

참당귀 뿌리 직경별 지표성분 함량 및 항산화 활성 분석

이상훈¹, 이소희², 김미란¹, 홍충의¹, 허 목³, 한종원³, 이우문⁴, 윤희목⁵, 김연복⁶, 이 이⁷, 구성철^{3*}

¹농촌진흥청 국립원예특작과학원 약용작물과, 박사후연구원, ²농촌진흥청 국립원예특작과학원 약용작물과, 연구원, ³농촌진흥청 국립원예특작과학원 약용작물과, 농업연구사, ⁴농촌진흥청 국립원예특작과학원 약용작물과, 농업연구관, ⁵한국농수산대학 특용작물학과, 학부생, ⁶한국농수산대학 특용작물학과, 교수, ⁷충북대학교 특용식물학과, 교수

Analysis of Index Component Content and Antioxidant Activity According to the Root Diameter of *Angelica gigas* Nakai

Sang-Hoon Lee¹, So-Hee Lee², Meilan Jin¹, Chung-Oui Hong¹, Mok Hur³, Jong-Won Han³, Woo-Moon Lee⁴, Hyeong Muk Yun⁵, Yeon Bok Kim⁶, Yi Lee⁷ and Sung Cheol Koo^{3*}

¹Post-doc, ²Research Assistant, ³Researcher and ⁴Senior Researcher, Herbal Crop Research Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, Eumseong 27709, Korea
⁵Undergraduate and ⁶Professor, Department of Medicinal and Industrial Crops, Korean National College of Agriculture and Fisheries, Jeonju 54874, Korea
⁷Professor, Department of Industrial Plant Science & Technology, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea

Abstract - *Angelica gigas* Nakai (AGN) is a traditional medicinal herb especially in Korea. It contains pyranocoumarins, which are major active components including decursin (D) and decursinol angelate (DA). This study was carried out to determine the change in active component content and antioxidant activity depending on the root diameter of AGN. Several processing steps are involved to use AGN roots as medicine. The dried AGN roots are divided into body (B), thick root (TkR), medium root (MR) and thin root (TnR) according to their diameter before cutting into medicine. The recovery rates of each root parts per 100 kg were measured as 32.3±2.5, 9.0±1.0, 39.3±2.1 and 15.0±1.0%, respectively and the mean diameters were measured as 51.95±4.55, 7.05±0.89, 2.88±0.49 and 1.57±0.32 mm. Two index components, D and DA, were analyzed. The change of both D and DA content showed a similar tendency. Both D and DA content were increased as the root diameter decreased (higher in TnR). In addition, antioxidant activity was higher in B and TnR, and lower in TkR and MR than control. This study showed that the thinner the root diameter, the higher the D and DA content in AGN roots and that TnR has excellent antioxidant activity compared to other root parts, suggesting that the thinner root part of AGN could be used as a potential material.

Key words – ABTS, *Angelica gigas*, Decursin, Decursinol angelate, DPPH

서 언

참당귀(*Angelica gigas* Nakai)는 산형과(Umbelliferae)에 속하는 다년생 식물로서, 한국에서 자생한다. 참당귀는 7-8 월의 평균기온이 20-22°C 정도의 서늘한 기후에서 잘 자라므로 중북부 지방 해발 300-700 m의 산간 고랭지 지역이 재배에 유리

하며, 현재 국내 당귀의 주산지인 강원도 평창, 충청북도 제천, 경상북도 봉화 지역 등이다(Yu *et al.*, 2004). 농림축산식품부 2016년 특용작물 생산물 실적 조사 기준에 의하면 참당귀의 전국 재배면적은 약 497 ha이고, 생산량은 1,398 톤으로 점차 줄어들고 있는 추세이다(MAFRA, 2017). 그러나 참당귀는 국내에서 재배되는 약용작물 중 그 재배면적이 8번째로 큰 주요 작목이다.

당귀는 동의보감 처방 중에 500회 이상 언급되어, 한약 처방

*교신저자: E-mail kscheol992@korea.kr

Tel. +82-43-871-5678

© 본 학회지의 저작권은 (사)한국자원식물학회에 있으며, 이의 무단전재나 복제를 금합니다.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

에서 감초, 생강 등과 함께 가장 많이 이용되고 있으며, 그 뿌리를 한약재 및 기능성 식품으로 이용하고 있다(Park *et al.*, 2019). 당귀 한약재는 나라마다 약전 및 기원 식물이 각각 다른데, 중국약전에서는 *A. sinensis* (oliv.) Diels의 뿌리로, 일본약전에서는 *A. acutiloba* Kitag.의 뿌리로 규정하고 있다(Lee *et al.*, 2017). 대한약전 11개정에 따르면 당귀는 ‘산형과 참당귀 (*A. gigas*)의 뿌리’로 이 약을 건조한 것은 nodakenin 및 총 decursin (decursin과 decursinol angelate)의 합이 6% 이상 함유해야 한다는 기준이 있다. 국내에서 재배되고 있는 당귀는 중국당귀를 제외한 참당귀와 일당귀이며, 참당귀는 한약재용으로, 일당귀는 쌈채소용으로 주로 재배되고 있다(Kim *et al.*, 2018).

당귀는 한방에서 주로 보혈약(補血藥)으로 월경불순, 월경통, 빈혈증 등 부인과 질병의 치료에 사용되어 왔다(Sung *et al.*, 2004). 특히 본초강목에 따르면 당귀의 몸통인 당귀신(當歸身)과 잔뿌리인 당귀미(當歸尾)로 나누어 처방하였는데, 당귀신은 보혈약(補血藥), 당귀미는 활혈거어약(活血祛瘀藥)으로 사용하였다.

참당귀는 당뇨합병증 개선효과, 멜라닌 생성 억제 효과, 미백효과, 자외선 차단 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Kim *et al.*, 2008; Park *et al.*, 2011; Kim *et al.*, 2014). 특히 참당귀의 지표성분인 decursin과 decursinol angelate는 중국당귀와 일본당귀에는 없는 성분으로 전립선암, 폐암, 간보호, 신경 보호, 항균, 항산화 등의 효능이 있는 것으로 보고되었다(Kang *et al.*, 2003; Lee *et al.*, 2003; Yim *et al.*, 2005; Yoon *et al.*, 2011; Bae *et al.*, 2016; Kim *et al.*, 2016).

약용작물의 부산물을 이용한 연구는 가축의 사료용으로 사용하기 위한 연구(Kim *et al.*, 2001; Kim *et al.*, 2002; Yoo *et al.*, 2004), 화장품 및 건강기능식품 원료로 이용하려는 연구(Lee *et al.*, 2014; Ju *et al.*, 2015; Park and Lee, 2015; Seong *et al.*, 2018) 등이 많이 진행되고 있는 실정이다. 특히, 인삼에서는 세근이 지근이나 동체보다 총 진세노사이드 함량이 높았다는 연구 결과가 있으며(Ahn *et al.*, 2008), 현재 인삼 세근은 건강기능성 식품 원료로 사용되고 있다. 그러나 참당귀에서는 이러한 연구가 없었으며, 참당귀 가공 시에 인삼에서 세근에 해당하는 뿌리 부분은 버려지고 있다. 따라서 본 연구는 참당귀 가공 시에 버려지고 있는 뿌리 부분에서 지표성분과 항산화 활성을 분석함으로써, 참당귀 부산물을 건강기능성 식품 원료로 이용하는데 기초자료로 이용될 수 있도록 하기 위해 수행하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에 사용한 참당귀는 산형과에 속하는 *Angelica gigas* Nakai로서 신경대학교 생명과학과 윤창영 교수님의 식물학적 동정을 거쳤으며, 실험에 사용한 시료의 확증표본(표본번호 MPS004997)은 국립원예특작과학원 약용작물과 표본관(KMRH)에 보관하고 있다. 실험 재료는 제천 송학영농조합 법인이서 가공에 이용하는 참당귀 시료를 이용하였다. 참당귀의 정식 시기는 2017년 3월 상순이었고, 재식방법은 외줄로 이랑 33 cm, 고랑 40 cm, 재식거리 35 cm로 하였으며, 10월 하순에 채취하였다. 채취된 시료는 1차 건조 후 가공에 이용되며, 본 실험은 참당귀 한약재와 1차 건조 된 시료를 동결 건조 후 균일하게 분쇄하여 분석에 사용하였다. 대조구로 사용한 참당귀 한약재는 제천 송학영농조합 법인이서 가공 후 유통 판매되는 절편 한약재를 구입하여 사용하였다.

지표성분 분석

당귀의 지표성분인 decursin과 decursinol angelate의 표준품은 (주)코아사이언스(Coresciences Co., Ltd., Seoul, Korea)에서 구입하여 사용하였으며, 검액은 20 mg의 분쇄된 건조 당귀를 1 mL의 80% methanol에 현탁하여 15 분간 초음파 추출한 후, syringe filter (0.45 μ m)로 여과하여 사용하였다. 분석은 Agilent 1100 Series HPLC System (Agilent Tech., Santa Clara, CA, USA)을 이용하였고, column은 YMC-Pack ODS-AM (4.6 \times 250 mm, 5 μ m, YMC Korea Co., Ltd., Seongnam, Korea)을 이용하였다. 분석 조건은 Table 1과 같다. 검량선 작성을 위해 decursin과 decursinol angelate 표준품을 methanol에 녹여 200, 100, 50, 25, 12.5, 6.25 μ g/mL의 농도로 제조한 후 HPLC 분석을 수행했으며, 면적에 대한 농도로 검량선을 작성하였다. 그 결과 decursin의 검량선 방정식은 $\text{Area} = 41,844,0938x + 0,0518985$ ($x = \mu\text{g/mL}$, $r^2 = 0,999$), decursinol angelate의 검량선 방정식은 $\text{Area} = 41,8692916x + 0,487749$ ($x = \mu\text{g/mL}$, $r^2 = 0,999$)였다.

DPPH radical 소거능 측정

DPPH radical 소거능 측정은 Lee *et al.* (2015)의 방법을 이용하였다. 100 mM의 DPPH (2,2-Diphenyl-1-picryl hydrazyl) 메탄올 용액을 제조한 후, 여과하여 사용하였다. 시료는 농도별로 제조한 후(0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 1 mg/mL), 시료 40 μ L에 DPPH

Table 1. Experimental conditions of HPLC

HPLC	Agilent Technologies 1100 series		
Column	YMC-Pack ODS-AM (4.6 mm × 250 mm, 5 μm)		
Wavelength	330 nm		
Column temperature	25°C		
Mobile phase	Solvent A - Water Solvent B - Acetonitrile		
Flow rate	0.8 mL/min		
	Time (min)	Solvent	Ratio (%)
	Initial	B	55
	10.0	B	70
Gradient conditions	15.0	B	80
	25.0	B	90
	35.0	B	95
	40.0	B	55

solution 160 μL을 첨가한 후 23°C 암실에서 30분간 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH radical 소거능은 DPPH radical을 50% 감소시키는 농도인 IC₅₀ (mg/mL)값으로 표현하였으며, 아래의 식으로 계산하였다.

$$\text{Inhibition\%} = \frac{\text{Control}_{\text{Abs}} - (\text{Sample}_{\text{Abs}} - \text{Sample blank}_{\text{Abs}})}{\text{Control}_{\text{Abs}}} \times 100$$

Sample_{Abs}: 추출물을 넣었을 때의 흡광도 값

Sample blank_{Abs}: 추출물대신 동량의 증류수를 첨가했을 때의 흡광도 값

ABTS radical 소거능 측정

ABTS radical 소거능 측정은 Lee *et al.* (2015)의 방법을 이용하였다. 7 mM의 ABTS [2,2-azino-bis (3-ethylthiazoline-6-sulfonic acid)]와 2.45 mM potassium persulfate를 최종 농도로 혼합하여 실온인 암실에 12시간 이상 방치하여 ABTS radical을 형성시킨 후 734 nm에서 흡광도 값이 0.7 nm가 되도록 희석하였다. 희석된 ABTS solution 180 μL에 시료 20 μL을 첨가한 후 30분간 반응시킨 다음 흡광도를 측정하였다. ABTS radical 소거능은 ABTS radical을 50% 감소시키는 농도인 IC₅₀ (mg/mL)값으로 표현하였으며, 아래의 식으로 계산하였다.

$$\text{Inhibition\%} = \frac{\text{Control}_{\text{Abs}} - (\text{Sample}_{\text{Abs}} - \text{Sample blank}_{\text{Abs}})}{\text{Control}_{\text{Abs}}} \times 100$$

Sample_{Abs}: 추출물을 넣었을 때의 흡광도 값

Sample blank_{Abs}: 추출물대신 동량의 증류수를 첨가했을 때의 흡광도 값

통계분석

실험 결과는 SAS Enterprise Guide 4.2 (Statistical analysis system, 2009, Cray, NC, USA)로 분석하였고, 3반복한 결과 값을 평균치 ± 표준편차(means ± SD)로 나타내었다. 시료간의 유의적인 차이는 Duncan's Multiple Range Test (DMRT)로 유의수준 5% (p < 0.01)에서 검증하였다.

결과 및 고찰

참당귀 뿌리 부위별 회수율, 직경 및 수분함량

참당귀 뿌리를 한약재로 이용하기 위해, 수확된 참당귀 뿌리는 건조 후 굵은 뿌리와 가는 뿌리로 분류되는 가공 과정을 거친다. 현재 건조 참당귀 뿌리는 자동 분류기에서 뿌리 굵기에 따라 신, 대미, 중미, 세미 4부위로 분류된다. 건조 참당귀 100 kg당 분류되는 뿌리 부위의 회수율은 신 32.3±2.5%, 대미 9.0±1.0%, 중미 39.3±2.1%, 세미 15.0±1.0%이었으며, 흡과

Table 2. Recovery yield, mean diameter and water content of *Angelica gigas* root parts

	B	TkR	MR	TnR
Recovery yield (%)	32.3±2.5 ^c	9.0±1.0 ^a	39.3±2.1 ^d	15.0±1.0 ^{b*}
Root diameter (mm)	51.95±4.55	7.05±0.89 ^a	2.88±0.49 ^b	1.57±0.32 ^c
Water content (%)	15.0±0.04 ^a	13.5±0.13 ^b	13.4±0.08 ^b	12.5±0.16 ^c

Values indicate means ± SD. *Means with different letters of the same column are significant at P<0.05 by Duncan's Multiple Range Test (DMRT). B, TkR, MR, TnR indicates body, thick root, medium root, thin root, respectively.

찌꺼기가 4.3±1.5%였다. 이들 중 한약재 및 추출물 원료로 이용되는 신, 대미, 중미는 전체의 80.7%였다(Table 2).

건조 참당귀 뿌리부위별 직경은 신 51.95±4.55 mm, 대미 7.05±0.89 mm, 중미 2.88±0.49 mm, 세미 1.57±0.32 mm였다(Table 2). 한약재로 사용 시 건조 참당귀 뿌리 중 굵은 뿌리인 신과 대미는 3 - 5 mm로 잘라서 사용하고, 가는 뿌리인 중미는 10 mm 단위로 잘라서 사용한다. 그러나 직경이 2 mm 미만인 세미는 한약재로 이용하지 않는다.

참당귀 한약재는 수분함량은 약 15% 정도이다. 본 실험에서 대조구로 사용한 참당귀 한약재의 수분함량은 15.2±0.05%였으며, 건조 뿌리의 수분함량은 신, 대미, 중미, 세미가 각각 15.0±0.04, 13.5±0.13, 13.4±0.08, 12.5±0.16%였다(Table 2). 신의 수분함량은 약재와 비슷했으며, 뿌리의 직경이 작을수록 수분함량이 적은 것을 확인할 수 있었다. 이 결과는 참당귀 뿌리의 직경이 작을수록 건조효율은 증가됨을 보여주고 있다.

참당귀 뿌리 부위별 지표성분, decursin과 decursinol angelate, 함량 분석

Decursin과 decursinol angelate는 참당귀의 대표적인 지표 성분으로 알려져 있다. Decursin과 decursinol angelate는 분자식(C₁₉H₂₀O₅)과 분자량(328)이 같은 구조이성질체로서, HPLC로도 분리하기가 매우 어려운 것으로 알려져 있다(Lee *et al.*, 2006; Park *et al.*, 2007).

Kang *et al.* (2003)과 Kim *et al.* (2009)은 당귀의 decursin과 decursinol angelate의 분리 및 정제 방법에 대한 연구 결과를 보고하였다. Kim *et al.* (2009)의 보고에 의하면, HPLC chromatogram에서 decursin과 decursinol angelate의 peak는 6.9분과 7.2분의 retention time에서 확인되었다. 그러나 peak의 400 mAU 아래 영역에서는 두 지표 성분의 분리가 어려웠다. 그래서 본 실험에서는 HPLC 분석 시 이동상의 조건을 변경하여 두 지표 성분이 잘 분리되는 조건을 새롭게 설정하였다(Table 1).

Fig. 1은 decursin과 decursinol angelate의 HPLC chromatogram을 보여주고 있다. Peak의 40 mAU 영역에서부터 decursin과 decursinol angelate의 분리가 일어나는 것을 확인할 수 있었으며, 두 지표성분의 retention time은 각각 14.4 분과 14.7 분 이었다. Table 3은 참당귀 뿌리의 각 부위에서 지표 성분인 decursin과 decursinol angelate의 함량 조사 결과를 보여주고 있다. Decursin 함량은 신에서 3.34±0.22%로 가장 낮았으며, 뿌리 직경이 작은 대미, 중미, 세미 순으로 3.64±0.11%, 3.77±0.13%, 4.42±0.27%로 높아졌다. 그러나 각 부위의 decursin 함량은 대조구인 약재의 2.93±0.11%보다 모두 높은 함량을 보였다.

Decursinol angelate의 함량도 decursin의 함량과 유사한 양상을 나타내었다. 각 부위의 decursinol angelate의 함량은 대조구(2.59±0.09%)보다 모두 높은 함량을 보였으며, 뿌리 직경이 큰 신에서 decursinol angelate의 함량은 2.84±0.20%로 가장 낮았으며, 직경이 가장 작은 세미에서 성분 함량은 4.46±0.28%로 가장 높았다. 이 결과는 지표 성분인 decursin과 decursinol angelate의 함량은 뿌리의 굵기가 작을수록 더 높아지는 경향성을 보여주고 있다. 이 결과는 인삼(*Panax ginseng* C. A. Meyer)에서의 연구결과와 유사하다(Ahn *et al.*, 2008). 인삼에서도 뿌리의 굵기가 작을수록 진세노사이드의 함량은 증가하였다.

한편 각 부위에서 decursin과 decursinol angelate의 함량을 비교했을 때, 굵은 뿌리인 신에서는 decursin의 함량이 decursinol angelate보다 높았으나, 가는 뿌리인 중미와 세미에서는 decursin의 함량이 decursinol angelate보다 낮았다. 따라서 이 결과는 뿌리 부위별로 decursin과 decursinol angelate의 합성 효율이 다를 수 있음을 제시해주고 있다. Decursin과 decursinol angelate는 coumarin에서 유도되는 구조이성질체로, phenylpropanoid 경로에 의해 합성되는 것으로 알려져 있다(Reddy *et al.*, 2017). 그러나 decursinol에서 decursin과 decursinol angelate로 생합성되는 과정은 많은 연구가 되어있지 않다. 이러한 대사체 합

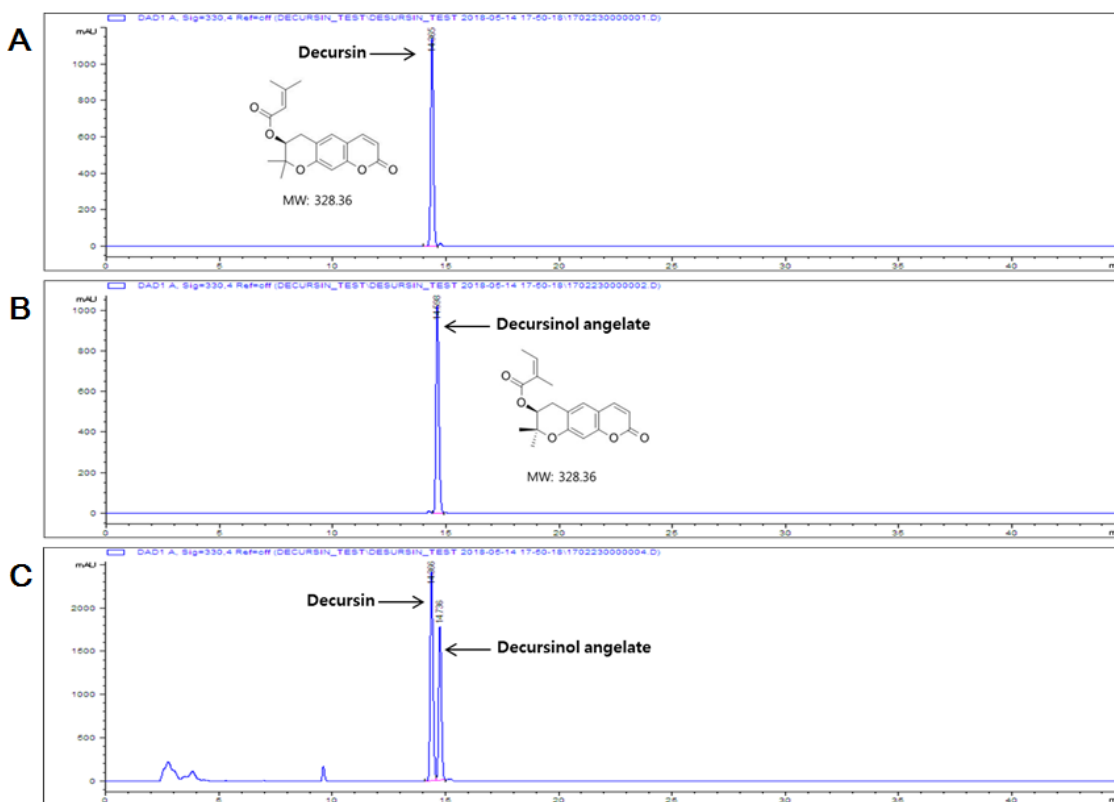


Fig. 1. HPLC chromatogram of decursin (A), decursinol angelate (B), *Angelica gigas* root (C).

Table 3. Decursin and decursinol angelate content of *Angelica gigas* root parts

	MH	B	TkR	MR	TnR
Decursin (%)	2.93±0.11 ^d	3.34±0.22 ^c	3.64±0.11 ^{bc}	3.77±0.13 ^b	4.42±0.27 ^{a*}
Decursinol angelate (%)	2.59±0.09 ^d	2.84±0.20 ^d	3.62±0.09 ^c	3.95±0.12 ^b	4.46±0.28 ^a

Values indicate means ± SD. *Means with different letters of the same column are significant at P<0.05 by Duncan's Multiple Range Test (DMRT). MH, B, TkR, MR, TnR indicates medicinal herbs, body, thick root, medium root, thin root, respectively.

성 기작의 연구는 각 대사체의 추출 및 활용 용도를 높일 수 있을 것이라 생각된다.

본 연구에서 참당귀 뿌리의 지표성분 함량 분석 결과, 부산물 부위인 세미에서 decursin과 decursinol angelate의 함량이 한약재로 이용되는 부위(신, 대미, 중미)보다 높음을 확인하였다. 당귀는 예로부터 보혈제, 빈혈 치료제, 강장제, 진정제, 부인병 치료제 등으로 사용되었기 때문에, 현재 약효를 나타내는 주성분인 decursin과 decursinol angelate에 대한 관심이 급증하고 있는 추세이다(Son *et al.*, 2009). Decursin과 decursinol angelate의 약리 효과는 항종양 효과, 박테리아 성장 억제 효과, 순환계 질환 개선 효과, 대사 효소 억제 효과, 항염증 효과, 항산

화 효과, 인지 개선 효과로 알려져 있다. 따라서 decursin과 decursinol angelate를 이용한 건강기능성 제품 개발에서 지표 성분 함량이 높은 세미 추출물은 경제적 이용 가치가 높다고 생각된다.

참당귀 뿌리 부위별 항산화 활성 분석

참당귀 뿌리 부위별 항산화 활성은 DPPH와 ABTS radical 소거능을 측정하여 검정하였다. DPPH radical 소거능을 측정할 결과는 Table 4와 같았다. DPPH radical 소거능이 50%에 달하는 IC₅₀ 값은 신, 세미, 중미, 대미의 순으로 나타났다. 신의 IC₅₀ 값은 3.55±0.20 mg/mL로 대조군으로 이용된 약재의 3.89±

Table 4. DPPH free radical scavenging activity of *Angelica gigas* root parts

	MH	B	TkR	MR	TnR
IC ₅₀ (mg/mL)	3.89±0.08 ^c	3.55±0.20 ^d	5.10±0.14 ^a	4.22±0.10 ^b	3.92±0.04 ^{c*}

Values indicate means ± SD. *Means with different letters are significant at P<0.05 by Duncan's Multiple Range Test (DMRT). MH, B, TkR, MR, TnR indicates medicinal herbs, body, thick root, medium root, thin root, respectively.

Table 5. ABTS free radical scavenging activity of *Angelica gigas* root parts

	MH	B	TkR	MR	TnR
IC ₅₀ (mg/mL)	3.93±0.06 ^b	3.59±0.20 ^c	4.47±0.08 ^a	3.92±0.05 ^b	3.34±0.04 ^{c*}

Values indicate means ± SD. *Means with different letters are significant at P<0.05 by Duncan's Multiple Range Test (DMRT). MH, B, TkR, MR, TnR indicates medicinal herbs, body, thick root, medium root, thin root, respectively.

0.08 mg/mL보다 낮은 값을 보여 항산화력이 우수함을 확인할 수 있었고, 중미와 대미는 각각 4.22±0.10 mg/mL과 5.10±0.14 mg/mL로 약재보다 높은 값을 보였다. 세미의 IC₅₀ 값은 3.92±0.04 mg/mL로 약재와 비슷한 유의적인 값을 나타내었다. ABTS radical 소거 활성은 DPPH radical 소거 활성과 유사한 경향성을 보였다(Table 5). 신의 IC₅₀ 값은 3.59±0.20 mg/mL로 약재, 중미, 대미보다 낮은 값을 보였다. 그러나 DPPH radical 소거 활성 결과와는 다르게 세미의 IC₅₀ 값이 3.34±0.04 mg/mL로 가장 낮아, 가장 우수한 항산화 활성을 보였고, 신의 IC₅₀ 값과 비교했을 때 통계상 유의적인 값을 나타내었다. 항산화 활성 측정 결과, 약재로 사용되는 신, 대미, 중미의 항산화 활성은 각각 다르게 나타났으나 100 kg당 회수율을 고려하면 전체적인 항산화 활성은 대조군의 약재와 비슷한 항산화 활성을 나타내었다.

최근 들어 특용작물의 부산물에 대한 성분 분석 및 이용에 관련된 연구가 많이 보고되고 있다. 지황의 경우 지상부(꽃, 꽃대, 잎)에서 aucubin, catapol, GABA 성분 분석 결과를 보고하였고, 인삼에서도 지상부와 뿌리에서 ginsenosides의 함량, 항산화 활성 등을 분석함으로써 부산물의 이용가능성을 제시하였다(Ahn *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2011; Wang *et al.*, 2016; Lee *et al.*, 2017). 본 연구와 유사한 연구 결과로 참당귀 뿌리 추출물에는 천연물 중 decursin과 decursinol angelate가 90%로 매우 고농도로 존재하며, 추출물의 항산화효과는 천연물질 중에서 비교적 우수한 것으로 보고되어 있다(Kim *et al.*, 2007; Yang *et al.*, 2008). 따라서 참당귀 뿌리 추출물의 우수한 항산화 효과는 활성산소에 의한 피부의 노화, 주름, 트러블 등을 예방해 줄 것으로 기대되고 있다. 또한 최근의 연구 보고에 의하면, 참당귀 뿌리 추출물의 미백효과를 평가한 결과 그 효능이 매우 우수한 것으로 보고되어져 있다(Park *et al.*, 2009; Jung *et al.*,

2012). 이러한 참당귀 뿌리 추출물의 항산화 및 미백 효과는 피부개선효과를 보여줄 것으로 기대되어 기능성 화장품 소재로서의 가능성에 대해 많은 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서 확인된 세미의 높은 항산화 활성은 세미 추출물의 기능성 화장품 원료로서의 이용 가능성을 높여 줄 것이라 생각된다.

본 연구를 통해 건조 참당귀의 뿌리 부위별 지표성분 함량과 항산화 활성의 변화를 확인함으로써 당귀 뿌리의 한약재 및 추출물 이용과 관련된 기초자료를 확보하였다고 여겨진다. 특히 약재로 사용되지 않는 세미의 경우 활용 가치가 높을 것으로 생각된다. 세미의 회수율은 100 kg당 15%로 많은 부분을 차지하고 있으며, 약재보다 높은 지표성분 함량과 비슷한 항산화 활성을 보였다. 지표성분인 decursin과 decursinol angelate는 치매 예방, 항암활성, 항산화 활성, 미백기능 등을 나타내는 것으로 보고되어져 있어, 세미의 건강기능식품 및 화장품 원료로서의 이용가능성이 높다고 생각된다.

적 요

본 연구는 참당귀 뿌리의 가공 과정을 통해 분류되는 신, 대미, 중미, 세미 부위에서 지표성분과 항산화 활성을 분석함으로써, 약재로 이용되지 않는 세미 부위의 부산물 활용가능성을 평가하기 위해 수행하였다. 참당귀 뿌리의 가공 시 세미 부위의 회수율은 100kg당 15±1.0%로 비교적 많은 부분을 차지하였다. 지표성분 함량은 참당귀 뿌리의 직경이 작을수록 증가하는 경향성을 나타내었으며, 세미 부위에서 decursin (4.42±0.27%)과 decursinol angelate (4.46±0.28%)의 함량이 가장 높았다. 항산화 활성도 뿌리의 직경이 작아질수록 증가하는 경향성을 나타내었으며, 세미 부위의 항산화 활성은 유통되는 한약재와 유사

하거나 우수하였다. 세미의 지표성분 함량 및 항산화 활성의 우수성과 회수율을 고려하면, 참당귀 부산물인 세미를 건강기능성 식품, 화장품 등의 추출물 원료로 활용이 가능할 것으로 생각된다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 당귀/터덕의 품종육성을 위한 집단분류 및 우수계통 선발 연구사업(PJ01344301)과 2019년도 농촌진흥청 국립원예특작과학원 전문연구원 과정 지원 사업에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

References

- Ahn, I.O., S.S. Lee, J.H. Lee, M.J. Lee and B.G. Jo. 2008. Comparison of ginsenoside contents and pattern similarity between root parts of new cultivars in *Panax ginseng* C.A. Meyer. *J. Ginseng Res.* 32:15-18 (in Korean).
- Bae, W.J., J.S. Ha, J.B. Choi, K.S. Kim, S.J. Kim, H.J. Cho, S.H. Hong, J.Y. Lee, Z. Wang, S.Y. Hwang and S.W. Kim. 2016. Protective effect of decursin extracted from *Angelica gigas* in male infertility via Nrf2/HO-1 signaling pathway. *Oxid. Med. Cell. Longev.* 2016:5901098. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/5901098/pdf>
- Ju, J.I., J. Lee, S.W. Paik, T.S. Yun, Y.C. Park, B.H. Lee, H.H. Kim and H.B. Lee. 2015. Effect of drying temperature on high quality functional processed products of Chinese matrimony vine. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 23:468-472 (in Korean).
- Jung, E.J., J.H. Choi, C.G. Park, A.J. Choi, S.J. Chung, C.K. Shim and D.D. Kim. 2012. Microemulsion formulation for enhanced topical absorption of root extract of *Angelica gigas*. *Yakhak Hoeji.* 56:152-157 (in Korean).
- Kang, S.Y., K.Y. Lee, M.J. Park, Y.C. Kim, G.J. Markelonis and T.H. Oh. 2003. Decursin from *Angelica gigas* mitigates amnesia induced by scopolamine in mice. *Neurobiol. Learn. Mem.* 79:11-18.
- Kim, B.K., I.U. Hwang, Y.H. Hwang, M.J. Bae, S.M. Kim and J.H. An. 2002. Effects of dietary *Panax ginseng* leaves, *Dioscorea japonica* hulls and oriental medicine refuse on physico-chemical properties of Korean native chicken meat. *Korean J. Food Sci. An.* 22:122-129 (in Korean).
- Kim, B.K., S.S. Kang and Y.J. Kim. 2001. Effects of dietary oriental medicine refuse and mugwort powder on physico-chemical properties of Korean native pork. *Korean J. Food Sci. An.* 21:208-214 (in Korean).
- Kim, C.H., M.C. Kwon, J.C. Han, C.S. Na, H.G. Kwak, G.P. Choi, U.Y. Park and H.Y. Lee. 2008. Skin-whitening and UV protective effects of *Angelica gigas* Nakai extracts on ultra high pressure extraction process. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 16:255-260 (in Korean).
- Kim, G.H., B.J. Seong, S.I. Kim, S.H. Han, H.H. Kim and K.S. Lee. 2011. Yield and quality characteristics of ginseng's first byproducts. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 19:313-318 (in Korean).
- Kim, J., M. Yun, E.O. Kim, D.B. Jung, G. Won, B. Kim, J.H. Jung and S.H. Kim. 2016. Decursin enhances TRAIL-induced apoptosis through oxidative stress mediated-endoplasmic reticulum stress signalling in non-small cell lung cancers. *Br. J. Pharmacol.* 173:1033-1044.
- Kim, Y.A., S.H. Park, B.Y. Kim, A.H. Kim, B.J. Park and J.J. Kim. 2014. Inhibitory effects on melanin production of demethylsuberosin isolated from *Angelica gigas* Nakai. *Kor. J. Pharmacogn.* 45:209-213 (in Korean).
- Kim, J.Y., H.J. Yang, K.H. Lee, S.M. Jeon, Y.J. Ahn, B.R. Won and S.N. Park. 2007. Antioxidative and antiaging effects of Jeju native plant extracts(II). *J. Soc. Cosmet. Sci. Korea.* 33:165-173 (in Korean).
- Kim, K.M., J.Y. Jung, S.W. Hwang, M.J. Kim, and J.S. Kang. 2009. Isolation and purification of decursin and decursinol angelate in *Angelica gigas* Nakai. *J Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38:653-656 (in Korean).
- Kim, Y.S., H.J. Park, D.H. Lee and H.K. Kim. 2018. Development of multiples polymerase chain reaction assay for identification of *Angelica* species. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 26:26-31 (in Korean).
- Lee, H.J., S.W. Lee, C.G. Park, Y.S. Ahn, J.S. Kim, M.S. Bang, C.H. Oh and C.T. Kim. 2015. Effects of white *Habiscus syriacus* L. flower extracts on antioxidant activity and bone resorption inhibition. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 23:190-197 (in Korean).
- Lee, J.H., Y.S. Choi, J.H. Kim, H.G. Jeong, D.H. Kim, M.Y. Yun, J.S. Kim, S.H. Lee, S.H. Cho, G.N. Shen, E.G. Kim, W.Y. Jin, G.Y. Song. 2006. A mass preparation method of (+)-decursinol from the roots of *Angelica gigas*. *Yakhak Hoeji.* 50:172-176 (in Korean).
- Lee, M.J., S.J. Lee, H.R. Choi, J.H. Lee, J.W. Kwon, K.S. Chae, J.T. Jeong and T.B. Lee. 2014. Improvement of cholesterol and blood pressure in fruit, leaf and stem extracts from black

- raspberry *in vitro*. Korean J. Medicinal Crop Sci. 22:177-187 (in Korean).
- Lee, S., Y.S. Lee, S.H. Jung, K.H. Shin, B.K. Kim and S.S. Kang. 2003. Antioxidant activities of decursinol angelate and decursin from *Angelica gigas* roots. Natural Product Sciences. 9:170-173.
- Lee, S.H., J.S. Yoon, J.K. Kim, C.G. Park, S.C. Kim, C.H. Jung, J.K. Chang and Y.B. Kim. 2017. Aucubin, catalpol, and GABA contents in different plant parts of *Rehmannia glutinosa* cultivars. Korean J. Medicinal Crop Sci. 25:16-21 (in Korean).
- Lee, S.W., S.J. Lee, E.H. Han, E.C. Sin, K.M. Cho and Y.H. Kim. 2017. Current status on the development of molecular markers for differentiation of the origin of *Angelica* spp. J. Plant Biotechnol. 44:12-18 (in Korean).
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA). (2017). 2016 an actual output of crop for a special purpose. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Sejong, Korea. p. 32 (in Korean).
- Park, H.Y., S.B. Kwon, N.K. Heo, W.J. Chun, M.J. Kim and Y.S. Kwon. 2011. Constituents of the stem of *Angelica gigas* with rat lens aldose reductase inhibitory activity. J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem. 54:194-199.
- Park, K.W., S.R. Choi, M.Y. Shon, I.Y. Jeong, K.S. Kang, S.T. Lee, K.H. Shim, K.I. Seo. 2007. Cytotoxic effects of decursin from *Angelica gigas* Nakai in human cancer cells. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 36: 1385-1390 (in Korean).
- Park, S.J. and H.Y. Lee. 2015. Component analysis and antioxidant activity of *Wasabi japonica* Matsum leaves. Korean J. Medicinal Crop Sci. 23:207-213 (in Korean).
- Park, S.K., S.K. Hong, H.G. Kim, B.Y. Kim, T.G. Kim, J.S. Kang and D.U. Kim. 2009. Cosmetic effect of *Angelica gigas* Nakai root extracts. Korean Chem. Eng. Res. 47:553-557 (in Korean).
- Park, Y., D. Jeong, S. Sim, N. Kim, Hong. Park and G. Jeon. 2019. The characteristics of growth and active compounds of *Angelica gigas* Nakai populatiion in Mt. Jeombong. Korean J. Plant Res. 32:9-18 (in Korean).
- Reddy, C.S., S.C. Kim, M. Hur, Y.B. Kim, C.G. Park, W.M. Lee, J.K. Jang and S.C. Koo. 2017. Natural Korean medicine dang-gui: biosynthesis, effective extraction and formulations of major active pyranocoumarins, their molecular action mechanism in cancer, and other biological activities. Molecules. 22:2170. <https://www.mdpi.com/1420-3049/22/12/2170>
- Seong, E.S., S.K. Kim, J.W. Lee, S.H. Choi, J.H. Yoo, J.D. Lim, J.K. Na and C.Y. Yu. 2018. Antioxidant and antibacterial activities of the byproducts of *Abies Holophylla* extract. Korean J. Medicinal Crop Sci. 26:134-140 (in Korean).
- Son, C.Y., I.W. Baek, G.Y. Song, J.S. Kang and K.I. Kwon. 2009. Pharmacological effect of decursin and decursinol angelate from *Angelica gigas* Nakai. Yakhak Hoeji. 53:303-313 (in Korean).
- Sung, J.S., K.H. Bang, C.H. Park, C.G. Park, H.S. Yu, H.W. Park and N.S. Seong. 2004. Discrimination of angelicae radix based on anatomical characters. Korean J. Medicinal Crop Sci. 12:67-72 (in Korean).
- Yang, H.J., Y.J. Ahn, J.H. Kim and S.N. Park. 2008. Antioxidative activity and component analysis of quercusglauca leaf extracts. J. Soc. Cosmet. Sci. Korea. 34:189-200 (in Korean).
- Yim, D., R.P. Singh, C. Agarwal, S. Lee, H. Chi and R. Agarwal. 2005. A novel anticancer agent, decursin, induces G1 arrest and apoptosis in hunman prostate carcinoma cells. Cancer Res. 65:1035-1044.
- Yoo, Y.M., J.N. Ahn, H.S. Chea, B.Y. Park, J.H. Kim, J.M. Lee, Y.K. Kim and H.K. Park. 2004. Characteristic of pork quality during storage fed with ginseng by-products. Korean J. Food Sci. An. 22:37-43 (in Korean).
- Yoon, M.Y., Y.S. Kim, G.J. Choi, K.S. Jang, Y.H. Choi, B. Cha and J.C. Kim. 2011. Antifungal activity of decursinol angelate isolated from *Angelica gigas* roots against *Puccinia recondita*. Res. Plant Dis. 17:25-31 (in Korean).
- Yu, H.S., C.H. Park, C.G. Park, Y.G. Kim, H.W. Park and N.S. Seong. 2004. Growth characteristics and yield of the three species of genus *Angelica*. Korean J. Medicinal Crop Sci. 12:43-46 (in Korean).
- Wang, Y., D. Liao, M. Qin and X. Li. 2016. Simultaneous determination of catalpol, aucubin, and geniposidic acid in different developmental stages of *Rehmannia glutinosa* leaves by high performance liquid chromatography. J. Anal. Methods Chem. 2016:4956589. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/4956589>.

(Received 9 February 2019 ; Revised 8 March 2019 ; Accepted 11 March 2019)