

# 초임계 이산화탄소를 이용한 참당귀 유효 성분의 추출 및 생리활성 효능

박수인<sup>1</sup>, 허수현<sup>1</sup>, 이진서<sup>1</sup>, 신문삼<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>을지대학교 대학원 시니어헬스케어학과 대학원생, <sup>2</sup>을지대학교 대학원 시니어헬스케어학과 교수

## Extraction of Active Compounds from *Angelica gigas* using Supercritical Carbon Dioxide and its Physiological Activity

Su In Park<sup>1</sup>, Soo Hyeon Heo<sup>1</sup>, Jinseo Lee<sup>1</sup>, Moon Sam Shin<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Student, Dept. of Senior Healthcare majoring in Cosmetic Pharmacology, Eulji University

<sup>2</sup>Professor, Dept. of Senior Healthcare majoring in Cosmetic Pharmacology, Eulji University

**요약** 본 연구는 참당귀에서 유효 성분을 보다 효율적으로 추출하는 방법을 찾아 참당귀의 효능을 극대화하는 것을 목표로 하였다. 열수, 에탄올 및 초임계 이산화탄소 추출법으로 참당귀를 추출한 후, 데커신, 데커시놀 안젤레이트 함량 분석, 총 폴리페놀 함량 정량, 그리고 항산화, 미백, 항균에 대한 효능 평가를 진행하였다. 데커신, 데커시놀 안젤레이트의 함량은 초임계 이산화탄소 추출물에서 38.65%로 매우 높았고, 총 폴리페놀 함량은 열수 추출물, 에탄올 추출물, 초임계 이산화탄소 추출물 순으로 높았지만, 그 차이가 비교적 적었다. 항산화 효능은 총 폴리페놀 함량과 경향이 일치하였고, 항균 효능은 데커신, 데커시놀 안젤레이트 함량과 경향이 일치하였다. 본 연구를 통해 참당귀에서 유효 성분을 추출하기 위한 최적의 방법은 초임계 이산화탄소 추출법임을 확인하였다.

**주제어** : 참당귀, 초임계 추출, 데커신, 데커시놀 안젤레이트, 항균

**Abstract** This study aimed to maximize the efficacy of *Angelica gigas* by finding a more effective way to extract active compounds from *Angelica gigas*. After extracting *Angelica gigas* by hydrothermal, ethanol, and supercritical carbon dioxide extraction methods, analysis of decursin and decursinol angelate content, quantification of total polyphenol content, and evaluation of efficacy of antioxidant, whitening, and antibacterial were conducted. The content of decursin and decursinol angelate was very high at 38.65% of the supercritical carbon dioxide extract, and the total polyphenol content was high in the order of hydrothermal extract, ethanol extract and supercritical carbon dioxide extract, but the difference was relatively small. The antioxidant effects were consistent with the total polyphenol content, and the antibacterial effects were consistent with the decursin and decursinol angelate content. In other words, through this study, we found that the optimal method for extracting active compounds from *Angelica gigas* is the supercritical carbon dioxide extraction method.

**Key Words** : *Angelica gigas*, Supercritical extraction, Decursin, Decursinol angelate, Antibacterial

### 1. 서론

임계점(critical point)이란 온도를 올려도 기화되지 않고, 압력을 높여도 액화가 일어나지 않는 점을 말한

다. 즉, 초임계 유체(supercritical fluid)란 임계 온도(critical temperature) 및 임계 압력(critical pressure) 이상에서 단일 상으로 존재하는 유체를 의미한다. 초임계 유체는 임계점 부근에서 압력과 온도의

\*This study was supported by the Bio & Medical Technology Development Program of the National Research Foundation (NRF) funded of the Ministry of Science & ICT (2017M3A9D8048416).

\*This article is extended and excerpted from the conference paper presented at the 7th International Conference on Small & Medium Business (ICSMB 2021).

\*Corresponding Author : Moon-Sam Shin(msshin@eulji.ac.kr)

Received May 5, 2021

Revised May 25, 2021

Accepted June 20, 2021

Published June 28, 2021

변화에 따라 밀도, 점도, 극성, 확산계수 등 많은 물성이 기체와 가까운 상태에서 액체와 가까운 상태까지 연속적으로 크게 변화하므로, 분자의 밀도는 액체에 가까움에도 불구하고 점도는 낮아 기체에 가까운 특징을 갖는다[1-3].

초임계 유체 추출법(supercritical fluid extraction)은 용매에 임계점 이상의 압력과 온도를 가하여 액체의 용해력과 기체의 확산성을 모두 지니게 함으로써 신속하면서도 선택적인 추출이 가능하게 한 추출 방법이다[4]. 특히, 초임계 이산화탄소(supercritical carbon dioxide)는 무색, 무취, 무독성, 비폭발성, 비반응성, 그리고 경제성 등 다양한 장점을 지니고 있으며, 임계 압력이 73.8 bar, 임계 온도가 31.1℃로 임계점이 비교적 낮고, 추출 후 대기압에서 기화하므로 잔존 용매가 존재하지 않으며 회수 후 재사용이 가능해 친환경적이다[5-8].

당귀는 향산화, 항균, 항염, 항암 등 다양한 효능으로 아시아 국가에서 널리 사용되는 약재의 하나이다. 당귀의 유효 성분은 한국, 일본, 중국 등 지리적 원산지에 따라 차이가 있어 이에 따라 생물학적 효능이 달라진다[9]. 참당귀(*Angelica gigas*)는 한국산 당귀로 중국이나 일본의 당귀와는 달리 핵심 유효 성분인 pyranocoumarin계의 데커신(decursin), 데커시놀 안젤레이트(decursinol angelate)를 다량 함유하고 있다. 또한, 참당귀를 추출하는 방법에 따라라도 데커신, 데커시놀 안젤레이트의 함량이 다른 것으로 보고되어 있다[10,11]. 본 연구에서는 열수 추출법, 에탄올 추출법 및 초임계 이산화탄소 추출법을 이용하여 참당귀를 추출한 후 추출 방법에 따른 데커신, 데커시놀 안젤레이트의 함량 분석, 총 폴리페놀 함량 정량 및 항산화, 미백, 항균 효능 평가를 통해 참당귀의 효능을 극대화하는 효율적인 추출 방법을 찾고, 유효 성분과 효능과의 연관성을 규명하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 원료

본 연구에서 사용된 참당귀는 강원도 평창군 진부면에서 채취하여 세척 및 건조 과정을 거친 것을 건화약품(Korea)에서 구매하여 분쇄 후 사용하였다.

### 2.2 시약

실험에 사용된 데커신, 데커시놀 안젤레이트, Folin-Denis'

reagent, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH), 2,2'-Azino-bis(3-ethyl benzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt(ABTS), potassium persulfate, tyrosinase from mushroom, L-Tyrosine은 Sigma-Aldrich(USA)에서 구입하였다.

### 2.3 추출 방법

참당귀 열수 추출물(*Angelica gigas* water extract, AWE)은 참당귀를 분쇄한 후에 증류수를 가하여 향온기(Changshin Science, Korea)로 80℃에서 4시간 동안 추출하였고, 여과 후 동결건조기(Ilshin Bio Base, Korea)로 건조하였다. 참당귀 에탄올 추출물(*Angelica gigas* ethanol extract, AEE)은 참당귀를 분쇄한 후에 80% 에탄올을 가하여 상온에서 24시간 동안 추출하였고, 여과 후 감압농축기(EYELA, USA)로 농축하여 동결건조시켰다. 참당귀 초임계 추출물(*Angelica gigas* supercritical extract, ASE)은 참당귀를 분쇄한 후에 초임계 이산화탄소 추출 장치(ARI instrument, Korea)의 추출조에 넣고, 온도 60℃, 압력 350 bar, 유속 60 mL/min의 조건에서 150분 동안 추출하였다.

### 2.4 유효 성분 함량 분석

참당귀에 함유된 데커신, 데커시놀 안젤레이트의 함량은 Agilent 1100 DAD/UV HPLC(Agilent Technologies, USA)로 분석하였다. 사용된 칼럼은 Capcellpak C18 UG120 5 μm, 4.6 mm x 250 mm(Shiseido Co., Ltd., Japan)이고, 온도는 30℃로 설정하였다. 이동상은 10 mM sodium dodecyl sulfate와 25 mM sodium phosphate dibasic이 용해된 50% acetonitrile으로 하였고, 유속은 0.7 mL/min로 설정하였다. 시료는 각각 5 μL씩 주입하여, 30분 동안 분석을 진행하였고, 230 nm에서 검출하였다. 데커신 표준 용액으로 검량선을 작성하여 데커신, 데커시놀 안젤레이트의 함량을 분석하였다.

### 2.5 총 폴리페놀 함량 정량

총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis의 방법으로 정량하였다[12]. 추출물을 희석한 시료 100 μL와 Folin-Denis' reagent 100 μL를 혼합하여 3분간 반응시킨 후 10% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 100 μL를 첨가하였다.

Microplate Reader(Biotek, USA)로 이 반응 용액의 흡광도를 760 nm에서 측정하였다. 표준 물질인 gallic acid를 사용하여 검량선을 작성하였으며, 함량은 gallic acid equivalents(mg GAE/g extract)로 나타냈다.

## 2.6 항산화 효과 평가

### 2.6.1 DPPH radical 소거능 측정

DPPH radical 소거능 측정에는 Blois의 방법을 이용하였다[13]. 시료 100  $\mu$ L와 0.45 mM DPPH 100  $\mu$ L를 혼합하여 암실에서 30분간 반응시킨 후, 이 반응 용액의 흡광도를 530 nm에서 측정하였고, 양성대조군은 ascorbic acid로 하였다.

#### DPPH radical 소거능(%)

$$=(1-\text{시료 첨가구 흡광도}/\text{시료 무첨가구 흡광도}) \times 100$$

### 2.6.2 ABTS radical 소거능 측정

ABTS+ radical 소거능은 Re 등의 방법을 이용하여 측정하였다[14]. PBS로 7.4 mM ABTS와 2.64 mM potassium persulfate 혼합 용액을 제조한 뒤 18 시간 동안 반응시켜 ABTS+ radical을 생성하도록 하였다. 시료 100  $\mu$ L와 흡광도가  $0.70 \pm 0.01$ 이 되도록 조정된 ABTS+ 용액 180  $\mu$ L를 혼합하여 암실에서 10분간 반응시킨 후, 이 반응 용액의 흡광도를 734 nm에서 측정하였다. 양성대조군으로는 ascorbic acid를 사용하였다.

#### ABTS+ radical 소거능(%)

$$=(1-\text{시료 첨가구 흡광도}/\text{시료 무첨가구 흡광도}) \times 100$$

## 2.7 미백 효과 평가

Tyrosinase 활성 억제능은 Kubo 등의 방법을 응용하여 시험을 측정하였다[15]. 0.1 M sodium phosphate buffer(pH 6.5) 125  $\mu$ L, 시료 5  $\mu$ L, 2,000 U/mL tyrosinase from mushroom 20  $\mu$ L, 그리고 1.5 mM L-tyrosine 50  $\mu$ L를 혼합하여 37°C에서 10분간 반응시켰다. 이 반응 용액의 흡광도를 490 nm에서 측정하였고, 양성대조군은 kojic acid로 하였다.

#### Tyrosinase 활성 억제능(%)

$$=(1-\text{시료 첨가구 흡광도}/\text{시료 무첨가구 흡광도}) \times 100$$

## 2.8 항균 효과 평가

항균 활성은 disk diffusion assay로 측정하였다 [16]. *Staphylococcus aureus*(*S. aureus*, ATCC 6538), *Bacillus subtilis*(*B. subtilis*, ATCC 19659), *Escherichia coli*(*E. coli*, ATCC 23726), 그리고 *Propionibacterium acnes*(*P. acnes*, ATCC 6919) 현탁액의 흡광도를 600nm에서 0.5에 맞추고, *S. aureus*, *B. subtilis*, *E. coli*는 Mueller-Hinton(MH) 고체 평판 배지에, *P. acnes*는 Reinforced Clostridial(RC) 고체 평판 배지에 접종한 후, 시료 50  $\mu$ L를 적신 지름 8 mm의 paper disk를 올려 *S. aureus*, *B. subtilis*, *E. coli*는 37°C에서 24시간 호기성 조건으로, *P. acnes*는 37°C에서 72시간 혐기성 조건으로 배양했다. *S. aureus*, *B. subtilis*, *E. coli*에 대한 양성대조군은 methyl paraben을, *P. acnes*에 대한 양성대조군은 salicylic acid를 사용하였고, 균이 성장하지 못하는 영역인 clear zone의 지름을 측정하여 항균 활성을 평가하였다.

## 2.9 통계 처리

모든 실험은 3회 반복하여 평균과 표준편차를 산출하였고, SPSS 통계프로그램 18.0(SPSS Inc., USA)을 이용하여 독립표본 t검정을 진행하여 p값이 0.05 미만일 때 통계적으로 유의하다고 판단하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 유효 성분 함량

데커신, 데커시놀 안젤레이트는 구조이성질체로 완전히 분리하는 것에 한계가 있어 합쳐서 분석하였다 [17,18]. 데커신, 데커시놀 안젤레이트는 AWE에는 함유되지 않았고, AEE에는  $8.59 \pm 0.01\%$  함유되어 있었다. 반면에 ASE에는  $38.65 \pm 0.04\%$ 로 다량 함유되어 있었다. 이는 초임계 이산화탄소를 이용해 데커신, 데커시놀 안젤레이트를 선택적으로 추출한 결과이다. 본 결과는 Table 1에 제시하였다.

**Table 1. Decursin and decursinol angelate content according to extraction methods**

Extract	Decursin/decursinol angelate content (%)
AWE	-
AEE	8.59 ± 0.01
ASE	38.65 ± 0.04

**3.2 총 폴리페놀 함량**

폴리페놀은 식물체에 널리 존재하며 항산화 활성의 대표적인 지표 성분으로 알려져 있다[19]. 총 폴리페놀 함량 측정 결과, AWE에는 11.34 ± 1.01 mg/g, AEE에는 11.65 ± 0.60 mg/g, ASE에는 5.36 ± 1.36 mg/g 이 함유되어 있었고, 결과는 Table 2에 나타내었다.

**Table 2. Total polyphenol content according to extraction methods**

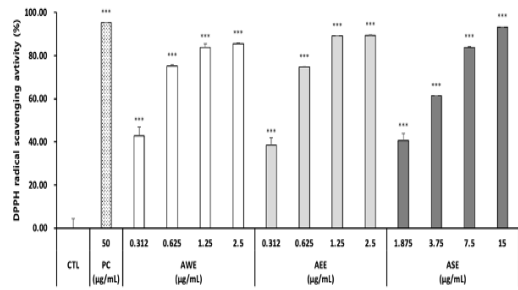
Extract	Total polyphenol content (mg GAE/g)
AWE	11.34 ± 1.01
AEE	11.65 ± 0.60
ASE	5.36 ± 1.36

**3.3 항산화 효능**

항산화 효능을 평가하기 위해 DPPH radical 소거능, ABTS+ radical 소거능을 측정하였고, 그 결과를 각각 Fig. 1과 Fig. 2에 제시하였다.

**3.3.1 DPPH radical 소거능**

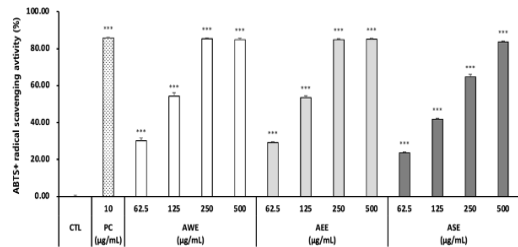
DPPH radical 소거능 측정 결과, AWE와 AEE는 2.5 µg/mL에서 각각 85.57 ± 0.42%, 89.35 ± 0.41%의 소거능을 나타냈고, ASE는 7.5 µg/mL에서 83.82 ± 0.30%의 소거능을 나타냈다. 총 폴리페놀 함량과 경향이 유사하게 열수 추출물, 에탄올 추출물, 초임계 이산화탄소 추출물 순으로 높은 효능을 보였으며, 모두 강력한 항산화제인 ascorbic acid보다 월등히 높은 소거능을 나타냈다.



**Fig. 1. DPPH radical scavenging activity of *Angelica gigas* extracts**

**3.3.2 ABTS radical 소거능**

ABTS+ radical 소거능을 측정한 결과, 500 µg/mL에서 AWE, AEE, ASE는 각각 84.93 ± 0.80 %, 85.19 ± 0.44 %, 83.65 ± 0.59 %의 소거능을 나타냈다. 역시 총 폴리페놀 함량과 경향이 유사하게 열수 추출물, 에탄올 추출물, 초임계 이산화탄소 추출물 순으로 높은 효능을 보였으나, 그 차이는 2% 이내로 미미하였다.



**Fig. 2. ABTS+ radical scavenging activity of *Angelica gigas* extracts**

폴리페놀의 함량이 높을수록 항산화 활성이 증가한다고 보고되어 있고 [20], 본 연구에서도 총 폴리페놀 함량이 가장 높았던 AEE가 DPPH radical 소거능 및 ABTS radical 소거능에서 가장 높은 활성을 보였다.

**3.4 미백 효능**

Tyrosinase는 tyrosine을 DOPA로, DOPA를 DOPA quinone으로 산화시켜 멜라닌을 생성하는 효소이다[21]. 미백 효능을 알아보기 위하여 tyrosinase 활성 억제능을 측정한 결과, AWE, AEE, ASE이 각각 26.60 ± 1.00%, 66.12 ± 0.38%, 45.04 ± 0.65 %의 억제능을 보여, 미백제로 활용 가능성을 확인하였으며, 결과는 Fig. 3에 제시하였다.

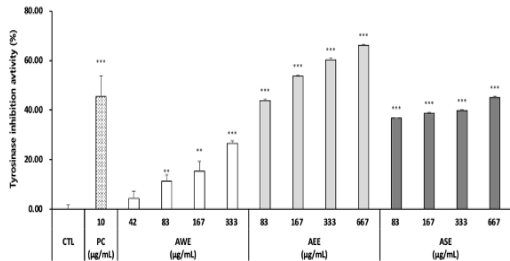


Fig. 3. Tyrosinase inhibition activity of *Angelica gigas* extracts

3.5 항균 효능

항균 효능을 측정한 결과, AWE는 모든 균주에 대하여 항균 활성이 없었다. AEE와 ASE는 *E. coli*에 대한 항균 활성은 없었지만, *S. aureus*, *B. subtilis*, *P. acnes*에 대해서는 항균 활성을 나타냈고, ASE는 AEE 보다 상당히 낮은 농도에서 활성을 나타냈다. 이러한 결과는 데커신, 데커시놀 안젤레이트의 함량과 경향이 일치하기 때문에, 항균 효능에 데커신, 데커시놀 안젤레이트가 영향을 미치는 것으로 추론된다. 한편, 균주 기준으로는 *P. acnes*에 대한 활성이 가장 좋았고, *B. subtilis*, *S. aureus*가 그 뒤를 이었다. Table 3에는 *S. aureus*, Table 4에는 *B. subtilis*, Table 5에는 *P. acnes*에 대한 실험 결과를 제시하였다.

Table 3. Antimicrobial activity against *S. aureus*

<i>S. aureus</i>	Diameter of clear zone (mm)			
	Concentration (mg/mL)			
Extract	20	10	5	2.5
AWE	-	-	-	-
AEE	10.03 ± 0.06	-	-	-
ASE	11.33 ± 0.42	10.00 ± 0.40	9.80 ± 0.35	9.17 ± 0.15

Methylparaben 20 mg/mL: 9.90 ± 0.66 mm

Table 4. Antimicrobial activity against *B. subtilis*

<i>B. subtilis</i>	Diameter of clear zone (mm)			
	Concentration (mg/mL)			
Extract	20	10	5	2.5
AWE	-	-	-	-
AEE	10.87 ± 0.76	-	-	-
ASE	12.00 ± 0.10	11.03 ± 0.06	10.30 ± 0.20	10.00 ± 0.17

Methylparaben 20 mg/mL: 10.80 ± 0.30 mm

Table 5. Antimicrobial activity against *P. acnes*

<i>P. acnes</i>	Diameter of clear zone (mm)			
	Concentration (mg/mL)			
Extract	20	10	5	2.5
AWE	-	-	-	-
AEE	12.63 ± 0.38	11.80 ± 0.26	11.37 ± 0.47	10.40 ± 0.61
ASE	13.80 ± 0.10	13.37 ± 0.47	12.47 ± 0.35	12.03 ± 0.06

Salicylic acid 20 mg/mL: 13.17 ± 0.29 mm

4. 결론

본 연구에서는 효율적인 참당귀 추출 방법을 찾아 참당귀의 효능을 극대화하고자 열수 추출법, 에탄올 추출법, 초임계 이산화탄소 추출법을 이용하여 참당귀를 추출한 후 추출 방법에 따른 데커신, 데커시놀 안젤레이트의 함량 분석, 총 폴리페놀 함량 정량 및 항산화, 미백, 항균 효능 평가를 진행하였다.

데커신, 데커시놀 안젤레이트의 함량은 열수 추출물에서는 0.00%인 반면, 초임계 이산화탄소 추출물에서 38.65%로 매우 높았고, 이는 에탄올 추출물의 8.59%에 비하여 약 4.5배 높은 수치이다.

총 폴리페놀 함량은 열수 추출물, 에탄올 추출물, 초임계 이산화탄소 추출물 순으로 높았지만, 그 차이는 비교적 적었다.

DPPH radical 소거능, ABTS+ radical 소거능의 항산화 효능은 열수 추출물, 에탄올 추출물, 초임계 이산화탄소 추출물 순으로 높았지만, 그 차이가 비교적 미미하였고, 이는 총 폴리페놀 함량과 경향이 일치하였다.

Tyrosinase 활성 억제능이 열수 추출물, 에탄올 추출물, 초임계 이산화탄소 추출물에서 모두 나타나, 미백제로 활용 가능성을 확인하였다.

항균 효능을 측정한 결과, 열수 추출물은 모든 균주에 대하여 항균 활성이 없었던 반면, 초임계 이산화탄소 추출물은 *S. aureus*, *B. subtilis*, *P. acnes*에 대하여 2.5 mg/mL 부터 활성을 나타냈고, 에탄올 추출물이 대체로 20 mg/mL 부터 활성을 나타낸 것과 비교하면, 약 4 배 이상 낮은 농도에서 효능을 나타냈다. 이는 데커신, 데커시놀 안젤레이트 함량과 경향이 일치하므로, 항균 효능과 데커신, 데커시놀 안젤레이트의 관련성을 확인하였다.

실험 결과를 종합하면, 참당귀에서 유효 성분을 추출하기 위한 최적의 방법은 초임계 이산화탄소 추출법이

다. 본 연구 결과를 바탕으로 초임계 이산화탄소 추출 조건을 다양하게 하여 초임계 이산화탄소 추출법 중에서도 가장 효율적인 조건을 찾는 실험을 수행할 예정이며, 항균 효능과 데커신, 데커시놀 안젤레이트의 연관성에 대한 추가적인 연구를 진행할 것이다.

## REFERENCES

- [1] C. G. Pereira, M. & A. A. Meireles. (2010). Supercritical fluid extraction of bioactive compounds: fundamentals, applications and economic perspectives. *Food and Bioprocess Technology*, 3(3), 340-372.  
DOI : 10.1007/s11947-009-0263-2
- [2] M. E. Paulaitis, V. J. Krukonis, R. T. Kurnik, & R. C. Reid. (1983). Supercritical Fluid Extraction. *Reviews in chemical engineering*, 1(2), 179-250.
- [3] J. L. Hedrick, L. J. Mulcahey, & L. T. Taylor. (1992). Supercritical fluid extraction. *Microchimica Acta*, 108(3), 115-132.  
DOI : 10.1007/BF01242421
- [4] P. A. Uwineza & A. Wa kiewicz. (2020). Recent advances in supercritical fluid extraction of natural bioactive compounds from natural plant materials. *Molecules*, 25(17), 3847.  
DOI: 10.3390/molecules25173847
- [5] R. Badal. (2002). *Supercritical carbon dioxide extraction of lipids from raw and bioconverted rice bran*. Master's thesis. Regional Engineering College, Jalandhar.
- [6] E. Reverchon. (1997). Supercritical fluid extraction and fractionation of essential oils and related products. *The Journal of Supercritical Fluids*, 10(1), 1-37.  
DOI : 10.1016/S0896-8446(97)00014-4
- [7] R. L. Mendes, B. P. Nobre, M. T. Cardoso, A. P. Pereira, & A. F. Palavra. (2003). Supercritical carbon dioxide extraction of compounds with pharmaceutical importance from microalgae. *Inorganica Chimica Acta*, 356, 328-334.  
DOI : 10.1016/S0020-1693(03)00363-3
- [8] S. Liu, F. Yang, C. Zhang, H. Ji, P. Hong, & C. Deng. (2009). Optimization of process parameters for supercritical carbon dioxide extraction of Passiflora seed oil by response surface methodology. *The Journal of Supercritical Fluids*, 48(1), 9-14.  
DOI : 10.1016/j.supflu.2008.09.013
- [9] J. H. Kwon, M. S. Han, B. M. Lee, & Y. M. Lee. (2015). Effect of Angelica gigas extract powder on progress of osteoarthritis induced by monosodium iodoacetate in rats. *Analytical Science and Technology*, 28(1), 72-77.  
DOI : 10.5806/AST.2015.28.1.72
- [10] S. K. Cho, A. M. Abd El-Aty, J. H. Choi, M. R. Kim, & J. H. Shim. (2007). Optimized conditions for the extraction of secondary volatile metabolites in Angelica roots by accelerated solvent extraction. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 44(5), 1154-1158.  
DOI : 10.1016/j.jpba.2007.03.011
- [11] K. S. Ahn, W. S. Sim, H. M. Kim, S. B. Han, & I. H. Kim. (1996). Immunostimulating components from the root of Angelica gigas Nakai. *Korean Journal of Pharmacognosy*, 27(3), 254-261.
- [12] O. Folin & W. Denis. (1912). On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as colorreagents. *Journal of Biological Chemistry*, 12(2), 239-243.  
DOI : 10.1016/S0021-9258(18)88697-5
- [13] M. S. Blois. (1958). Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181(4617), 1199-1200.  
DOI : 10.1038/1811199a0
- [14] R. Re, N. Pellegrini, A. Proteggente, A. Pannala, M. Yang, & C. Rice-Evans. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free radical biology and medicine*, 26(9-10), 1231-1237.  
DOI : 10.1016/S0891-5849(98)00315-3
- [15] I. Kubo & I. Kinst-Hori. (1999). Flavonols from saffron flower: tyrosinase inhibitory activity and inhibition mechanism. *Journal of agricultural and food chemistry*, 47(10), 4121-4125.  
DOI : 10.1021/jf990201q
- [16] M. O. Ko, H. J. Kang, J. H. Hwang, & K. W. Yang. (2018). Screening of the antibacterial effects by ethanol extracts from natural plant in Jeju against Propionibacterium acnes. *Journal of the Society of Cosmetic Scientists of Korea*, 44(1), 59-66.  
DOI : 10.15230/SCSK.2018.44.1.59
- [17] J. H. Lee, Y. S. Choi, J. H. Kim, H. G. Jeong, D. H. Kim, M. Y. Yun, & G. Y. Song. (2006). A mass preparation method of (+)-decursinol from the roots of Angelica gigas. *Yakhak Hoeji*, 50(3), 172-176.
- [18] K. W. Park et al. (2007). Cytotoxic effects of decursin from Angelica gigas Nakai in human cancer cells. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 36(11), 1385-1390.  
DOI : 10.3746/jkfn.2007.36.11.1385

- [19] A. K. Lim, J. O. Kim, M. J. Jung, H. K. Jung, J. H. Hong, & D. I. Kim. (2008). Functional biological activity of hot water and ethanol extracts from *Taraxaci Herba*. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 37(10), 1231-1237. DOI : 10.3746/jkfn.2008.37.10.1231
- [20] C. A. Rice-Evans, N. J. Miller, & G. Paganga. (1996). Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free radical biology and medicine*, 20(7), 933-956. DOI : 10.1016/0891-5849(95)02227-9
- [21] Y. S. Lee, J. B. Choi, E. Y. Joo, & N. W. Kim. (2007). Antioxidative activities and tyrosinase inhibition of water extracts from *Ailanthus altissima*. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 36(9), 1113-1119. DOI : 10.3746/jkfn.2007.36.9.1113

신 문 삼(Moon Sam Shin)

[정회원]



- 1992년 2월 : 고려대학교 화학공학과(공학사)
- 1994년 2월 : 서강대학교 화공생명공학과(공학석사)
- 2008년 2월 : 서울대학교 화학생명공학과(공학박사)

- 2010년 9월 ~ 현재 : 을지대학교 미용화장품과학과 교수
- 관심분야 : 화학생물공학, 화장품과학
- E-Mail : msshin@eulji.ac.kr

박 수 인(Su In Park)

[학생회원]



- 2018년 2월 : 을지대학교 피부관리학과(보건학사)
- 2020년 2월 : 을지대학교 시니어헬스케어학과(이학석사)
- 2020년 2월 ~ 현재 : 을지대학교 시니어헬스케어학과(박사과정)

- 관심분야 : 화장품과학
- E-Mail : sooo\_30@naver.com

허 수 현(Soo Hyeon Heo)

[학생회원]



- 2019년 2월 : 을지대학교 미용화장품과학과(보건학사)
- 2021년 2월 : 을지대학교 시니어헬스케어학과(이학석사)
- 관심분야 : 화장품과학
- E-Mail : h\_soo\_h@naver.com

이 진 서(Jinseo Lee)

[학생회원]



- 2020년 2월 : 을지대학교 미용화장품과학과(보건학사)
- 2020년 2월 ~ 현재 : 을지대학교 시니어헬스케어학과(석사과정)
- 관심분야 : 화장품과학
- E-Mail : dlwlstj97@naver.com