은 특급시약을 사용하였다.

조사포닌 및 철, 아연, 칼슘 함량

3년근 및 7년근 도라지의 조사포닌 함량은 Park 등(2009)의 방법을 응용하여 측정하였다. 즉 각각의 시료 5 g에 메탄올 100 mL를 가하여 70°C 수조상에서 30분간 추출 하였다. 이러한 추출 과정을 2회 반복 실시하여 추출액을 합하고 55°C에서 감압농축하여 잔여물을 증류수 50 mL로 하였다. 그 후 분액깔대기에 옮기고 에테르 50 mL로 씻은 후 수포화부탄올 50 mL로 3번 추출하고, 수포화부탄올층을 미리 항량으로 한 농축플라스크에 회수하여 감압 농축한 후 105°C에서 20분간 건조한 것을 데시케이터에서 30분간 식힌 후 무게를 측정하여 조사포닌 함량을 구하였다.

3년근 및 7년근 도라지의 철, 아연, 칼슘은 습식분해법(Wet Digestion Method)으로 분석하였다. 시료 1 g에 65% 질산(HNO₃) 6 mL와 30% H₂O₂ 1 mL를 테플론 병(teflon bottle)에 담은 후 이를 전자레인지 시험용액으로 하여 microwave digestion system (MARS6, CEM corporation, Stallings, NC, USA)을 이용하여 최고 600 W로 총 20분간 산 분해를 실시한 후 부피플라스크에 옮겨 증류수를 가하여 시험용액으로 한 것을 ICP-AES (iCAP7400 Duo, Thermo Scientific, Waltham, MA, USA)로 정량하였다.

유리 아미노산

3년근 및 7년근 건조 도라지의 아미노산 분석은 각각의 시료 1 g에 약 10배의 증류수를 가해 비등 수욕 상에서 가열하여 응고시킨 다음 여과하여 물층을 취하였다. 잔사는 2-3회 소량의 물로 세척하고 기존의 물층과 합하였다. 지방이 있는 경우에는 에테르로 추출하여 제거하였고, 물층을 감압 농축하여 얻은 잔사를 0.2 N 구연산나트륨 완충액(pH 2.2) 또는 0.02 N 염산으로 용해한 것을 시험용액으로 사용하였고, 아미노산 자동 분석기(L-8900, Hitachi Ltd., Tokyo, Japan)로 분석하였다.

열수 추출물 제조

3년근 및 7년근 도라지의 산화방지활성 및 항균활성 실험을 위한 추출물 제조는 Kwon 등(2011)의 방법을 응용하였다. 즉 분쇄된 3년근 및 7년근 도라지 100 g을 정량 하여 10배의 물을 넣고 4시간 동안 100°C에서 추출한 것을 감압농축기(Buchi R210, Flawil, Switzerland)로 농축 후 동결건조 하였다. 이때 추출수율은 아래의 식에 의해 함량을 구하였고, -70°C deep freezer (CLN-71UWM, Nihon freezer Ltd., Tokyo, Japan)에서 보관하며 시료로

사용하였다.

$$\text{추출수율(\%)} = \frac{\text{동결건조 후 추출물의 무게(g)}}{\text{추출 전 시료의 무게(g)}} \times 100$$

총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량

총 폴리페놀 함량은 건강기능식품공전 방법(2012a)을 응용하여 측정하였다. 즉 도라지 추출물을 100 mg/10 mL 농도로 제조한 용액 1 mL에 증류수 7.5 mL와 폴린시오칼토 시약 0.5 mL, 35% 탄산소듐 1 mL를 가한 후 실온 암조건에서 1시간 동안 정지한 후, 760 nm에서 비색정량 하였다. 이때 타닌산을 표준물질로 사용하여 검량곡선을 작성하고 이로부터 총 폴리페놀 함량을 구하였다.

총 플라보노이드 함량 또한 건강기능식품공전 방법(2012b)을 이용하여 측정하였다. 즉 도라지 추출물 100 mg을 정량하고 90% 에탄올 20 mL를 가하여 초음파추출기로 30분 동안 추출하고 여과하고, 잔사에 80% 에탄올 8 mL로 동일한 조건으로 3회 추출 하였다. 모든 추출액을 합하여 50 mL로 하여 시험용액으로 하였다. 각각의 시험용액 0.5 mL에 에탄올 1.5 mL과 10% 질산알루미늄 0.1 mL, 1 M 초산칼륨 0.1 mL, 증류수 2.8 mL을 순서대로 가하고 혼합하여 실온에서 40분간 반응시키고 UV/VIS 분광광도계(UV-2450, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 사용하여 415 nm에서 흡광도를 측정 하였다. 이때 퀘세틴을 표준물질로 사용하여 검량곡선을 작성하고 이로부터 총 플라보노이드 함량을 구하였다.

DPPH 라디칼 소거능 측정

3년근 및 7년근 도라지 물 추출물의 산화방지 활성을 측정하기 위하여 자유라디칼인 DPPH를 사용한 산화방지 활성 측정법(Choi 등, 1993)을 응용하였다. 1.0, 2.5, 5.0, 7.5, 10 mg/mL 농도로 조제한 각각의 추출물 100 µL에 에탄올 200 µL를 가하고 2×10⁻⁴ M DPPH용액 300 µL를 가한 후 교반하였고, 실온에서 30분간 반응시키고 ELISA (Synergy HT, Biotec, Washington DC, USA)를 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였으며 대조구는 시료 대신에 에탄올을 첨가하여 실험 하였다.

ABTS 라디칼 소거능 측정

ABTS assay는 Art 등(2004)의 방법을 응용하였다. 1.0, 2.5, 5.0, 7.5, 10 mg/mL 농도로 조제한 3년근 및 7년근 도라지 물 추출물 5 µL에 ABTS 라디칼 용액 195 µL를 첨가하여 7 분간 반응시킨 후 ELISA (Chimera Biotec GmbH, Dortmund, Germany)를 사용하여 734 nm에서 흡광도를 측정하였고, 대조구는 시료 대신에 에탄올을 첨가하였다.

균주 배양

실험에 사용된 미생물은 기관지 질환자의 객담에서 주로 분리되는 것(Lee 등, 2000)으로 *Staphylococcus aureus* KCTC 1928, *Corynebacterium diphtheriae* KCTC 3075, *Klebsiella pneumoniae* KCTC 2245를 한국생명공학연구원 미생물자원센터(Daejeon, Korea)에서 분양받았다. 미생물 배양은 nutreint broth (NB, Difco Laboratories, Detroit, MI, USA)와 nutrient agar (NA, Difco)를 사용하여 37°C 배양기에서 24시간 배양하여 항균력 실험에 사용하였다.

항균활성 측정

호흡기 질환을 유발하는 세균에 대한 항균 효과는 paper disk diffusion 방법으로 실시하였다(Lim 등, 2001). 연속 배양시킨 각

Table 1. Crude saponin and mineral contents of three-year-old and seven-year-old *playcodon grandiflorum*

Cultivation Periods	Crude saponin (mg%)	Minerals (mg/100 g)		
		Fe	Zn	Ca
3 year	4.70*	153.34±9.42 ¹⁾ *	0.89±0.01	36.97±2.01
7 year	2.81	91.25±3.17	0.87±0.01	71.60±5.43*

¹⁾Date are expressed as mean±SD of triplicate experiments.

*Indicate statistically significant differences between the three-year-old and seven-year-old *playcodon grandiflorum* ($p<0.05$)

균주는 초기균수가 10^5 - 10^6 CFU/mL가 되도록 멸균수로 희석하여 NA 배지에 각각 도말한 후, 중앙에 멸균된 paper disk (diameter 8 mm, Advantec, Tokyo, Japan)를 배지 위에 놓고 추출시료를 농도별로 각각 50 μ L씩 2회 점적하고 추출물이 충분히 흡수되도록 25°C에서 1시간 방치한 다음 37°C에서 24시간동안 배양하였다. 항균활성은 paper disk 주위로 미생물의 생장이 저해되는 inhibition zone의 크기(mm)로 측정하였으며, 3년근 및 7년근 도라지 추출물의 희석에 사용된 물을 대조군으로 사용하였다.

통계분석

본 연구의 각 시험항목별 실험 결과는 3회 반복 분석하여, SPSS program 23.0 (Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 통계처리 후 평균 및 표준편차로 나타내었다. 각 시험군 간의 통계적 유의성 검증은 Student's *t*-test와 one-way ANOVA로 실시하였으며, 유의성은 $p<0.05$ 수준에서 검증하였다.

결과 및 고찰

조사포닌 및 철, 아연 칼슘 함량

3년근 및 7년근 도라지의 조사포닌 함량을 측정된 결과는 Table 1과 같다. 3년근 도라지의 조사포닌은 4.70 mg%로 나타났고 7년근 도라지는 2.81 mg%로 나타나 재배기간이 늘어난 7년근 도라지의 함량이 3년근 도라지에 비해 더 낮은 것으로 나타났다. 이는 Lee 등(1999)이 도라지의 재배년수가 증가할수록 조사포닌 함량은 감소하였다는 연구결과와 같은 경향을 보였다.

또한 3년근 및 7년근 도라지의 무기물인 철, 아연 및 칼슘 함량을 측정된 결과(Table 1) 3년근 및 7년근 도라지 모두 철분의 함량이 각각 153.34±9.42, 91.25±3.17 mg/100 g으로 가장 높게 나타났고, 3년근 도라지가 7년근 도라지 보다 약 1.6배 이상 높게 나타났다. 아연의 경우는 재배기간이 함량에 영향을 주지 않는 것으로 나타났으며, 칼슘은 3년근 도라지가 36.97±2.01 mg/100 g, 7년근 도라지는 71.60±5.43 mg/100 g으로 재배기간이 증가된 도라지의 칼슘 함량이 약 1.9배 이상 높게 나타났다. 결과적으로 도라지의 재배기간이 증가함에 따라 철의 함량은 감소하는 경향을 보였고, 아연은 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 칼슘은 재배기간이 증가함에 따라 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 Shon 등(2001)의 4년근 도라지와 24년근 도라지의 무기물을 비교한 결과 재배기간이 길었던 24년근 도라지의 모든 무기질 함량이 높았다는 결과와 차이를 보였으나, 칼슘의 함량은 특히 높아졌다는 결과와는 일치하였다.

유리 아미노산 함량

3년근 및 7년근 도라지의 유리 아미노산 함량을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 3년근 및 7년근 도라지 모두 아르기닌 함량이 가장 높았고, 그 다음으로 글루탐산, 아스파르트산, 세린, 트레

Table 2. Free amino acid contents of three-year-old and seven-year-old *playcodon grandiflorum* (mg%)

Amino acid	Cultivation Periods		
	3 year	7 year	
Essential amino acid	Threonine	16.92±1.02 ¹⁾	15.36±1.57
	Lysine	1.91±0.10	2.88±0.12*
	Isoleucine	5.20±0.85	4.36±0.26
	Leucine	3.78±0.22	4.51±1.24
	Methionine	6.96±0.11*	4.61±0.05
	Phenylalanine	3.03±0.05	3.87±0.68
	Tryptophan	9.78±0.23*	6.67±0.10
Nonessential amino acid	Valine	11.12±0.38*	9.35±0.45
	Cystine	ND ²⁾	ND
	Tyrosine	3.35±0.18	5.45±0.29*
	Arginine	310.21±2.88	394.06±15.45*
	Alanine	17.23±1.85	42.40±0.85*
	Proline	3.24±0.34	3.75±1.08
	Histidine	13.64±0.26	15.45±0.10*
Glutamic acid	45.49±1.24	57.80±0.58*	
Aspartic acid	23.88±1.08	27.34±4.18	
Serine	18.17±0.20	24.45±0.94*	
Glycine	1.81±0.35	2.46±1.08	
Total amino acid	498.91	629.31*	

¹⁾Date are expressed as mean±SD of triplicate experiments.

²⁾Not detected.

*Indicate statistically significant differences between the three-year-old and seven-year-old *playcodon grandiflorum* ($p<0.05$)

오닌 순으로 나타났으며, 시스테인만 검출되지 않았다. 이는 Chung 등(1997)의 3년근 도라지와 24년근 도라지의 유리아미노산을 분석한 결과 시스테인이 검출되지 않았다는 보고와 일치하였다. 총 유리아미노산의 함량은 3년근 도라지(497.72 mg%) 보다 7년근 도라지(624.77 mg%)가 약 1.2배 높게 나타났다. 3년근 도라지의 가장 많이 함유되어 있는 아미노산은 아르기닌(310.21±2.88 mg%)이었으며, 다음으로 글루탐산(45.49±1.24 mg%), 아스파르트산(23.88±1.08 mg%) 순으로 함유되어 있었다. 7년근 도라지의 경우 가장 많이 함유되어 있는 아미노산은 아르기닌(394.06±15.45 mg%)이었으며, 글루탐산(57.80±0.58 mg%), 알라닌(42.40±0.85 mg%) 순으로 나타났다. 이러한 결과는 Hwang 등(1998)의 약초종의 아미노산 함량 조사에서 3년근 도라지의 경우 글루탐산, 아르기닌, 아스파라긴 순으로 높은 함량을 보였다는 연구결과와는 차이를 보였는데, 이는 실험에 사용된 도라지 품종, 재배조건 및 재배환경의 차이에 의한 것으로 생각된다.

추출물 수율

3년근 및 7년근 도라지의 추출물 수율을 측정된 결과(Table 3)

Table 3. Extracts yield and total polyphenol and total flavonoid contents of water extracts from three-year-old and seven-year-old *playcodon grandiflorum*

Cultivation Periods	Yield (%)	Total polyphenol contents (TAE ¹⁾ mg/g)	Total flavonoid contents (QUE ²⁾ mg/g)
3 year	21.20±3.54 ³⁾	3.91±0.02	2.22±0.02
7 year	26.10±1.08	5.08±0.07*	3.80±0.07*

¹⁾Total polyphenol contents was expressed as mg tannin acid (TAE) per 100 gram.

²⁾Total flavonoid contents was expressed as mg quercetin (QUE) per 100 gram.

³⁾Date are expressed as mean±SD of triplicate experiments.

*Indicate statistically significant differences between the three-year-old and seven-year-old *playcodon grandiflorum* ($p<0.05$)

Table 4. Comparison of IC₅₀ values of DPPH and ABTS radical scavenging activities of water extracts from three-year-old and seven-year-old *playcodon grandiflorum*

Cultivation Periods	DPPH radical scavenging activity	ABTS radical scavenging activity
	(IC ₅₀ µg/mL) ¹⁾	
3 year	13.14±0.45 ²⁾	7.02±0.66
7 year	9.65±0.21*	6.13±0.10*

¹⁾Inhibitory activity was expressed as the mean of 50% inhibitory concentration of triplicate determines, obtained by interpolation of concentration inhibition curve.

²⁾Date are expressed as mean±SD of triplicate experiments.

*Indicate statistically significant differences between the three-year-old and seven-year-old *playcodon grandiflorum* ($p<0.05$)

3년근 도라지의 경우 21.20±3.54%를 보였고, 7년근 도라지가 26.10±1.08%의 수율을 보였으나 유의적인 차이를 보이지 않았다. Shon 등(2001)의 4년근 도라지와 24년근 도라지 물 추출물의 수율이 각각 22%, 19%였다는 연구결과와 마찬가지로 본 실험에서도 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과로 미루어볼 때 도라지는 추출용매로 물을 사용할 때 재배기간이 수율에 영향을 미치지 못하는 것으로 판단된다.

총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량

식물체에는 이차대사산물이자 산화방지 성분으로 알려진 다양한 페놀성 화합물 및 플라보노이드 물질들이 존재하고(Jeong 등, 2017), 페놀 또는 플라보노이드 함량이 많을수록 높은 산화방지 활성을 가지는 것으로 알려져 있다(Kim 등, 2015). 3년근 및 7년근 도라지 물 추출물의 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량을

측정한 결과는 Table 3과 같다. 총 폴리페놀 함량의 경우 3년근 도라지 물 추출물이 3.91±0.02 TAE mg/g으로 나타났고, 7년근 도라지 추출물은 5.08±0.07 TAE mg/g으로 3년근 도라지보다 약 1.2 배 이상 높은 것으로 나타났는데, 이는 Lee 등(2015)의 4년근 도라지의 총 폴리페놀 함량이 2.70-3.30 mg/g이었다는 결과와 본 실험에서 진행한 3년근 도라지 물 추출물의 총 폴리페놀 함량이 유사하게 나타났다. 총 플라보노이드 함량은 3년근 도라지 물 추출물이 2.22±0.02 QUE mg/g으로 나타났고, 7년근 도라지 물 추출물은 3.80±0.07 QUE mg/g으로 3년근 도라지 물 추출물 보다 약 1.7배 이상 높은 총 플라보노이드 함량을 보였다.

결과적으로 3년근 도라지보다 7년근 도라지의 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량이 높은 것으로 나타나 도라지의 경우 산화방지 성분으로 알려진 총 폴리페놀 및 총플라보노이드 함량은 재배년수가 증가할수록 높아지는 것으로 판단된다.

DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능

3년근 및 7년근 도라지 물 추출물의 산화방지 활성을 평가하기 위해 DPPH 라디칼과 ABTS 라디칼 소거능의 IC₅₀ 값을 측정한 결과는 Table 4와 같다. DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능의 IC₅₀ 값은 3년근 도라지 물 추출물이 각각 13.14±0.45, 7.02±0.66 µg/mL로 나타났고, 7년근 도라지 물 추출물은 각각 9.65±0.21, 6.13±0.10 µg/mL로 7년근 도라지의 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능이 높은 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 Shon 등(2001)의 4년근 도라지와 24년근 도라지 추출물의 DPPH 라디칼 소거능을 비교한 결과에서 24년근 도라지 추출물의 활성이 4년근 도라지에 비해 뛰어났다는 연구결과와 같았다. 또한 재배기간이 길었던 7년근 도라지의 DPPH 라디칼 소거 활성이 높게 나타났고, 일반적으로 총 폴리페놀 함량이 높을수록 DPPH 라디칼 소거활성도 높아진다는 Choi 등(2005)의 연구와 같은 결과를 보였다. 결과적

Table 5. Antimicrobial activity of water extracts from three-year-old and seven-year-old *playcodon grandiflorum* against bronchus diseases inducing bacteria (mm)

Microorganisms	Year	Sample concentration (mg/mL)			
		100	200	300	400
<i>S. aureus</i> KCTC 1928	3	NC ¹⁾	11.72±0.38 ^{2)d}	13.92±0.69 ^{bc}	16.14±1.03 ^b
	7	NC	13.78±0.45 ^c	15.21±0.42 ^b	17.39±0.47 ^b
<i>C. diphtheriae</i> KCTC 3075	3	NC	22.15±1.40 ^b	25.46±2.30 ^a	26.92±2.53 ^a
	7	NC	23.92±1.76 ^a	25.93±1.41 ^a	27.86±1.77 ^a
<i>K. pneumoniae</i> KCTC 2245	3	NC	8.33±0.29 ^f	9.91±0.48 ^d	11.93±0.89 ^c
	7	NC	9.88±0.49 ^e	13.05±0.63 ^c	13.53±0.78 ^c

¹⁾NC: No clear zone

²⁾Date are expressed as mean±SD of triplicate experiments.

^{a-f)}Different letters in the same column indicate significant difference by ANOVA and Duncan's test ($p<0.05$).

으로 도라지의 경우 재배기간이 늘어날수록 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드와 같은 산화방지 물질의 함량이 증가되고, 이러한 물질은 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능에 관여한다고 보고한 Na 등(1997)의 연구와 같은 결과를 보였다.

항균활성

호흡기 질환을 유발하는 원인 세균에 미치는 3년근 및 7년근 도라지 물 추출물의 항균활성을 알아보기 위해 100, 200, 300 및 400 mg/mL 농도로 각각의 세균에 처리한 결과는 Table 5와 같다. 100 mg/mL의 추출물 농도에서는 모든 균에서 clear zone을 확인할 수 없었다. *S. aureus* KCTC 1928에 대한 항균효과는 200, 300 mg/mL 농도에서 7년근 도라지가 3년근 도라지보다 높은 항균활성을 나타내었으나, 400 mg/mL 농도에서는 유의적 차이가 없는 것으로 나타났다. *C. diphtheriae* KCTC 3075의 경우, 200 mg/mL 농도에서는 7년근 도라지의 항균효과가 3년근 도라지에 비해 항균활성이 더 강한 것으로 나타났으나, 300 mg/mL와 400 mg/mL 농도에서는 유의적 차이가 없는 것으로 나타났다. *K. pneumoniae* KCTC 2245에 대한 항균활성을 살펴보면, 200 mg/mL 농도에서 7년근 도라지가 3년근 도라지보다 다소 높은 항균활성을 나타내었다. 또한 300 mg/mL 농도에서는 7년근 도라지의 항균활성이 13.05 mm의 clear zone을 나타내어 3년근 도라지의 9.91 mm의 clear zone보다 높은 항균활성을 나타내었으나, 400 mg/mL 농도에서는 3년근과 7년근의 항균활성은 유의적 차이가 없는 것으로 나타났다.

이상의 결과에서 호흡기 질환 유발 세균에 대한 3년근 도라지 물 추출물과 7년근 도라지 물 추출물의 항균효과는 200 및 300 mg/mL의 농도에서 7년근이 3년근에 비해 높은 항균활성을 나타내어 재배기간이 증가함에 따라 항균활성도 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 항균효과는 7년근 도라지의 높은 폴리페놀 함량에 의한 것으로 판단된다(Lee 등, 2013). 또한 3종의 호흡기 질환 유발 세균 중 *C. diphtheriae* KCTC 3075 균주가 가장 높은 항균활성을 나타내었는데, 이는 Lee 등(2013)의 기관지염 유발 미생물 5종에 대한 도라지 추출물의 항균활성 측정 결과와 *C. diphtheriae* 균에서 가장 높은 항균활성을 나타내었다는 보고와 같은 결과를 나타내었다.

요 약

3년근 및 7년근 도라지의 이화학적 특성을 확인하고자 조사포닌, 유리 아미노산, 철분, 아연 및 칼슘을 비교 확인하였고, 산화방지 활성 및 항균활성을 측정하기 위해 물 추출물을 제조하여 총 폴리페놀, 총 플라보노이드, DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능 측정 및 호흡기 관련 항균활성을 측정하여 7년근 도라지의 상업적 이용가능성을 확인하고자 수행되었다.

3년근 및 7년근 도라지의 조사포닌을 측정한 결과 재배년수가 증가한 7년근 도라지가 낮은 함량을 보였고, 유리 아미노산은 3년근 및 7년근 도라지 모두 아르기닌, 글루탐산, 아스파르트산, 세린, 트레오닌 순으로 높게 나타났으며, 시스테인은 없는 것으로 나타났다. 또한 철, 아연 및 칼슘을 분석한 결과에서는 칼슘만 7년근 도라지가 높게 나타났다.

3년근 및 7년근 도라지 물 추출물의 총 폴리페놀, 총 플라보노이드 함량을 측정한 결과, 재배년수가 높은 7년근 도라지가 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 모두 유의적으로 높게 나타났고, DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능을 측정한 결과에서도 7년근 도라지가 높은 소거능을 보였다. 또한 호흡기 질환과 관련된 세균

의 항균활성을 측정한 결과에서도 7년근 도라지가 높은 항균활성을 가지는 것으로 나타났다.

결과적으로 3년근 도라지보다 7년근 도라지가 산화방지 활성 및 호흡기 질환과 관련된 항균활성이 높은 것으로 나타나, 7년근 도라지를 기능성 식품 및 화장품 소재로써 이용할 경우 산화방지 활성 및 항균활성이 증가된 천연소재로의 이용 가능성이 높을 것으로 판단하였다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부가 지원하는 2018년 농촌자원복합산업화지원사업 향토건강식품명품화사업으로 수행된 연구 결과입니다.

References

- Akiyama T, Tanaka O, Shibata S. Chemical studies on the oriental plant drugs. XXX. Sapogenins of the roots of *Platycodon grandiflorum* A. De Candolle. (1) Isolation of the sapogenins and the stereochemistry of polygalacic acid, Chem. Pharm. Bull. 10: 1945-1951 (1972)
- Arts MJTJ, Haenen GRMM, Voss HP, Bast A. Antioxidant capacity of reaction products limits the applicability of the trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) assay. Food Chem. Toxicol. 42: 45-49 (2004)
- Byun BH, Seo BI. Effects of platycodi radix powder on serum lipid component of rats fed high fat diet. Kor. J. Herbol 16: 35-40 (2001)
- Choi SY, Lim SH, Kim JS, Ha TY, Kim SR, Kang KS, Hwang IK. Evaluation of the estrogenic and antioxidant activity of some edible and medicinal plants. Korean J. Food Sci. Technol. 37 549-55 (2005)
- Choi, JS, Park JH, Kim HG, Young HS, Mun SI. Screening for antioxidant activity of plants and marine algae and its active principles from *Prunus daviana*. Korean J. Pharmacol. 24: 299-303 (1993)
- Chung JH, Shin PG, Ryu JC, Jang DS, Cho SH. Chemical compositions of *Platycodon grandiflorum* (jacquin) A. De Candolle. Agric. Chem. Biotechnol. 40: 148-151 (1997)
- Hwang JB, Yang MO, Shin HK. Survey for amino acid of medicinal herbs. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 35-41 (1998)
- Jeong HJ, Kim ST, Park JJ, Kim KH, Kim KM, Jun WJ. Antioxidant activities and protective effects of hot water extract from *Curcuma longa* L. on oxidative stress-induced C2C12 myoblasts. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 46: 1408-1413 (2017)
- Johnson RP, Aldord ED. and Kinzer GW. Formation of sucrose pyrolysis products. J. Agric. Food Chem. 17: 22-24 (1969)
- Kang YH, Kim KK, Yang CS, Choe M. Evaluation of the anti-obesity activity of *Platycodon grandiflorum* root and *Curcuma longa* root fermented with *Aspergillus oryzae*. Korean J. Food Sci. Technol. 47: 111-118 (2015)
- Kim HK, Choi JS, Yoo DS, Choi YH, Yon GH, Hong KS, Lee BH, Kim HJ, Kim EH, Park BK, Jeong YC, Kim YS, Ryu SY. HPLC analysis of saponins in platycodi radix. Korean J. Pharmacogn. 38: 192-196 (2007)
- Kim SH, Chung MJ. Safety and anticancer effects of *Platycodon grandiflorum* extracts. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 44: 516-523 (2015)
- Kim SB, Jo YH, Liu Q, Ahn JH, Hong IP, Han SM, Hwang BY, Lee MK. Optimization of extraction condition of bee pollen using response surface methodology: Correlation between anti-melanogenesis, antioxidant activity and phenolic Content. Molecules. 20: 1-13 (2015)
- Kim DG, Kim MB, Kim H, Park GH, Lim GP, Hong SH. Herb medicinal pharmacognosy. Shinlilsangsa, Seoul, Korea. pp. 285 (2005)
- Kim SY, Kim HS, Seo IS, Lee HS, Kim HS, Jeong SY. 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 (1993)
- KFDA. Korea health supplements food standard codex. Korea Food and Drug Administration, Seoul, Korea. p. 529 (2012a)
- KFDA. Korea health supplements food standard codex. Korea Food and Drug Administration, Seoul, Korea. p. 463 (2012b)
- Kwon JW, Lee HK, Park HJ, Kwon TO, Choi HR, Song JY. Screening of biological activities to different ethanol extracts of *Rubus coreanus* Miq. Korean J. Medicinal Crop Sci. 19: 325-333 (2011)
- Lee SJ, Bang WS, Hong JY, Kwon OJ, Shin SR, Yoon KY. Antioxidant and antimicrobial activities of black Doraji (*Platycodon grandiflorum*). Korean J. Food Preserv. 20: 510-517 (2013)
- Lee IS, Choi MC, Moon HY. Effect of *Platycodon grandiflorum* A. DC extract on the bronchus diseases bacteria. Korean J. Biotechnol Bioeng. 15: 162-166 (2000)
- Lee BJ, Jeon SH, Lee SW, Chun HS, Cho YS. Effect of drying methods on the saponin and mineral contents of *Platycodon grandiflorum* Radix. Korean J. Food Sci. Technol. 46: 630-640 (2014)
- Lee BJ, Jeon SH, No IR, Kim YG, Cho YS. Effect of saponin content and antioxidant activities of *platycodon grandiflorum* radix by cutting length. Korean J. Medicinal Crop Sci. 23: 363-369 (2015)
- Lee ST, Ryu JS, Kim MB, Kim DK, Lee HJ, Heo JS. Crude saponin contents of *Platycodon grandiflorum*(Jacq.) A.DC. Korean J. Medicinal Crop Sci. 7: 172-176 (1999)
- Lee SJ, Shin SR, Yoon KY. Physiochemical properties of black Doraji (*Platycodon grandiflorum*). Korean J. Food Sci. Technol. 45: 1-6 (2013)
- Lim KH. A Medicinal Phytology (The details) Dong Myoung Sa, Seoul, Korea. p. 281 (1971)
- Lim MK, Kim MR. Antimicrobial activity of methanol extract from soibirhym (Portulacace oleracea) against food spoilage or food borne disease microorganisms and the composition of the extract. Korean J. Soc. Food Cook. Sci. 17: 565-570 (2001)
- Na KS, Suh HJ, Chung SH, Son JY. Antioxidant activity of solvent extract from onion skin. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 595-600 (1997)
- Noh KH, Kim ES. Effect of dietary bellflower (*Platycodon glandiflorum*) and red ginseng on hypercholesterolemic rats. J. Korean Soc. Food Nutr. 13: 413-420 (1984)
- Park SJ, Seong DH, Park DS, Kim SS, Gou JG, Ahn JH, Yoon WB, Lee HY. Chemical compositions of fermented *Codonopsis lanceolata*. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 38: 396-400 (2009)
- Phillips DH. Chemical carcinogenesis. In The Molecular Basis of Cancer, Willey-Interscience, New York, USA. p. 133 (1985)
- Shon MY, Seo JK, Kim HJ, Sung NJ. Chemical composition and physiological activities of Doraji (*Platycodon grandiflorum*). J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 30: 717-720 (2001)
- Tian Q, Giusti MM, Stoner GD, Schwartz SJ. Characterization of a new anthocyanin in black raspberries (*Rubus occidentalis*) by liquid chromatography electrospray ionization tandem mass spectrometry. Food Chem. 94: 465-468 (2006)