

참당귀 세미 추출물의 미백 및 항산화 효과

이상훈¹, 박정용², 서경혜³, 최장남¹, 이윤정¹, 문윤호¹, 허 목⁴, 박우태⁴, 허윤찬⁵, 장재기⁵, 구성철^{4*}

¹농촌진흥청 국립원예특작과학원 약용작물과, 박사후연구원, ⁴농업연구사, ⁵농업연구관,

²농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작이용팀, 연구원, ³농촌진흥청 국립원예특작과학원 화훼과, 농업연구사

Whitening and Antioxidant Effects of Extracts from *Angelica gigas* Nakai Thin Root

Sang-Hoon Lee¹, Jeong-Yong Park², Kyung Hye Seo³, Jang Nam Choi¹, Yoon-Jeong Lee¹,
Youn-Ho Moon¹, Mok Hur⁴, Woo Tae Park⁴, Yun Chan Huh⁵, Jae-Ki Chang⁵ and Sung Cheol Koo^{4*}

¹Post-doc, ⁴Researcher and ⁵Senior Researcher, Herbal Crop Research Division,

National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, Eumseong 27709, Korea

²Research Assistant, Herbal Crop Utilization Research Team, National Institute of Horticultural & Herbal Science,
RDA, Eumseong 27709, Korea

³Researcher, Floriculture Research Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA,
Wanju 55365, Korea

Abstract - *Angelica gigas* Nakai (AGN) is a perennial plant belonging to the family Apiaceae. Its root has been utilized as a traditional medicine especially in Korea. This study was carried out to evaluate the potential use of extracts from AGN root parts as a cosmetic material. 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. B, Tkr and MR of AGN are combined and used as medicinal herbs (MH). The extracts from AGN each root part (B, Tkr, MR, TnR, MH) were used to test the effect on cell viability using MTS assay and to examine inhibitory effect on melanin accumulation in B16F10 melanoma cells. All extracts (50 - 200 μ g/mL) from the each root part did not affect the cell viability. And inhibitory effect of all root extracts (200 μ g/mL) on melanin accumulation was 12-19%. Especially, TnR showed similar inhibitory effect on melanin accumulation to MH. In addition, DPPH and ABTS free radical scavenging activity were higher in the TnR extract compared to MH. This study showed that the TnR extract exhibit high inhibitory effect on melanin accumulation and antioxidant activity compared to MH, suggesting that TnR extract has potential as a cosmetic ingredient.

Key words - *Angelica gigas* Nakai, Antioxidant activity, Melanin, Thin root

서 언

참당귀(*Angelica gigas* Nakai)는 미나리아과(Apiaceae)에 속하는 다년생 식물로서 우리나라에 자생하며, 서늘한 기후를 좋아한다. 현재 국내 참당귀 재배지는 강원 평창, 충북 제천, 경북 봉화 등 해발 300-700 m의 산간 고랭지이다(Yu *et al.*, 2004). 농림축산식품부 특용작물 생산물 실적 조사 기준에 의하면 참당귀의 전국 재배면적은 2012년 625 ha, 2015년 514 ha, 2018년

457 ha로 점점 줄고 있는 추세이며, 생산량도 2012년 1,857 톤, 2015년 1,371 톤, 2018년 1,135 톤으로 점차 줄어들고 있다(MAFRA, 2019).

당귀는 뿌리를 이용하는 한약재로 한방에서는 보혈약(補血藥)으로 사용되어 왔으며(Sung *et al.*, 2004), 간보호, 당뇨합병증 개선, 신경 보호, 전립선암, 폐암, 미백, 항균, 항산화 등의 효능이 알려져 있다(Bae *et al.*, 2016; Kang *et al.*, 2003; Kim *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2014; Kim *et al.*, 2016; Lee *et al.*, 2003; Park *et al.*, 2011; Yim *et al.*, 2005; Yoon *et al.*, 2011).

그러나 당귀는 나라마다 약전에 등재된 식물의 기원이 다르

*교신저자: E-mail kscheol92@korea.kr

Tel. +82-43-871-5678

며, 중국약전은 *A. sinensis* (중국당귀), 일본약전은 *A. acutiloba* (일당귀), 우리나라 약전에는 *A. gigas* (참당귀)로 규정하고 있다(Lee *et al.*, 2017). 현재 국내에서는 참당귀와 일당귀만 재배되고 있으며, 중국당귀는 재배되고 있지 않다(Kim *et al.*, 2018).

부산물을 이용한 연구는 다양하게 이루어지고 있으며, 가축의 사료용으로 사용하기 위한 연구(Kim *et al.*, 2002; Park *et al.*, 2007; Yoo *et al.*, 2004), 건강기능식품 원료로 이용하려는 연구(Ju *et al.*, 2015; Lee *et al.*, 2014; Park and Lee, 2015), 화장품 원료로 이용하려는 연구(Jang *et al.*, 2011; Kim *et al.*, 2010a) 등이 보고된 바 있다. 특히, 화장품은 기능이 첨가된 화장품(Pharmaceuticals)이라는 개념이 도입되어 전 세계적으로 폭넓게 이용되고 있는 추세이며(Baik *et al.*, 2017), 다양한 식물 소재에서 항산화, 미백, 주름개선 등의 기능성 효능이 보고된 바 있다(Baik *et al.*, 2017; Kim *et al.*, 2010b; Lee and Park, 2011; Lee, 2019).

당귀에서도 부산물을 가축 사료 및 건강기능성 원료로 사용하기 위한 연구는 보고된 바 있으나(Lee *et al.*, 2019a; Lee *et al.*, 2019b), 기능성 화장품 원료로 사용하기 위한 연구는 미미한 실정이다. 특히, 참당귀 세미의 경우 건조 후 뿌리 굵기에 따라 분류되는 과정에서 부산물로 나오며, 전체 중량의 약 15% 정도를 차지하는 것으로 보고된 바 있다(Lee *et al.*, 2019b). 또한, 세미의 경우 기존 연구에서 지표성분인 decursin과 decursinol angelate의 총합이 8% 정도로 약재의 6.5%보다 높아 인삼의 미근 부산물처럼 건강기능성 식품의 원료로서의 가능성이 있다고 보고된 바 있다(Lee *et al.*, 2019b). 따라서 본 연구는 당귀 가공 시에 부산물로 버려지고 있는 세미에서 미백 및 항산화효과를 분석함으로써 당귀 부산물의 기능성 화장품 원료로서의 이용 가능성을 평가하기 위해 수행하였다.

재료 및 방법

실험재료 및 추출물 제조

본 실험재료는 제천 송학영농조합 법인에서 가공에 이용하는 참당귀 시료를 이용하였다. 대조구로 사용된 참당귀 약재 또한 제천 송학영농조합 법인에서 가공 후 판매되는 절편 한약재를 구입하여 사용하였다. 참당귀의 정식 시기는 2019년 3월 상순이었고, 재식방법은 외줄로 이랑 33 cm, 고랑 40 cm, 재식거리 35 cm로 하였으며, 10월 하순에 채취하였다. 채취된 시료는 수세 후 1차 건조한 다음 자동분류기를 통해 선별하였으며, 본 실험은 선별된 시료와 참당귀 한약재를 동결 건조하여 균일하게

분쇄하여 사용하였다. 분쇄된 당귀 5 g에 70% 에탄올을 10배 가한 후(1/10, w/v), 24시간 상온 추출하여 얻어진 추출물을 회전감압농축기를 이용하여 농축시킨 후 얻어진 분말을 100% DMSO (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)에 녹여 세포에 농도별 활성을 확인하였다.

Melanoma 세포배양

B16F10 melanoma 세포는 American Type Culture Collection (Manassas, VA, USA)에서 구입하여 사용하였고, 배지는 1% penicillin/streptomycin과 10% fetal bovine serum이 포함된 Dulbecco's modified eagles medium (Gibco, Grand Island, NY, USA)을 사용하였으며, 37°C, 5% CO₂ 조건하에서 배양하였다.

Melanoma 세포 생존율

96-well plate에 B16F10 melanoma 세포를 1×10^4 cells/well씩 분주하여 24시간 배양한 후 추출물을 농도별(25, 50, 100, 200 μ g/mL)로 각각 처리한 다음, 3-isobutyl-1-methyl-xanthine (IBMX; Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)을 100 μ M 처리하였다. 48시간 후 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-5-(3-carboxymethoxyphenyl)-2-(4-sulphophenyl)-2H-tetrazolium (MTS; Promega, Madison, WI, USA) assay를 수행하여 multimode microplate reader (Biotek Inc., Winooski, VT, USA)로 490 nm에서 흡광도를 측정하였다. 추출물을 처리하지 않은 B16F10 melanoma 세포를 대조군으로 하여 세포 생존율을 계산하였다.

Melanin 함량 측정

멜라닌 함량 측정은 Hosoi *et al.* (1985)의 방법을 변형하여 사용하였다. B16F10 세포를 6-well plate에 1.0×10^5 cell/well로 분주하여, 24시간 배양한 후, 부위별 추출물을 200 μ g/mL 농도로 처리한 다음, IBMX를 100 μ M 처리하였다. 48시간 후 Dulbecco's phosphate-buffered saline (Gibco)로 세포를 회수하고 1N sodium hydroxide (NaOH)로 90°C에서 1시간 동안 가열하여 세포를 용해하였다. Multimode microplate reader로 405 nm에서 흡광도를 측정하여 함량을 계산하였다. 또한 저해율은 아래의 식으로 계산하였다.

$$\text{Inhibition\%} = \frac{\text{ControlIBMX} - \text{SampleIBMX}}{\text{ControlIBMX}} \times 100$$

Control_{IBMX}: B16F10 세포에 IBMX 100 μ M 처리하였을 때의 흡광도 값

Sample_{IBMX}: B16F10 세포에 IBMX 100 μ M와 추출물을 함께 첨가했을 때의 흡광도 값

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(100, 200, 500, 700, 1,000 μ g/mL), 시료 40 μ L에 DPPH solution 160 μ L을 첨가한 후 23°C 암실에서 30분간 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH radical 소거능은 DPPH radical을 50% 감소시키는 농도인 IC₅₀ (μ g/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 2,2-azino-bis (3-ethylbenthiiazoline-6-sulfonic acid)와 2.45 mM potassium persulfate를 최종 농도로 혼합하여 실온인 암실에 12시간 이상 방치하여 ABTS를 형성시킨 후 734 nm에서 흡광도 값이 0.7 nm가 되도록 희석하였다. 희석된 ABTS solution 180 μ L에 시료 20 μ L을 첨가한 후 30분간 반응시킨 다음 흡광도를 측정하였다. ABTS radical 소거능은 ABTS radical을 50% 감소시키는 농도인 IC₅₀ (μ g/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

실험결과는 SAS Enterprise Guide 4.2 (Statistical analysis system, 2009, Cray, NC, USA)로 분석하였고, 3반복한 결과를 평균치 \pm 표준편차(means \pm SD)로 나타내었다. 시료간의 유의적인 차이는 Duncan's Multiple Range Test (DMRT)로 유의수준 5% ($p < 0.05$)에서 검증하였다.

결과 및 고찰

당귀 뿌리 부위별 세포 생존율

참당귀 뿌리의 분류는 기존 Lee *et al.* (2019b)의 연구를 바탕으로 자동분류기를 이용하였으며, 뿌리 굵기에 따라 신, 대미, 중미, 세미의 4부위로 분류하였다.

참당귀 뿌리 부위별 추출물이 B16F10 melanoma 세포에서 독성이 있는지 확인하기 위해 추출물을 각각 농도별(25, 50, 100, 200 μ g/mL)로 처리하고, 48시간 후 MTS assay를 수행하였다(Fig. 1). 추출물의 처리 농도에 따른 B16F10 melanoma 세포의 생존율은 대미에서 103 ~ 109%, 중미에서 106 ~ 108%, 세미에서 104 ~ 110%, 신에서 98 ~ 106%, 그리고 대조구로 쓰인 약재에서 97 ~ 111%로 나타나 유의적인 세포독성은 관찰되지 않았다. 따라서 이후의 실험은 200 μ g/mL 농도로 진행하였다.

당귀 뿌리 부위별 melanin 생성 억제효과

참당귀 뿌리 부위별 추출물의 melanin 생성 억제효과를 확인하기 위해 B16F10에 부위별 추출물(200 μ g/mL)과 IBMX (100 μ M)를 처리하여 세포 내 멜라닌 함량 변화를 측정하였다(Fig. 2). 뿌리 부위별 melanin 생성 억제효과는 12 ~ 19%로 나타났으며 (Table 1), 세미는 약재와 비슷한 melanin 생성 억제효과를 보였다.

당귀 뿌리 부위별 항산화 활성

참당귀 뿌리 부위별 항산화 활성은 DPPH와 ABTS radical 소거능을 측정하여 검증하였다. DPPH radical 소거능을 측정한 결과는 Table 2에 나타낸 바와 같다. DPPH radical 소거능이 50%에 달하는 IC₅₀ 값은 신 552.9 \pm 13.0 μ g/mL > 세미 677.9 \pm 30.5 μ g/mL > 중미 754.4 \pm 10.1 μ g/mL > 대미 857.4 \pm 50.4 μ g/mL의 순으로 나타났다. 신과 세미의 IC₅₀ 값은 대조군으로 이용된 약재의 728.0 \pm 42.4 μ g/mL보다 낮은 값을 보여 항산화 활성이 우수함을 확인할 수 있었고, 중미와 대미의 IC₅₀ 값은 약재보다 높은 값을 보여 항산화 활성이 약재보다 떨어짐을 알 수

있었다. ABTS radical 소거능을 측정한 결과는 Table 3에 나타난 바와 같다. ABTS radical 소거능이 50%에 달하는 IC₅₀ 값은 세미 114.9 ± 0.1 μg/mL > 신 140.3 ± 6.7 μg/mL > 중미 161.7 ± 3.4 μg/mL > 대미 209.0 ± 3.8 μg/mL의 순으로 나타났다. 대미를 제외한 세미, 신, 중미의 IC₅₀ 값은 대조군으로 이용된 약재의 173.6 ± 1.3 μg/mL보다 낮은 값을 보여 항산화 활성이 우수함을 확인할 수 있었다. 항산화 활성 측정 결과, 약재로 사용되는 신, 대미, 중미의 부위별 항산화 활성은 측정 방법에 상

관없이 신 > 중미 > 대미 순으로 나타났으며, 부산물인 세미의 경우 측정 방법에 상관없이 중미, 대미, 그리고 대조군으로 쓰인 약재보다 항산화 활성이 우수하게 나타났다.

당귀 추출물의 세포 생존율의 경우 추출방법에 따라 다르게 보고된 바 있다. 열수 추출물의 경우 50 μg/mL 농도에서는 100%, 1,000 μg/mL의 고농도에서는 70% 이상의 생존율을 보인다는 보고가 있으며(Lee and Lee, 2013), 초고압 공정에 의한 추출물의 경우 1,000 μg/mL의 고농도에서 76.51%의 생존율을

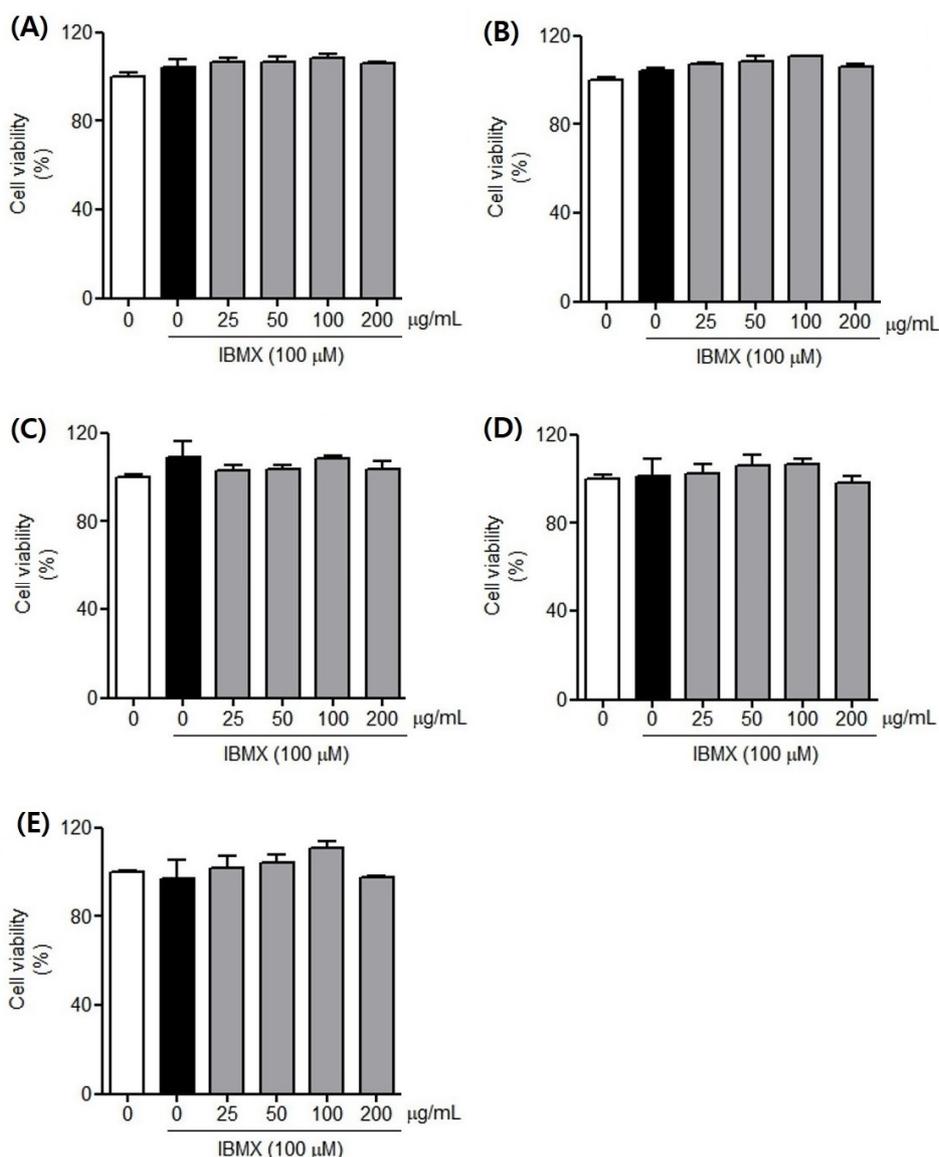


Fig. 1. Cell viability of *Angelica gigas* extracts on B16F10 melanoma cells. (A): thick root extract, (B): thin root extract, (C): medium root extract, (D): root body extract, (E): medicinal herb extract. Cell viability was examined using MTS assay. Each experiment was conducted in triplicates, and the results are means ± SD.

보인다는 보고가 있었다(Kim *et al.*, 2008). 본 실험은 70%의 주정을 사용하여 추출물을 제조하였는데, 25 ~ 200 $\mu\text{g/mL}$ 의

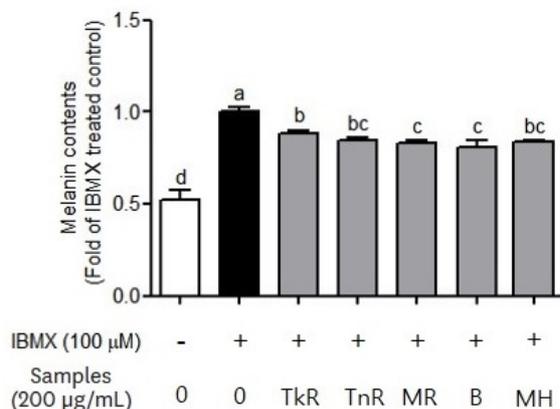


Fig. 2. Inhibitory effect of *Angelica gigas* extracts on melanin accumulation in B16F10 melanoma cells. B16F10 melanoma cells were treated with IBMX (100 μM) and root extracts of 200 $\mu\text{g/mL}$ for 48hours. TkR, TnR, MR, B, MH indicates thick root extract, thin root extract, medium root extract, body extract, medicinal herb extract, respectively. The results are means \pm SD. *Means with different letters are significant at $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

농도에서 98 ~ 109%의 생존율을 보여 세포독성이 없는 것으로 나타났다.

또한 당귀 추출물의 melanin 생성 억제효과의 경우 초고압 처리 추출물의 경우 최적조건에서 18%의 melanin 생성 억제효과를 보인다고 하였는데(Kim *et al.*, 2008), 본 실험의 경우에도 추출방법은 다르지만 비슷한 억제효과가 나타났다. 특히, 대조군으로 쓰인 약재와 세미의 melanin 생성 억제효과도 비슷하게 나타났기 때문에 부산물인 세미의 미백 기능성 화장품 원료로서의 활용 가능성이 높다고 생각된다.

참당귀 약재의 경우 이미 항산화활성, 미백효과 등이 보고되어 있으며(Kim *et al.*, 2008; Lee *et al.*, 2003; Lee and Lee, 2013), 실제로 기능성 화장품의 원료로 사용되고 있다. 본 실험 결과 부산물인 세미는 약재보다 높은 항산화 활성과 약재와 비슷한 melanin 생성 억제효과가 있음이 나타나 기능성 화장품 원료로서의 이용가능성이 높다고 생각된다. 또한, 기존 연구에서 세미는 전체 생산량의 15%를 차지할 정도로 높고(Lee *et al.*, 2019b), 현재 점점 줄고 있는 참당귀의 생산량을 고려해 볼 때, 세미가 기능성 화장품 원료로 이용될 시에 농가 소득향상과 참당귀 수급 문제에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

Table 1. Inhibitory effect on the melanogenesis of *Angelica gigas* root parts

	MH	B	TkR	MR	TnR
Inhibition rate (%)	17 \pm 1.1a ^z	19 \pm 3.4a	12 \pm 1.5b	17 \pm 1.7a	15 \pm 1.2a

Values indicate means \pm SD.

^zMeans 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 2. DPPH free radical scavenging activity of *Angelica gigas* root parts

	MH	B	TkR	MR	TnR
IC ₅₀ ($\mu\text{g/mL}$)	728.0 \pm 42.4bc ^z	552.9 \pm 13.0a	857.4 \pm 50.4d	754.4 \pm 10.1c	677.9 \pm 30.5b

Values indicate means \pm SD.

^zMeans 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 3. ABTS free radical scavenging activity of *Angelica gigas* root parts

	MH	B	TkR	MR	TnR
IC ₅₀ ($\mu\text{g/mL}$)	173.6 \pm 1.3d ^z	140.3 \pm 6.7b	209.0 \pm 3.8e	161.7 \pm 3.4c	114.9 \pm 0.1a

Values indicate means \pm SD.

^zMeans 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.

적 요

본 연구는 참당귀 가공 시에 버려지는 부산물인 세미를 기능성 화장품 원료로 활용가능성이 있는지 평가하기 위해 수행하였다. MTS assay 수행결과 70% 주정을 이용한 뿌리 부위별 추출물의 경우 처리농도 25 ~ 200 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 까지 세포독성이 없었다. 추출물 200 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 를 처리하였을 때의 melanin 생성 억제효과는 추출 부위별로 12% ~ 19%로 나타났으며, 세미와 약재의 melanin 생성 억제효과가 비슷하게 나타났다. 그리고 DPPH radical 소거능이 50%에 달하는 IC_{50} 값은 세미 $677.9 \pm 30.5 \mu\text{g}/\text{mL}$, 약재 $728.0 \pm 42.4 \mu\text{g}/\text{mL}$ 로 나타났고, ABTS radical 소거능이 50%에 달하는 IC_{50} 값은 세미 $114.9 \pm 0.1 \mu\text{g}/\text{mL}$, 약재 $173.6 \pm 1.3 \mu\text{g}/\text{mL}$ 로 나타나 세미가 약재보다 항산화활성이 높게 나타났다. 따라서 본 실험결과를 고려해 봤을 때, 부산물인 세미는 기능성 화장품 원료로 이용 가능성이 높은 것으로 생각된다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 당귀/더덕의 품종육성을 위한 집단분류 및 우수계통 선별 연구사업(PJ01344301)에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

Conflicts of Interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

References

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.* doi: 10.1155/2016/5901098.

Baik, M., J.H. Kim, D.W. Lee, J.S. Hwang and E. Moon. 2017. Anti-aging cosmetic application of novel multi-herbal extract composed of *Nelumbo nucifera* leaves, *Saururus chinensis* and *Orostachys japonica*. *J. Soc. Cosmet. Sci. Korea* 43(2):93-102.

Jang, M.J., S.J. Cheon, H.Y. Kim, D.J. Kwoen, H.Y. Kim, S.H. Kim and J.T. Lee. 2011. The anti-wrinkle and whitening effect of extracts of *Castanea crenata* inner shell. *J. Life Sci.* 21(5):734-738.

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(6):468-472.

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(1):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(2):1 22-129.

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(4):255-260.

Kim, D.S., D.H. Kim, M.J. Oh, K.G. Lee, M.C. Kook and C.S. Park. 2010a. Antiaging and whitening activities of ethanol extract of yuzu (*Citrus junos* Sieb ex Tanaka) by product. *J. Soc. Cosmet. Sci. Korea* 36(2):137-143.

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, S.Y., C.R. Kim, H.M. Kim, M. Kong, J.H. Lee, H.J. Lee, M.S. Lim, N.R. Jo and S.N. Park. 2010b. Antioxidant activity and whitening effect of *Cedrela sinensis* A. Juss shoots extracts. *J. Soc. Cosmet. Sci. Korea* 36(3):175-182.

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(3):209-213.

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(1): 26-31.

Lee, H.J. and S.N. Park. 2011. Antioxidative effect and active component analysis of *Quercus salicina* Blume extracts. *J. Soc. Cosmet. Sci. Korea* 37(2):143-152.

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(3): 190-197.
- 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(3):177-187.
- 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. Nat. Prod. Sci. 9(3):170-173.
- Lee, S.H., C.O. Hong, M. Hur, J.W. Han, W.M. Lee, Y. Lee and S.C. Koo. 2019a. Evaluation of the availability of bolting *Angelica gigas* Nakai. Korean J. Plant Res. 32(4):318-324.
- Lee, S.H., 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. 2019b. Analysis of index component content and antioxidant activity according to the root diameter of *Angelica gigas* Nakai. Korean J. Plant Res. 32(2):116-123.
- Lee, S.M. 2019. Antimelanogenic effect of isomaltol glycoside from red ginseng extract. J. Soc. Cosmet. Sci. Korea 45(3): 255-263.
- 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).
- Lee, S.Y. and J.Y. Lee. 2013. Inhibitory efficacy of *Angelica gigas* Nakai on microphthalmia-associated transcription factor (MITF), tyrosinase related protein-1 (TRP-1), tyrosinase related protein-2 (TRP-2), and tyrosinase mRNA expression in melanoma cells (B16F10). J. Life Sci. 23(11):1336-1341.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA). 2019. 2018 an actual output of crop for a special purpose. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Sejong, Korea. pp. 83-85.
- 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. Bi. 54(2):194-199.
- Park, J.C., Y.H. Kim, H.J. Jung, S.Y. Ji, S.D. Lee, J.W. Ryu, H.D. Jang, H.K. Moon and I.C. Kim. 2007. Effects of dietary ginseng by-product on growth performance and pork quality parameters in finishing pigs. J. Anim. Sci. Technol. 49(6): 839-846.
- Park, S.J. and H.Y. Lee. 2015. Component analysis and antioxidant activity of *Wasabi japonica* Matsum leaves. Korean J. Medicinal Crop Sci. 23(3):207-213.
- 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 human prostate carcinoma cells. Cancer Res. 65(3):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. 24(1):37-43.
- 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(1):25-31.
- 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(1):43-46.

(Received 7 September 2020 ; Revised 20 November 2020 ; Accepted 30 November 2020)