

참당귀(*Angelica gigas* Nakai) 잎 용매추출에 따른 생리활성

†이 연 리

대전보건대학교 식품영양과 부교수

Biological Activities of Extracts from Leaf of *Angelica gigas* Nakai

†Youn Ri Lee

Associate Professor, Dept. of Food and Nutrition, Daejeon Health Institute of Technology, Daejeon 34504, Korea

Abstract

Antioxidant properties and antioxidant activities were analyzed for water extracts and 50% and 70% ethanol extracts of the leaf of *Angelica gigas* Nakai. The polyphenol and flavonoid contents in water, 50%, and 70% ethanol extract of the leaf of *Angelica gigas* Nakai, it was found that the polyphenol contents were 18.75 mg GAE/g, 28.95 mg GAE/g, and 34.73 mg GAE/g, respectively, and flavonoid contents were respectively. The DPPH IC₅₀ scavenging activity was 45.84 mg/mL, 36.44 mg/mL, 19.11 mg/mL, respectively, and the ABTS⁺ radical scavenging ability (1 mg/mL) was 28.73%, 22.79%, and 12.70%, respectively. Tyrosinase inhibitory activity, 70% ethanol extract, 50% ethanol extract, and water extract 33.14%, and 4.53%, respectively. Nitrite scavenging activity, 70% ethanol extract, 50% ethanol extract, and water extract were in the order of 1 mg/mL scavenging activity, 36.43%, 34.80%, and 18.85%, respectively.

Key words: *Angelica gigas* Nakai, DPPH ABTS⁺, tyrosinase inhibitory activity, nitrite scavenging activity

서 론

활성산소종(Reactive oxygen species, ROS)은 세포 내 미토콘드리아와 같은 기관의 정상적인 대사 및 세포질 내 일부 효소들에 의하여 자연적으로 생성되는 산소 부산물이며, 세포 반응을 조절할 수 있는 신호분자가 되므로 활성산소종의 항상성을 유지하는 것은 세포의 성장과 생존에 매우 중요하다(Biesalski HK 2002). 하지만 과량의 활성산소는 사람 몸속에서 산화작용을 일으켜 모든 세포 구조가 손상하고 손상의 범위에 따라 세포가 기능을 잃거나 변질되어 심장병, 고혈압, 당뇨병, 알츠하이머, 암 등이 유발된다고 알려져 있다(Stadtman & Berlett 1998). 따라서 활성산소를 제거시키는 효과가 있다면 항산화제로서 다양한 질병을 예방하기 위한 기능성 소재로 부작용이 적으면서 생리활성이 높은 건강 기능성 천연물 소재 개발에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다(Cha 등 2004).

참당귀(*Angelica gigas* Nakai)는 미나리과식물로, 우리나라, 중국, 일본에서 재배되고 있으며 뿌리가 주로 식용 또는 약용으로 사용되고 있으며(Cho 등 2003) 뿌리, 줄기, 씨앗은 오일 형태로 가공되어 식품, 의약품, 향료 등의 중간소재로 다양하게 활용되고 있다(Kawg 등 1998). 참당귀는 빈혈치료, 진정작용, 항암작용, 진통억제, 상처치료, 당뇨병 고혈압치료에 효과가 있다고 알려져 있으며(Ahn 등 1996a), 또한 nodakentin, decursin, decursinol, umbelliferon, β -sitosterol 등 많은 기능성 성분들을 함유하고 있다(Kim 등 2009). 참당귀에 뿌리 및 열매에 관한 선행연구로는 streptozotocin 유도 mouse에서 참당귀 뿌리 50% ethanol 추출물의 당뇨개선 효과에 관한 연구(Park 등 2009), 항산화에 관한 연구(Park 등 2007), nitric oxide 저해 효과에 의한 염증 억제 반응에 관한 연구(Lee SG 2008), 참당귀 뿌리 methanol추출물의 암세포 증식 억제 효과(Kang 등 2004), 지상부와 지하부 ethylacetate 추출액의 항균 활성 효과(Yun & Choi 2004), 참당귀 뿌리에 존재하는 pectin질의

† Corresponding author: Youn Ri Lee, Associate Professor, Dept. of Food and Nutrition, Daejeon Health Institute of Technology, Daejeon 34504, Korea. Tel: +82-42-670-9246, Fax: +82-42-670-9246, E-mail: leeyounri@hit.ac.kr

다당과 무기물에 의한 면역 증강에 관한 연구(Ahn 등 1996b) 등이 보고되어 있다. 참당귀잎은 샐러드, 한방차, 동물사료 등으로 활용되고 있으나(Cho 등 2003) 참당귀잎에 대한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 참당귀잎을 물추출물, 50%와 70% 에탄올 추출물을 조제한 후 항산화물질 및 항산화 활성을 분석하여 기능성을 함유한 가공식품에 기초 자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에서 사용된 참당귀잎을 2019년도 충북 지역에서 채취하였다. 실험에 사용된 시약은 Folin-Ciocalteu reagent, garlic acid, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH), 2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid(ABTS), L-ascorbic acid, sodium phosphate buffer, potassium ferricyanide, trichloroacetic acid, ferric chloride, ferrous chloride, ferrozine 이었으며, Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA) 제품을 사용하였으며, 모든 시약은 특급시약을 사용하였다.

2. 시료추출물제조

참당귀잎을 -70°C 의 급속냉동기(Ilshin Biobase, Seoul, Korea)에 냉동시킨 후 동결건조를(Ilshin Biobase, Seoul, Korea)하여 분말로 사용하였다. 분말시료에서 추출물을 제조하기 위하여 물, 50% 및 70% ethanol을 각각 첨가하여 80°C 수욕조에서 3시간 동안 3회 환류 추출한 후 추출액을 모아 여과한 다음 회전진공농축기(EYELA N-1000, Tokyo, Japan)로 40°C 에서 용매를 완전히 제거한 후 동결건조한 후 DMSO로 재용해 하였으며 각 추출물은 질소 충전 후 -20°C 에서 보관하면서 실험에 사용하였다.

3. 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량 측정

총 폴리페놀 함량은 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과, 몰리브덴이 청색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다(Dewanto 등 2002). 시료액 150 μL 에 2,400 μL 의 증류수와 2 N Folin-Ciocalteu reagent(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 150 μL 를 가한 후 3분간 방치하고 1 N sodium carbonate(Na_2CO_3) 300 μL 를 가하여 암소에서 2시간 동안 반응시킨 후 725 nm에서 흡광도(V-530, Jasco, Tokyo, Japan)를 측정하였다. Gallic acid(Sigma-Aldrich)를 표준물질로 하여 표준검량선으로부터 추출물의 총 페놀함량을 계산하였다. 총 플라보노이드 함량은 Zhishen등(1999)의 방법에 준하여 측정하였다. 시료액 1 mL에 90% diethyleneglycol 10 mL와 1 N NaOH 1 mL를 가하여 37°C water bath에서 1시간 동안 반응시킨 후 420

nm에서 흡광도를 측정하였다. Catechin(Sigma-Aldrich)을 표준 물질로하여 표준검량선으로부터 추출물의 총 플라보노이드 함량을 계산하였다.

4. DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 라디칼 소거능

DPPH radical에 대한 소거활성 Blois MS(1958) 방법을 변형하여 측정하였다. 각각 농도별로 조제한 시료 0.2 mL에 0.2 mM의 DPPH 용액 0.8 mL를 가하여 혼합한 뒤 상온에서 30분간 반응시킨 후 UV-visible spectrophotometer(DU 730, Beckman Coulter, Fullerton, CA, USA)를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였으며 DPPH radicals scavenging activity의 값이 50%가 되는 시료의 농도를 IC_{50} 값으로 구하였다.

5. ABTS⁺라디칼 소거능

ABTS⁺소거활성은 Van 등(1999)의 방법을 변형하여 측정하였다. ABTS⁺라디칼 소거활성은 2.5 mM ABTS(2,2'-azino-bis 3-ethylbenzothiazolin-6-sulfonic acid)와 1 mM AAPH(2,2'-azobis(2-amidinopropane) dihydrochloride)를 혼합하고 68°C 에서 반응시킨 후 각 시료 4 μL 와 ABTS⁺ 196 μL 를 혼합하고 30°C 에서 10분간 방치 후 734 nm에서 측정하였다. 대조군의 흡광도를 시료액 대신 에탄올을 가하여 함께 측정하여 ABTS⁺ radical 소거활성을 백분율로 나타내었다.

6. Tyrosinase 저해 활성 측정

Tyrosinase 저해 활성은 Flurkey WH (1991)의 방법에 따라 측정하였다. 0.1 M potassium phosphate buffer(pH 6.8) 500 μL 에 10 mM L-DOPA(L-3,4-dihydroxyphenylalanine) 200 μL 와 추출물 100 μL 를 혼합하였다. Mushroom tyrosinase(110 unit/mL) 200 μL 가하여 25°C 에서 20분간 반응시킨 후 475 nm에서 흡광도를 측정하였다. Tyrosinase 저해 활성은 시료 첨가구와 무첨가구의 흡광도 감소율을 백분율(%)로 나타내었다.

7. 아질산염소거능

아질산염 소거능은 Gray & Dugan(1975)의 방법으로 측정하였다. 0.1 mL의 1 mM NaNO_2 에 0.2 mL의 시료 추출물과 pH 1.2로 조정된 1 mL의 0.1 N HCl을 넣고 1시간 동안 37°C 에서 반응시킨 뒤 2% acetic acid, Griess reagent(modified, G4410, Sigma Co., St Louis, MO, USA)을 혼합시킨 후 15분간 암반응 후에 520 nm에서 흡광도를 측정하여 잔존하는 아질산염의 양을 측정하였다. 대조구는 증류수 0.4 mL를 Griess시약 대신 넣어주었고, 이를 백분율(%)로 표기하였다.

8. 통계처리

실험 결과는 평균값과 표준편차로 나타내었으며, 통계치

리는 SPSS(statistical package for social sciences, version 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 one-wayANOVA 분석을 실시한 후 Duncan's multiple range test로 유의성을 $p<0.05$ 수준으로 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 참당귀잎 추출물의 폴리페놀 및 플라보노이드 함량

페놀성 화합물은 식물체에 다량 분포되어 있는 2차 대사산물의 하나로서 다양한 구조와 분자량을 가지고 있다. 이들은 phenolic hydroxyl(OH)기를 포함하기 때문에 단백질 및 기타 거대분자들과 쉽게 결합하며, 항산화 효과 등의 다양한 생리활성을 갖는 것으로 알려져 있으며(Kim 등 2012), 플라보노이드식물에 널리 존재하는 노란색 계열의 색소를 나타내는 4,000여 개의 항산화작용, 순환기계 질환의 예방, 항염증, 항알레르기, 항균, 항바이러스, 지질저하작용, 면역증강작용, 모세혈관 강화작용 등이 보고된 바 있다(Kim 등 2012). 참당귀잎 물, 50%, 70% 에탄올 추출물에 대한 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량을 측정된 결과는 Table 1과 같다. 물, 50%, 70% 에탄올 추출물에 대한 총 폴리페놀함량은 각각 18.75, 28.95, 34.73 mg GAE/g으로 나타났으며, 플라보노이드 함량은 각각 11.79, 22.43, 26.23 mg CE/g으로 나타났다. Jeong 등(2013)에서는 더덕 ethanol 추출물의 총 폴리페놀 함량이 15.7 mg GAE/g으로 밝혔고, Ahn 등(2016b)에서는 12 mg GAE/g으로 나타났으며 더덕 50% ethanol 추출물의 총 플라보노이드 함량은 10.45 mg CE/g 나타났다. 추출물로 용매 분획시 폴리페놀류는 일반적으로 중간 극성의 용매층에서 높은 함량을 나타낸다고 알려져 있다(Lee 등 2009). 본 연구에서도 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량이 있었음을 확인할 수 있었다.

2. 참당귀잎 추출물의 DPPH 및 ABTS⁺ 라디칼 소거 활성

참당귀잎의 물추출물과 50%, 70% 에탄올 추출물에 대한 항산화활성을 측정된 결과는 Table 2와 같다. DPPH는 분자 내에 안정적인 라디칼을 함유하나, 항산화 물질과 반응하여 라디칼이 소거되면, DPPH가 감소하는 정도로 시료의 항산화 활성을 측정하는 것으로 알려져 있다(Jeon 등 2009; Lee 등

Table 2. DPPH and ABTS⁺ radical scavenging in extracts from leaf of *Angelica gigas* Nakai

	Water extract	50% EtOH	70% EtOH
DPPH radicals scavenging IC ₅₀ mg/mL ³⁾	19.11±0.21 ^{1)2a}	36.44±0.41 ^b	45.84±0.89 ^c
Ascorbic acid ⁴⁾	0.02±0.001		
ABTS ⁺ radical cation scavenging (%) mg/mL	12.70±0.17 ^a	22.79±0.48 ^b	28.73±0.72 ^b
Ascorbic acid	0.01±0.001		

¹⁾ Mean of triplicate determinations±standard deviation (SD) expressed as mg gallic acid equivalents per g of sample.

²⁾ Different letters within same row indicate significant different at $p<0.05$ by Duncan's multiple ranged test.

³⁾ IC₅₀: The values indicate 50% decrease of DPPH radical.

⁴⁾ Ascorbic acid; Positive control.

2009). DPPH 라디칼 소거능의 경우, 70% ethanol 추출물, 50% ethanol 추출물, 물추출물의 순으로 나타났으며 IC₅₀ 소거능은 각각 45.84, 36.44, 19.11 mg/mL로 나타났다. Jeong 등(2017)의 연구에 의하면 토양재배인삼과 수경재배인삼 및 잎줄기 80% 에탄올 추출물에 대한 DPPH 라디칼 소거능(IC₅₀)을 측정된 결과 토양재배인삼의 16.63 mg/mL였으며, 수경재배인삼 및 잎줄기에서 각각 20.35 및 6.47 mg/mL로 나타났다. Lee 등(2014)은 생강의 부위별 용매별 DPPH 라디칼 소거능을 측정된 결과, 생강뿌리의 경우 hexane, chloroform, ethyl acetate 층에서 높은 소거능을 보였으며, 극성보다는 비극성 분획에서 높은 활성을 보였다고 하여 본 결과에서와 비교해 보면 물보다는 용매로 추출시 활성이 높아지는 것은 동일하였다.

ABTS⁺[2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonate)] 라디칼 소거란 산화를 유도시키는 과황산칼륨과 반응하여 형성된 ABTS⁺라디칼을 소거시킬 때의 항산화력을 측정하는 방법이다(Jeong 등 2017). ABTS⁺라디칼을 소거능 측정결과 70% ethanol 추출물, 50% ethanol 추출물, 물 추출물의 순으로 나타났으며 1 mg/mL 소거능은 각각 28.73%, 22.79%, 12.70%로 나타났다. 도라지 메탄올 추출물에서는 DPPH와 ABTS⁺라디칼 소거능이 각각 10 mg/mL와 5 mg/mL 농도에서 높은 활성을 나타낸다고 보고하였다(Boo 등 2018). 또한 도라지 종자, 발아 싹, 뿌리로부터 추출한 에탄올 추출물에서 DPPH 라

Table 1. Total polyphenol and flavonoid contents in extracts from leaf of *Angelica gigas* Nakai

Total phenolic contents (mg GAE /g)			Total flavonoid contents (mg CE/g)		
Water extract	50% EtOH	70% EtOH	Water extract	50% EtOH	70% EtOH
18.75±0.51 ^{a1)2)}	28.95±0.54 ^b	34.73±0.47 ^c	11.79±1.37 ^a	22.43±0.41 ^b	26.23±0.89 ^b

¹⁾ Mean of triplicate determinations±standard deviation (SD) expressed as mg gallic acid equivalents per g of sample.

²⁾ Different letters within same row indicate significant different at $p<0.05$ by Duncan's multiple ranged test.

디칼과 ABTS 라디칼 소거능에 모두 농도의존적인 활성을 나타낸 것으로 보고하였다(Woo 등 2018). 전체적으로 DPPH 라디칼 소거능보다 낮은 ABTS⁺라디칼 소거활성을 나타내었다. 이는 ABTS⁺는 양이온 라디칼이지만 DPPH는 안전한 유리 라디칼이며, ABTS⁺는 친수성과 소수성 물질 모두 적용할 수 있지만 DPPH는 주로 소수성 물질의 항산화능을 측정한다. 이러한 이유로 ABTS⁺라디칼 소거활성이 보다 낮은 것으로 사료된다(Uchida & Stadtman 1993; Re 등 1999).

3. 참당귀잎 추출물의 tyrosinase 저해 활성 측정

참당귀 잎의 물추출물과 50%, 70% 에탄올 추출물에 대한 tyrosinase 저해 활성 측정한 결과는 Table 3과 같다. Tyrosinase는 멜라닌 합성 초기 단계에 필수적으로 관여하는 산화효소로, 멜라닌 생합성 과정에서 L-tyrosine이 L-DOPA(L-3,4-dihydroxy phenylalanine)로 산화하는 monophenolase oxidase반응과 L-DOPA가 L-dopa quinone으로 산화하는 diphenolaseoxidase 반응에 각각 관여한다. 이를 저해하게 되면 최종적으로 멜라닌의 과잉 생성을 막을 수 있기 때문에 피부트러블, 피부미백, 피부암 등의 문제를 예방할 수 있다(Kato 등 1987). 현재는 부작용이 적은 천연소재나 식품 소재로부터 화장품 소재를 찾고자 하는 추세로 관련 연구들이 활발하게 이루어지고 있다. Tyrosinase 저해 활성 측정결과 70% ethanol 추출물, 50% ethanol 추출물, 물 추출물의 순으로 나타났으며 1 mg/mL 소거능은 각각 40.32%, 33.14%, 4.53%로 나타났다. 70% 에탄올에서 활성이 높게 나타난 이유는 폴리페놀함량으로 인한 결과로 보이며 일반적으로 페놀성 화합물을 함유하고 있는 식물들은 항산화력을 보이는 경향이 많기 때문에 산화 효소인 tyrosinase로 인해 발생하는 물질들을 환원시켜 멜라닌 생합성 반응을 저해하는 효과가 기대되어진다(Boissy & Manga 2004).

4. 참당귀잎 추출물의 아질산염 소거능 측정

참당귀잎의 물 추출물과 50%, 70% 에탄올 추출물에 대한 아질산염 소거능을 측정한 결과는 Table 4와 같다. 아질산염

Table 3. Tyrosinase inhibitory activity of extracts from leaf of *Angelica gigas* Nakai

	Water extract	50% EtOH	70% EtOH
Tyrosinase inhibitory activity (%) mg/mL	4.53±0.06 ^{1)2a}	33.14±0.81 ^b	40.32±0.18 ^c
Kojic acid ³⁾	92.42±0.62		

¹⁾ Mean of triplicate determinations±standard deviation (SD) expressed as mg gallic acid equivalents per g of sample.

²⁾ Different letters within same row indicate significant different at $p<0.05$ by Duncan's multiple ranged test.

³⁾ Kojic acid; Positive control.

Table 4. Nitrite scavenging activity of extracts from leaf of *Angelica gigas* Nakai

	Water extract	50% EtOH	70% EtOH
Nitrite scavenging activity (%) mg/mL	18.85±0.12 ^{1)2a}	34.80±0.36 ^b	36.43±0.51 ^b
Ascorbic acid ³⁾	92.95±0.08		

¹⁾ Mean of triplicate determinations±standard deviation (SD) expressed as mg gallic acid equivalents per g of sample.

²⁾ Different letters within same row indicate significant different at $p<0.05$ by Duncan's multiple ranged test.

³⁾ Ascorbic acid; Positive control.

소거능 또한 시료의 항산화력과 연관된 실험법으로, 라디칼류 중 하나인 nitrite는 griss reagent와 반응하여 보라색의 아조염을 형성한다. 이는 nitrite의 농도에 따라 비례하므로 시료의 nitrite의 제거능을 비색법에 의해 측정할 수 있다(Gray & Dugan 1975). 아질산염 소거능 측정결과 70% ethanol 추출물, 50% ethanol 추출물, 물 추출물의 순으로 나타났으며 1 mg/mL 소거능은 각각 36.43%, 34.80%, 18.85%로 나타났다. Chung 등 (1999)에서 오가피순 추출물 1 mg/mL의 18.3%로 나타내었다. Lee 등(2009)은 버섯류에 함유된 페놀성 물질과 유기용매 용해물질은 항산화성, 아질산염 소거작용에 큰 영향을 미친다고 보고된 바 있으며, 본 연구에서 측정된 참당귀잎 추출물이 페놀성 물질과 항산화능이 아질산염 소거작용과 유사한 경향을 보여, 이와 같은 생리활성물질이 기능성소재로의 가치가 높을 것으로 사료된다

요약 및 결론

본 연구에서는 참당귀잎을 물, 50%와 70% 에탄올 추출물을 조제한 후 항산화물질 및 항산화 활성을 분석하였다. 참당귀잎 물, 50%, 70% 에탄올 추출물에 대한 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량을 측정한 결과는 폴리페놀함량은 각각 18.75, 28.95, 34.73 mg GAE/g으로 나타났으며, 플라보노이드 함량은 각각 11.79, 22.43, 26.23 mg CAE/g으로 나타났다. DPPH와 ABTS⁺라디칼을 소거능 측정결과 70% ethanol 추출물, 50% ethanol 추출물, 물 추출물의 순으로 나타났으며 DPPH IC₅₀ 소거능은 각각 45.84, 36.44, 19.11 mg/mL로 나타났고 ABTS⁺라디칼을 소거능(1 mg/mL)은 각각 28.73%, 22.79%, 12.70%로 나타났다. Tyrosinase 저해활성 측정결과 70% ethanol 추출물, 50% ethanol 추출물, 물 추출물의 순으로 나타났으며 1 mg/mL 소거능은 각각 4.53%, 33.14%, 40.32%로 나타났다. 아질산염 소거능 측정결과 70% ethanol 추출물, 50% ethanol 추출물, 물 추출물의 순으로 나타났으며 1 mg/mL 소거능 측정 결과 각각 18.85%, 34.80%, 36.43%로 나타났다.

References

- Ahn KS, Sim WS, Kim HM, Han SB, Kim IH. 1996b. Immunostimulating components from the root of *Angelica gigas* Nakai. *Korean J Pharmacogn* 27:254-261
- Ahn KS, Sim WS, Kim IH. 1996a. Decursin: A cytotoxic agent and protein kinase C activator from the root of *Angelica gigas*. *Planta Med* 62:7-9
- Ahn S, Kim J, Cho H, Park SY, Hwang KT. 2016. Physico-chemical and sensory characteristics of hot water extracts of *Codonopsis lanceolata* root skin and flesh with different heat treatments. *Korean J Food Sci Technol* 48:104-110
- Biesalski HK. 2002. Free radical theory of aging. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 5:5-10
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200
- Boissy RE, Manga P. 2004. On the etiology of contact/occupational vitiligo. *Pigment Cell Res* 17:208-214
- Boo HO, Park JH, Kim HH, Kwon SJ, Woo SH. 2018. Evaluation of physiological functionalities and anti-inflammatory activity on *in vitro* cultured adventitious root of *Platycodon grandiflorum*. *J Crop Sci Biotechnol* 21:183-191
- Cha WS, Shin HR, Park JH, Oh SL, Lee WY, Chun SS, Choo JW, Cho YJ. 2004. Antioxidant activity of phenol compounds from mulberry fruits. *Korean J Food Preserv* 11:383-387
- Cho MG, Bang JK, Chae YA. 2003. Comparison of volatile compounds in plant parts of *Angelica gigas* Nakai and *A. acutiloba* Kitagawa. *Korean J Med Crop Sci* 11:352-357
- Chung SY, Kim NK, Yoon S. 1999. Nitrite scavenging effect of methanol fraction obtained from green yellow vegetable juices. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28:342-347
- Dewanto V, Wu X, Liu RH. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50:4959-4964
- Flurkey WH. 1991. Identification of tyrosinase in mushrooms by isoelectric focusing. *J Food Sci* 56:93-95
- Gray JI, Dugan JRL. 1975 Inhibition of N-nitrosamine formation in model food system. *J Food Sci* 40:981-985
- Jeon MR, Kim MH, Son CW, Kim MR. 2009. Quality characteristics and antioxidant activity of calcium-added garlic yanggaeng. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:195-200
- Jeong MJ, Yang J, Choi WS, Kim JW, Kim SJ, Park MJ. 2017. Chemical compositions and antioxidant activities of essential oil extracted from *Neolitsea aciculata* (Blume) Koidz leaves. *J Korean Wood Sci Technol* 45:96-106
- Jeong SM, Kim SY, Kim IH, Go JS, Kim HR, Jeong JY, Lee HY, Park DS. 2013. Antioxidant activities of processed deoduck (*Codonopsis lanceolata*) extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:924-932
- Kang SA, Han JA, Jang KH, Choue R. 2004. DPPH radical scavenger activity and antioxidant effects of Cham-Dang-Gui (*Angelica gigas*). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33:1112-1118
- Kawg JJ, Lee JG, Chang HH, Kim OC. 1998. Volatile flavor compounds of the domestic angelica root (*Angelica gigas* Nakai) extracts. *J Korean Soc Tobacco Sci* 20:210-217
- Kato H, Lee IE, Chuyen NV, Kim SB, Hayase F. 1987. Inhibition of nitrosamine formation by nondialyzable melanoidins. *Agric Biol Chem* 51:1333-1338
- Kim KM, Jung JY, Hwang SW, Kim MJ, Kang JS. 2009. Isolation and purification of decursin and decursinol angelate in *Angelica gigas* Nakai. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:653-656
- Kim WB, Park SH, Hwang HS, Woo JY, Lee HR, Hwang DY, Choi JH, Lee H. 2012. Antioxidative activities and whitening effects of solvent fraction from *Prunus davidiana* (carriere) franch. fruit. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41:1363-1370
- Lee HR, Lee JH, Park CS, Ra KR, Ha JS, Cha MH, Kim SN, Choi Y, Hwang J, Nam JS. 2014. Physicochemical properties and antioxidant capacities of different parts of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43:1369-1379
- Lee SG. 2008. Comparison of activity of *Angelica gigas* and *Angelica acutiloba* from Kangwon. *Korean J Orient Physiol Pathol* 22:1158-1162
- Lee SH, Hwang IG, Nho JW, Chang YD, Lee CH, Woo KS, Jeong HS. 2009. Quality characteristics and antioxidant activity of *Chrysanthemum indicum* L., *Chrysanthemum boreale* M. and *Chrysanthemum zawadskii* K. powdered teas. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:824-831
- Park KW, Choi SR, Hong HR, Kim JY, Shon MY, Seo KI. 2007. Biological activities of methanol extract of *Angelica gigas* Nakai. *Korean J Food Preserv* 14:655-661
- Park MJ, Kang SJ, Kim AJ. 2009. Hypoglycemic effect of *Angelica gigas* Nakai extract in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Food Nutr* 22:246-251
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS

- radical cation decolorization assay. *Free Radical Biol Med* 26:1231-1237
- Stadtman ER, Berlett BS. 1998. Reactive oxygen-mediated protein oxidation in aging and disease. *Drug Metab Rev* 30: 225-243
- Uchida K, Stadtman ER. 1993. Covalent attachment of 4-hydroxynonenal to glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase. A possible involvement of intra- and intermolecular cross-linking reaction. *J Biol Chem* 268:6388-6393
- Van den Berg R, Haenen GRMM, Van den Berg H, Bast A. 1999. Applicability of an improved Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) assay for evaluation of antioxidant capacity measurements of mixtures. *Food Chem* 66:511-517
- Woo H, Kim Y, Lee Y, Kim IH, Kim SJ. 2018. Melatonin content and antioxidant activity of *Platycodon grandiflorum* seed extract. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 47:876-884
- Yun KW, Choi SK. 2004. Antimicrobial activity in 2 *Angelica* species extracts. *Korean J Plant Res* 17:278-282
- Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem* 64:555-559
-
- Received 04 March, 2021
Revised 14 March, 2021
Accepted 22 March, 2021