Korean J. Plant Res. 32(4):318-324(2019)
https://doi.org/10.7732/kjpr.2019.32.4.318

Print ISSN 1226-3591
Online ISSN 2287-8203

Original Research Article

추대 참당귀의 이용가능성 평가

이상훈[1], 이소희[2], 홍충의[1], 허 목[3], 한종원[3], 이우문[4], 이 이[5], 구성철[3]*

[1]농촌진흥청 국립원예특작과학원 약용작물과, 박사후연구원, [2]연구원, [3]농업연구사, [4]농업연구관,
[5]충북대학교 특용식물학과, 교수

Evaluation of the Availability of Bolting *Angelica gigas* Nakai

Sang-Hoon Lee[1], So-Hee Lee[2], Chung-Oui Hong[1], Mok Hur[3], Jong-Won Han[3], Woo-Moon Lee[4], Yi Lee[5] and Sung Cheol Koo[3]*

[1]Post-doc, [2]Research Assistant, [3]Researcher and [4]Senior Researcher, Herbal Crop Research Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, Eumseong 27709, Korea
[5]Professor, Department of Industrial Plant Science & Technology, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea

Abstract - *Angelica gigas* Nakai (AGN) is a perennial herb belonging to the family Apiaceae. Its root has been utilized as a traditional medicine in Korea. Also, it contains decursin (D) and decursinol angelate (DA) as major active components. This study was performed to compare the change in content of active components and antioxidant activity between bolting and non-bolting AGN. Bolting AGN (B1) and non-bolting AGN (NB1) were harvested in the end of August. Additional non-bolting AGN (NB2) was harvested in the end of October. The total weight of B1 was 728.7 g, which was 98.5% of NB2 weight. Next, the AGN root (B1, NB1 and NB2) was divided into main root and lateral root. And the AGN aerial part (B1, NB1) was divided into flower, leaf and stem. The two active components, D and DA, and antioxidant activity were analyzed. The D content of B1 was 0.35−1.33% according to the plant parts and the DA content was 0.29−1.07%. In addition, B1 flower and leaf showed higher antioxidant activity than NB2 roots. The results show that B1 contained 15−56% of total major components compared with NB2 main roots, suggesting that B1 could be used as a potential material.

Key words − *Angelica gigas*, Decursin, Decursinol angelate, Bolting, Non-Bolting

서 언

참당귀(*Angelica gigas* Nakai)는 한국에서 자생하는 다년생 식물로서 미나리과(Apiaceae)에 속한다. 참당귀는 서늘한 기후를 좋아하는 식물로서 현재 국내 주산단지는 강원 평창, 충북 제천, 경북 봉화 등으로 해발 300−700 m의 산간 고랭지다(Yu *et al.*, 2004). 2017년 기준으로 국내 참당귀의 재배 면적은 503 ㏊, 수확 면적은 491 ㏊, 생산량은 1,461 톤으로 조사되었다(MAFRA, 2018).

당귀는 한약 처방에서 감초, 생강 등과 함께 가장 많이 이용되고 있으며, 그 뿌리를 한약재 및 기능성 식품으로 이용하고 있다(Park *et al.*, 2019). 당귀는 뿌리를 한약재 및 기능성식품의 원료로 이용하는데, 나라마다 약전에 규정된 식물의 기원이 다르다. 중국약전은 *A. sinensis* (oliv.) Diels의 뿌리, 일본약전은 *A. acutiloba* Kitagawa의 뿌리, 그리고 대한민국약전에는 *A. gigas* Nakai의 뿌리로 규정하고 있다(Lee *et al.*, 2017). 국내에서는 중국당귀를 제외한 참당귀와 일당귀를 재배하고 있으며, 한약재 및 기능성식품의 원료로는 참당귀를, 쌈채소용으로는 일당귀를 주로 사용하고 있다(Kim *et al.*, 2018).

당귀는 한방에서 주로 보혈약(補血藥)으로 월경불순, 월경통, 빈혈증 등 부인과 질병의 치료에 사용되어 왔으며(Sung *et al.*, 2004), 본초강목에 따르면 당귀의 몸통인 당귀신(當歸身)은 보혈약(補血藥)으로, 잔뿌리인 당귀미(當歸尾)는 활혈거어약(活血祛瘀藥)으로 나누어 처방하였다. 또한 당귀는 당귀작약

*교신저자 : E-mail ksch992@korea.kr
Tel. +82-43-871-5678

ⓒ 본 학회지의 저작권은 (사)한국자원식물학회지에 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.

산(當歸芍藥散), 보중익기탕(補中益氣湯), 사물탕(四物湯), 십전대보탕(十全大補湯), 쌍화탕(雙和湯) 등의 처방에 사용되어 왔다.

참당귀는 미백효과, 자외선 차단 효과, 멜라닌 생성 억제 효과, 당뇨합병증 등에도 개선효과가 있는 것으로 알려져 있으며(Kim *et al.*, 2008; Park *et al.*, 2011; Kim *et al.*, 2014), 주요 성분으로는 decurin, decursinol angelate, nodakenin, stigma-sterol, elemol, limonene 등이 있다(Cho *et al.*, 2003). 특히, decursin과 decursinol angelate는 참당귀의 지표성분으로 중국당귀와 일본당귀에는 없는 성분으로 알려져 있으며, 간보호, 신경 보호, 폐암, 항균, 항산화 등의 효능이 있는 것으로 보고되었다(Kang *et al.*, 2003; Lee *et al.*, 2003; Yim *et al.*, 2005; Yoon *et al.*, 2011; Kim *et al.*, 2016).

부산물에 대한 연구는 가축의 사료용 연구(Kim *et al.*, 2001; Kim *et al.*, 2002; Yoo *et al.*, 2004), 화장품 및 건강기능식품의 원료용 연구(Lee *et al.*, 2014; Ju *et al.*, 2015; Park and Lee, 2015; Seong *et al.*, 2018) 등이 보고된 바 있다. 특히, 약용작물에서는 인삼, 지황 등에서 부산물에 대한 연구가 보고된 바 있는데, 인삼에서는 지상부와 세근에서 ginsenosides의 함량, 항산화 활성 등을 분석함으로써 부산물의 이용가능성을 보고 하였고, 지황에서는 지상부에서 aucubin, catapol, GABA 성분 분석 결과를 토대로 부산물로서의 이용 가능성을 보고하였다(Ahn *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2011; Lee *et al.*, 2017). 당귀에서는 지상부의 이용 가능성에 대한 연구는 있었으나(Lee *et al.*, 2015), 재배 시에 버려지는 추대 당귀의 이용 가능성을 평가한 연구는 없었다. 따라서 본 연구는 당귀 재배 시에 버려지고 있는 추대 당귀의 사료 및 화장품 원료로의 이용 가능성을 평가하기 위한 기초 자료를 만들기 위해 수행하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에 사용한 참당귀는 미나리과에 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. 또한 본 실험은 제천 송학 영농조합법인에서 운영하는 포장에서에서 수행하였다. 참당귀의 정식 시기는 2017년 3월 상순이었고, 재식방법은 외줄로 이랑 33 ㎝, 고랑 40 ㎝, 재식거리 35 ㎝로 하였으며, 조사는 10주씩 3반복하였다. 추대 참당귀 시료 채취는 농가에서 추대 확인 후 제거하는 시기인 8월 하순에 하였으며, 비추대 참당귀 시료 채취는 8월 하순과 수확 시기인 10월 하순에 각각 실시하였다. 채취된 시료는 수세 및 동결건조 후 균일하게 분쇄하여 분석에 사용하였다.

지표성분 분석

Decursin과 decursinol angelate 표준품은 ㈜코아사이언스(Coresciences Co., Ltd., Seoul, Korea)에서 구입하여 사용하였으며, 검액은 20 ㎎의 분쇄된 건조 당귀를 1 mL의 80% methanol에 현탁하여 15분간 초음파 추출한 후, syringe filter (0.45 ㎛)로 여과하여 사용하였다. 분석은 Agilent 1100 Series HPLC System (Agilent Tech., Santa Clara, CA, USA)을 이용하였고,

Table 1. LC analyisis condition of decursin, decursinol angelate in *A. gigas*

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

column은 YMC-Pack ODS-AM (4.6 × 250 ㎜, 5 ㎛, 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 ㎍/mL의 농도로 제조한 후 HPLC 분석을 수행했으며, 면적에 대한 농도로 검량선을 작성하였다. 그 결과 decursin의 검량선 방정식은 Area = 41.8440938x + 0.0518985 (x = ㎍/mL, r^2 = 0.999), decursinol angelate의 검량선 방정식은 Area = 41.8692916x + 0.487749 (x = ㎍/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 ㎎/mL), 시료 40 ㎕에 DPPH solution 160 ㎕을 첨가한 후 23℃ 암실에서 30분간 반응시킨 후 517 ㎚에서 흡광도를 측정하였다. DPPH radical 소거능은 DPPH radical을 50% 감소시키는 농도인 IC_{50} (㎎/mL)값으로 표현하였으며, 아래의 식으로 계산하였다.

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

Sample_{Abs}: 추출물을 넣었을 때의 흡광도 값

$\text{Sample blank}_{Abs}$: 추출물대신 동량의 증류수를 첨가했을 때의 흡광도 값

통계분석

실험결과는 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% ($p < 0.05$)에서 검증하였다.

결과 및 고찰

추대, 비추대 참당귀의 생육 특성

추대 참당귀(B1)의 생육 특성 조사는 농가에서 추대된 참당귀를 제거하는 시기인 8월 하순에 실시하였으며, 비추대 참당귀의 조사는 추대된 참당귀 제거 시기(NB1)인 8월 하순과 적정 수확 시기(NB2)인 10월 하순에 조사하였다(Table 2). 수확 시기인 10월 하순에는 지상부가 반 이상 고사되어 지상부의 생육 특성 조사는 수행하지 않았다. 지상부의 경우 초장은 추대 참당귀(B1)가 98.8 ㎝로 51.1 ㎝인 비추대 참당귀(NB1)보다 길었는데 그 이유는 꽃대와 꽃까지의 길이가 포함되었기 때문이다. 경경을 제외한 엽장, 엽폭도 전체적으로 추대 참당귀(B1)의 수치가 높았고, 특히 지상부의 무게는 추대 참당귀(B1)가 634.7 g으로 비추대 참당귀(NB1)의 209.7 g에 비해 3배 가까이 높게 나타났다.

지하부의 경우, 추대 참당귀(B1)가 비추대 참당귀(NB1, NB2)에 비해 근장, 근경, 무게의 수치가 모두 낮았다. 특히, 추대 참당귀(B1)의 지상부 무게는 634.7 g으로 수확기 비추대 참당귀(NB2)의 지하부 무게인 740 g의 약 86% 정도로 나타났고, 추대 참당귀(B1)의 지상부와 지하부의 총 무게는 728.7 g으로 수확기 비추대 참당귀(NB2)의 지하부 무게인 740 g의 약 98.5%로 나타나 수량이 많은 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 비추대 참당귀가 지하부의 영양생장에 주력했을 때, 추대 참당귀는 후대를 남기기 위해 지상부의 성장과 개화에 주력했기 때문으로 생각된다. 또한, 이러한 결과는 Yu *et al.* (1996)이 보고한 참당귀 연구

Table 2. Agronomic characteristics of *A. gigas* Nakai

Sample	Aerial part					Underground part		
	Plant height (㎝)	Leaf length (㎝)	Leaf width (㎝)	Shoot diameter (㎜)	Fresh weight (g/plant)	Root length (㎝)	Root diameter (㎜)	Fresh weight (g/plant)
B1[z]	98.8±9.93[ay]	31.1±1.55[a]	39.1±2.73[a]	26.7±2.48[a]	634.7±45.64[a]	23.3±2.79[b]	30.5±0.85[c]	94.0±6.48[b]
NB1[z]	51.1±4.03[b]	22.3±2.03[b]	24.9±1.70[b]	25.6±3.29[a]	209.7±22.43[b]	26.4±2.28[b]	50.8±3.83[b]	121.0±6.48[b]
NB2[z]	-	-	-	-	-	37.0±2.94[a]	80.7±7.89[a]	740.0±37.21[a]

[z]B1, NB1, NB2 indicates bolting, non bolting harvested late August, non bolting harvested late October, respectively. [y]Values indicate means ± SD from triplicate separated experiments are shown. Means with difference letters of the same column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

Table 3. Decursin content(%) of each part from *A. gigas* Nakai

Sample	Aerial part			Underground part	
	Flower	Leaf	Stem	Main root	Lateral root
B1[z]	0.64±0.02[cy]	0.36±0.02[d]	0.35±0.03[d]	1.16±0.09[e]	1.33±0.08[e]
NB1[z]	-	1.29±0.06[b]	1.48±0.09[a]	1.80±0.05[d]	3.37±0.08[c]
NB2[z]	-	-	-	3.67±0.11[b]	5.17±0.10[a]

[z]B1, NB1, NB2 indicates bolting, non bolting harvested late August, non bolting harvested late October, respectively. [y]Values indicate means ± SD from triplicate separated experiments are shown. Means with difference letters of the same column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

Table 4. Decursinol angelate content(%) of each part from *A. gigas* Nakai

Sample	Aerial part			Underground part	
	Flower	Leaf	Stem	Main root	Lateral root
B1[z]	1.07±0.03[cy]	0.79±0.04[d]	0.29±0.03[e]	0.78±0.06[e]	1.06±0.07[d]
NB1[z]	-	2.50±0.09[a]	1.52±0.07[b]	1.29±0.04[c]	2.65±0.08[a]
NB2[z]	-	-	-	0.57±0.03[f]	1.60±0.10[b]

[z]B1, NB1, NB2 indicates bolting, non bolting harvested late August, non bolting harvested late October, respectively. [y]Values indicate means ± SD from triplicate separated experiments are shown. Means with difference letters of the same column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

에서 지상부의 생육이 너무 왕성하면 추대가 일어나고, 추대가 되면 지하부의 생산량이 낮아진다는 결과와 경향이 일치하였다.

추대, 비추대 참당귀의 지표성분 함량 분석

추대 참당귀와 비추대 참당귀의 각 부위에 대해 지표성분으로 알려진 decursin과 decursinol angleate에 대한 함량을 조사하였다. 뿌리는 당귀신(當歸身)과 당귀미(當歸尾)로 나누어 성분 함량을 조사하였다. 지상부의 decursin 함량은 비추대(NB1) 줄기 1.48% > 비추대(NB1) 잎 1.29% > 추대(B1) 꽃 0.64% > 추대(B1) 잎 0.36% > 추대(B1) 줄기 0.35% 순으로 나타났으며, 추대(B1)보다 비추대(NB1)의 줄기와 잎에서 함량이 높았다(Table 3).

지하부의 decursin 함량은 비추대(NB2) 미(尾) 5.17% > 비추대(NB2) 신(身) 3.67% > 비추대(NB1) 미(尾) 3.37% > 비추대(NB1) 신(身) 1.80% > 추대(B1) 미(尾) 1.33%, 추대(B1) 신(身) 1.16% 순으로 나타났으며, 수확기 비추대(NB2)의 미(尾)에서 5.17%로 함량이 가장 높았다.

지상부의 decursinol angelate 함량은 비추대(NB1) 잎 2.50% > 비추대(NB1) 줄기 1.52% > 추대(B1) 꽃 1.07% > 추대(B1) 잎 0.79% > 추대(B1) 줄기 0.29% 순으로 나타났으며, 추대(B1)보다 비추대(NB1)의 줄기와 잎에서 함량이 높았다. 이 결과는 지상부의 decursin 함량과 비슷한 경향성을 나타내었다(Table 4).

지하부의 decursinol angelate 함량은 비추대(NB1) 미(尾) 2.65% > 비추대(NB2) 미(尾) 1.60% > 비추대(NB1) 신(身) 1.29% > 추대(B1) 미(尾) 1.06% > 추대(B1) 신(身) 0.78% > 비추대(NB2) 신(身) 0.57% 순으로 나타났다. 지하부의 decursinol angelate 함량은 decursin 함량과는 다른 경향성을 나타내었으며, 비추대(NB1)의 미(尾)에서 2.65%로 함량이 가장 높았다.

추대 참당귀의 decursin 함량은 부위에 따라 0.35~1.33%로 수확기 참당귀의 신(身)에 비해 10~36%, 미(尾)에 비해 7~26%의 함량을 갖는 것으로 나타났다. 추대 참당귀의 decursinol angelate 함량은 부위에 따라 0.29~1.07%로 수확기 당귀의 신(身) 대비 50~188%, 미(尾) 대비 18~69%의 함량을 갖는 것으로 나타났다. 대체적으로 추대 당귀는 비추대 당귀에 비해 성분은 낮게 나타났지만, decursin과 decursinol angelate의 총 함량은 주 생산품인 참당귀 신(身)의 지표성분 총 함량인 4.24%와 대비해 부위별로 15~56%로 나타났다. 버려지는 추대 당귀의 무게가 생산품의 약 98.5%에 이르고, 당귀 생산품의 15~56%에 해당하는 유효성분 함량을 가진 것을 고려해 볼 때, 추출물로 만들시 추대 당귀는 생산품 대비 14.8~55.2%에 해당하는 가치가 있을 것으로 사료된다.

추대, 비추대 참당귀의 항산화 활성

추대와 비추대 참당귀의 각 부위별 항산화 활성은 DPPH radical 소거능을 측정하여 분석하였다(Table 5). DPPH radical 소거능이 50%일 때의 수치인 IC_{50} 값은 지상부의 경우 추대(NB1) 꽃 1.78 ㎎/mL > 비추대(NB1) 잎 2.03, 추대(B1) 잎 2.02 ㎎/mL > 추대(B1) 줄기 4.05 ㎎/mL > 비추대(NB1) 줄기 4.72 ㎎/mL 순으로 나타났고, 지하부의 경우 비추대(NB1) 미(尾) 3.21 ㎎/mL > 추대(B1) 미(尾) 3.51, 비추대(NB2) 미(尾) 3.60 ㎎/mL > 비추대(NB1) 신(身) 4.25 ㎎/mL > 추대(B1) 신(身) 4.46 ㎎/mL > 비추대(NB2) 신(身) 5.36 ㎎/mL 순으로 나타났다. 기존에 보고된 참당귀 한약재의 IC_{50} 값인 3.89 ± 0.08 ㎎/mL과 비교해 볼 때(Lee *et al.*, 2019), 지상부의 경우 추대 참당귀의 꽃과 잎, 비추대 참당귀의 잎이 한약재보다 항산화력이 우수했고, 지하부의 경우 공통적으로 미(尾)가 한약재보다 항산화력이 우수해 추대 참당귀의 지상부와 지하부 모두 이용가능성이 있을 것으로 사료된다.

Yu *et al.* (2000)의 연구에 따르면 참당귀의 재배 시에 추대율은 뿌리 직경에 따라 0.2~46.6%로 나타났다고 보고한 바 있는데, 현재 농가에서는 우량 품종 사용 및 적정 뿌리 직경의 참당귀 묘 이용으로 추대율을 10% 미만으로 관리하려고 노력하고 있다. 그럼에도 불구하고 추대 참당귀는 항상 출현하고 있는 실정이기 때문에 농가에서는 추대율이 참당귀 생산량에 가장 큰 변수로 작용하고 있다. 본 연구 결과 추대 참당귀는 생산품 참당귀 대비 생산량도 98.5%로 높았으며, decursin과 decursinol angelate의 총 함량도 주 생산품인 참당귀 신(身)의 15~56%에 해당하는 함량을 가진 것으로 나타나 부산물로서의 이용 가능성이 높은 것으로 사료된다. Cho (1995)의 연구에 따르면 닭에게 참당귀 뿌리가 첨가된 사료를 섭취하게 했을 때, 생체중의 증가가 일어나 사료용으로 이용 가능성이 높다고 하였고, 최근에 참당귀 부산물인 잎과 줄기를 닭에 섭취하게 하였을 때 산란계의 건강증진과 고품질 계란 생산이 가능하다는 연구결과가 보고되었다(Fontamillas *et al.*, 2019). 이러한 결과를 종합해 볼 때, 육계 및 산란계의 사료용으로 추대 참당귀의 부산물로서의 이용가능성이 높다고 사료된다. 또한, 인삼 부산물의 경우 닭뿐만 아니라 돼지 사료첨가제로의 이용 가능성도 평가되었고(Park *et al.*, 2007), 당귀가 들어간 한약재 부산물을 돼지에게 투여했을 때 육질이 좋아진다는 보고가 있는 것을 고려해 볼 때(Choi *et al.*, 1996), 당귀 부산물도 인삼처럼 돼지 사료첨가제로의 이용 가능성이 높을 것으로 사료된다. 특히, 참당귀의 decursin 추출물은 현재 화장품의 원료로 이용되고 있으며, 이를 이용한 화장품이 많이 시판되고 있는 점을 볼 때, 추대 참당귀의 화장품 원료로서의 이용가능성도 높다고 사료된다.

적 요

본 연구는 참당귀 재배 시에 발생하는 추대 참당귀를 부산물로 활용가능성이 있는지 평가하기 위해 수행하였다. 추대 참당귀의 지상부와 지하부의 총 무게는 수확기 비추대 참당귀의 지하부 무게 대비 약 98.5%로 높게 나타났다. 또한 추대 당귀의 decursin과 decursinol angelate의 총 함량은 주 생산품인 참당귀 신(身)의 지표성분 총 함량인 4.24%와 대비해 부위별로 0.64%~2.39%로 나타났으며, 이는 추출물로 이용 시 생산품 대비 15~56%에 해당하는 것으로 나타났다. 또한, 항상화 활성의 경우 추대 참당귀는 전반적으로 비추대 참당귀에 비해 우수한 것으로 나타났다. 추대 참당귀의 생산량, 지표성분 함량 그리고 항산화 활성 결과를 고려해 봤을 때, 추대 참당귀의 부산물은 사료 첨가제 및 화장품 용도의 추출물로 이용 가능성이 높은 것으로 생각된다.

Table 5. DPPH free radical scavenging activity of each part from *A. gigas* Nakai

Sample	IC_{50} (㎎/mL)				
	Aerial part			Underground part	
	Flower	Leaf	Stem	Main root	Lateral root
B1[z]	1.78±0.10[ay]	2.02±0.09[b]	4.05±0.10[c]	4.46±0.03[d]	3.51±0.08[b]
NB1[z]	-	2.03±0.03[b]	4.72±0.08[d]	4.25±0.07[c]	3.21±0.12[a]
NB2[z]	-	-	-	5.36±0.12[e]	3.60±0.19[b]

[z]B1, NB1, NB2 indicates bolting, non bolting harvested late August, non bolting harvested late October, respectively. [y]Values indicate means ± SD from triplicate separated experiments are shown. Means with difference letters of the same column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

사 사

본 연구는 농촌진흥청 내고온성 참당귀 우수 자원 선발 및 계통 육성 연구사업(PJ01440601)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).

Cho, M.G., J.K. Bang and Y.A. Chae. 2003. Comarison of volatile compounds in plant parts of *Angelica gigas* Nakai and *A. acutiloba* Kigagawa. Korean J. Medicinal Crop Sci. 11:352-357 (in Korean).

Cho, S.K. 1995. Effect of dietary root powder of *Angelicae gigantis* on growth performance, organ seight and serum componets in broiler chicken. Korean J. Poult. Sci. 22: 145-153 (in Korean).

Choi, J.H., D.W. Kim, Y.S. Moon and D.S. Chang. 1996. Feeding effect of oriental medicine on the functional properties of pig meat. J. Korean Soc. Food Nutr. 25:110-117 (in Korean).

Fontamillas, G.A.D., S.W. Kim, H.U. Kim, S.J. Kim, J.G. Kim, T.S. Park and B.C. Park. 2019. Effects of *Angelica gigas* Nakai on the production of decursin- and decursinol angelate-enriched eggs. J. Sci. Food Agric. 99:3117-3123.

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).

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, 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, K.Y., S.Y. Hong, H.J. Jeong, J.A. Lee, S.H. Lim, N.K. Heo and H.Y. Kim. 2015. Biological activities of extract from aerial parts of *Angelica gigas* Nakai. J Agri. Life Environ. Sci. 27:15-22 (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., S.H. Lee, M. Jin, C.O. Hong, M. Hur, J.W. Han, W.M. Lee, H.M. Yun, Y.B. Kim, Y. Lee and S.C. Koo. 2019.

Analysis of index component content and antioxidant activity according to the root diameter of *Angelica gigas* Nakai. Korean J. Plant Res. 32:116-123 (in Korean).

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). 2018. 2017 an actual output of crop for a special purpose. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Sejong, Korea. p. 36 (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, J.C., Y,H. Kim, H.J. Jung, S.Y. Ji, S.D. Lee, J.W. Ryu, H.D. Jang, J.K. Moon and L.C. Kim. 2007. Effects of dietary ginseng by-product on growth performance and pork quality parameters in finishing pigs. J. Anim. Sci. and Technol. 49:839-846 (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, 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).

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 anti-bacterial activities of the byproducts of *Abies Holophylla* extract. Korean J. Medicinal Crop Sci. 26:134-140 (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).

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., J.K. Bang, Y.G. Kim, N.S. Seong, B.H. Lee and J.S. Jo. 2000. Effect of root head diameter of seedling on growth and bolting response in *Angelica gigas* Nakai. Korean J. Medicinal Crop Sci. 8:283-289 (in Korean).

Yu, H.S., Y.H. Chang, S.T. Lee, C.G. Kim and Y.G. Kim. 1996. Relation between bolting rate and yield in *Angelica gigas*. Korean J. Medicinal Crop Sci. 4:47-51 (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).

(Received 16 June 2019 ; Revised 28 July 2019 ; Accepted 05 August 2019)