

## 대추 아임계수 추출물의 폴리페놀 함량 및 산화방지 평가

고민정<sup>1</sup> · 권미리<sup>2</sup> · 정명수<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>한경대학교 식품생명공학전공, <sup>2</sup>이화여자대학교 식품공학전공

### Antioxidant activities of phenolic compounds from *Ziziphus jujuba* Mill extract using subcritical water

Min-Jung Ko<sup>1</sup>, Mi-Ri Kwon<sup>2</sup>, and Myong-Soo Chung<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Science and Biotechnology, Hankyong National University

<sup>2</sup>Department of Food Science and Engineering, Ewha Womans University

**Abstract** Subcritical water extraction (SWE) is an eco-friendly extraction method that uses only purified water as a solvent under high temperature and high pressure conditions. In this study, total phenolics, and antioxidant activity were evaluated in *Ziziphus jujuba* Mill extracts from subcritical water obtained by varying the extraction temperature (110-190°C) and extraction time (1-20 min). Total phenolics was maximized with extraction at 190°C for 15 min (67.79±3.45 mg gallic acid equivalent/g jujube). The 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl free radical scavenging activity (48.84±4.74%) and 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) free radical scavenging activity (84.75±1.15%) were maximal at extraction conditions of 190°C, for 20 min. All jujube extracts prepared using SWE had higher total phenolics and antioxidant activities than extracts prepared using organic solvent extraction (60°C, 120 min), including methanol and ethanol. SWE could be an excellent alternative to organic solvents for extracting phenolics and antioxidant compounds.

**Keywords:** subcritical water extraction, *Ziziphus jujuba* Mill, phenolic compounds, antioxidant activity

## 서 론

대추(*Ziziphus jujube* Mill.)는 씨가 단단한 핵에 싸여 있는 핵과류로 예로부터 약리 효과가 있어 우리나라 사람은 날로 먹거나 말려서 저장하여 약재로 이용했으며 항우울제, 항생제, 그리고 당뇨병을 치료하는데 사용되었다. 특히, 한방에서는 소화제, 진통제, 해열제, 이뇨제 등으로 이용되며, 우리나라 제 사상에 올려지는 대표적인 식품이다. 대추는 페놀 화합물, 사포닌, 비타민 B, 비타민 C 등을 함유하고 있어 항균, 항염, 항산화 등 다양한 생리활성을 나타내는 것으로 보고되었다(AI-Reza 등, 2010; Memarpoor-Yazdi 등, 2020; Venkatachalam 등, 2020).

아임계수 추출(Subcritical Water Extraction, SWE)은 추출용매로 물을 이용하여 물의 끓는 점인 100°C 이상과 물의 임계점의 374°C 이하의 온도에서 추출을 수행하며 용매의 압력은 100 기압 정도를 유지한다. 아임계수 추출 기술은 고온 고압에서 추출하는 기술로 기존에 추출에 사용되는 유기용매를 사용하여 추출하는 방법보다 추출시간도 짧고 경제적이다. 추출용매 물 온도 200°C의 아임계 상태 물의 유전상수율은 34.5를 나타내어 이것은 상온에서 메탄올의 유전상수율 값인 33.6

과 유사한 값을 가진다. 따라서, 기존 메탄올이나 에탄올과 같은 유기용매를 이용하여 추출하는 방법을 대체하여 오직 물만을 이용하여 추출할 수 있는 친환경적인 추출방법이다.

아임계수 추출 기술을 이용하여 생리활성물질인 폴리페놀, 플라보노이드를 추출하였을 경우에 유효성분의 추출효율도 높고, 항산화능 결과도 우수하게 나타내었다는 보고가 있다(Ko 등, 2017; Ko 등, 2020a; Lee 등, 2018).

본 연구에서는 아임계수 추출 기술을 이용하여 대추로부터 폴리페놀을 추출하였고, 아임계수 추출 조건별 페놀 함량 및 산화방지 효과 결과를 비교하였다. 또한, 대추 아임계수 추출물을 유기용매인 메탄올과 에탄올을 이용한 추출방법과 비교하여 아임계수 추출 기술의 효과를 확인하였다.

## 재료 및 방법

### 실험 재료

실험에 사용한 대추는 경상북도 경산지역에서 재배한 것이며 크기는 30 mm, 무게는 12 g 정도이다. 수분함량 5% 이하로 건조된 시료의 씨를 제거하고 껍질을 포함한 건대추를 4°C에서 냉장 보관하며 사용하였다. 추출에 이용된 건대추는 고속믹서(Blender 7012S, Waring Co., Torrington, CT, USA)를 이용하여 약 0.5 cm 크기로 분쇄하여 사용하였다.

### 아임계수 추출방법

아임계수 추출은 용매인 물을 아임계 상태의 고온·고압 상태를 유지하며, 자동으로 추출할 수 있는 추출기기(ASE 350, DIONEX Co., Sunnyvale, CA, USA)를 이용하였다. 건조된 분

\*Corresponding author: Myong-Soo Chung, Dept. of Food Science and Engineering, Ewha Womans University, Seoul, 03760, Korea. Tel: +82-2-3277-4508 Fax: +82-2-3277-4508 E-mail: mschung@ewha.ac.kr Received March 5, 2021; revised March 30, 2021; accepted May 10, 2021

쇄 대추 시료 1 g을 22 mL 아임계수 추출 셀(ASE Stainless Extraction Cell, DIONEX Co.) 안에 넣고 추출기에 장착하여 수행하였다. 추출온도는 110, 130, 150, 170, 190°C, 추출시간은 5, 10, 15, 20분으로 수행하였다. 아임계수 추출 후, 대추 추출물은 일회용 셀룰로스 거르개(cellulose filter, Whatman, Buckinghamshire, UK)를 통하여 자동으로 고체의 용질은 제거되고 추출되어 건더기 없는 약 30 mL의 액상으로 얻어졌다. 추출된 대추 아임계수 추출물은 24시간 동안 초저온 냉동고에서 냉동한 후, 동결건조기(FD 8508, ilShinBioBase Co., Ltd., Dongducheon, Korea)를 이용하여 24시간 동안 감압 건조하여 분석하였다.

#### 메탄올 및 에탄올 용매추출 방법

아임계수 추출방법과 비교를 위하여 일반적인 추출방법으로써 메탄올(methanol, 99.8%) 및 에탄올(ethanol, 95%)을 이용하여 추출하였다. 건조된 분쇄 대추 시료 2 g에 44 mL의 메탄올 및 에탄올 용매를 각각 넣고 항온수조에서 60°C, 120분 동안 추출을 하였다. 추출물은 일회용 셀룰로스 거르개를 이용하여 수동으로 용질과 용매를 분리하였다. 메탄올 및 에탄올 추출물은 농축기를 이용하여 용매를 모두 제거한 후, 분석하였다.

#### 총 페놀 함량 분석 방법

대추 추출물의 총 페놀 함량 분석은 폴린-시오칼토비색방법(Folin-Ciocalteu colorimetric method)의 방법을 변형하여 분석하였다(Cicco 등, 2009). 대추 추출건조물 20 mg에 메탄올 10 mL을 첨가하여 1시간 동안 초음파(1510E-DTH, Branson Ultrasonic Corporation, Brookfield, CT, USA) 추출한 후 시료로 사용하였다. 2% 탄산소듐(sodium carbonate) 시약 2 mL에 시료 0.1 mL을 넣고, 3분 간 균질화하였다. 상온에서 30분 간 방치 후 분광측광계(Mega-U 600, Scinco, Seoul, Korea)를 이용하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 갈산(Gallic acid)을 표준품으로 농도에 따른 일차방정식( $y=2.297x+0.104$ ,  $R^2=0.999$ )을 이용하여 총 페놀 함량(mg gallic acid equivalent (GAE)/g Jujube)을 계산하였다.

#### 산화방지 효과 분석 방법

산화방지 효과 분석을 위한 방법은 DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 라디칼 소거능과 ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)) 라디칼 소거능의 방법을 이용하였다. DPPH 라디칼 소거능을 이용한 측정방법은 자유라디칼과 반응력을 소거되는 정도를 비색법으로 이용하여 측정하는 방법으로 DPPH 라디칼에 대한 항산화물질의 환원능력에 근거하여 주로 단일화합물의 항산화능 측정 방법으로 사용된다(Marinova와 Batchvarov, 2011). 산화방지 효과 측정은 대추의 생리활성을 평가하는데 있어 중요하다. DPPH 라디칼 소거능은 Blois(1958)의 방법을 변형하여 분석하였다. DPPH 라디칼 소거능 분석을 위해 대추 추출 건조물 10 mg에 메탄올 10 mL을 첨가하여 2시간 초음파 추출하여 시료로 이용하였다. 100  $\mu$ M DPPH 시약 1 mL에 시료 0.2 mL을 혼합한 후 상온에서 15분 간 방치 후 분광측광계를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능은 아래의 식으로 계산되었다.

$$\text{DPPH 라디칼 소거능(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료첨가구의 흡광도}}{\text{비첨가구의 흡광도}}\right) \times 100$$

ABTS 라디칼 소거능을 이용한 측정방법은 양이온에 대한 항산화제의 소거능을 측정하는 방법이다. ABTS를 반응시켜 라디칼이 소거되는 것을 분광측광계를 이용하여 탈색 정도인 비색법으로 측정한다. 산화방지 효과 분석 방법으로 ABTS 라디칼 소거능은 Re 등(1999), Arnao 등(2001)의 방법을 변형하여 분석하였다. 7.0 mM의 ABTS와 2.45 mM의 고황산 포타슘(potassium persulfate)을 혼합하여 12시간 실온 암실에 방치하고 무수 에탄올을 첨가하여 시약으로 사용하였다. 분광측광계를 이용하여 734 nm에서 시약 흡광도가 0.7 ( $\pm 0.02$ )이 되도록 희석하였다. 시약 0.9 mL와 시료 0.1 mL을 혼합하여 6분 간 실온에 방치 후 분광측광계를 이용하여 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. 계산은 아래와 같은 방법으로 하여 ABTS 라디칼 소거능을 백분율로 표시하였다.

$$\text{ABTS 라디칼 소거능(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료첨가구의 흡광도}}{\text{비첨가구의 흡광도}}\right) \times 100$$

#### 통계처리 및 결과분석 방법

추출물의 총 페놀 함량 및 산화방지 효과 결과는 3회 반복 수행하여 평균 $\pm$ 표준편차로 표시하였다. 일원분산분석은 IBM SPSS Statistics (Version 22.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 던컨시험(Duncan test)로  $p < 0.05$ 의 유의수준에서 결과를 분석하였다. 상관관계 분석은 IBM SPSS Statistics를 이용하여 Pearson 상관계수 분석으로  $p < 0.01$  유의수준에서 분석하였다.

## 결과 및 고찰

#### 총 페놀 함량 변화

페놀성 화합물은 항균, 항암, 항산화작용 등 생리활성 기능을 가지는 중요한 성분이다(Lu와 Foo, 2000). 아임계수 추출 기술을 이용한 대추 추출물의 추출조건에 따른 총 페놀 함량 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 아임계수 추출조건에서 추출온도가 증가할수록 총 페놀 함량이 증가하는 경향을 나타내었다. 총 페놀 함량은 190°C에서  $67.79 \pm 3.45$  mg GAE/g Jujube로 가장 높은 함량을 보였다. 아임계수 추출 조건 중 추출시간은 증가할수록 총 페놀 함량이 증가하다가 감소하는 경향을 보였는데 15분에서 가장 높은 함량을 나타내다가 20분에서는 감소하였다. 따라서, 대추 아임계수 추출물의 총 페놀 함량의 최적 조건은 190°C, 15분이다. Park과 Kim(2016)의 연구 결과에 따르면 대추 품종별 성숙정도에 따른 총 페놀 함량은 62.5  $\mu$ g/g인 결과와 비교할 때 아임계수 추출물의 총 페놀은 매우 높은 함량을 나타낸 것으로 보인다. 아임계수 추출의 비교적 높은 온도에서 용매의 용해도를 나타내는 유전상수율이 감소하여 저극성의 페놀물질 추출률이 높게 나타났다. 또한, 아임계 상태의 물은 온도가 증가할수록 표면 장력, 밀도와 같은 물의 물리적인 성질이 감소하여 유효성분을 추출하는데 적합한 상태가 된다(Singh와 Saldana, 2011).

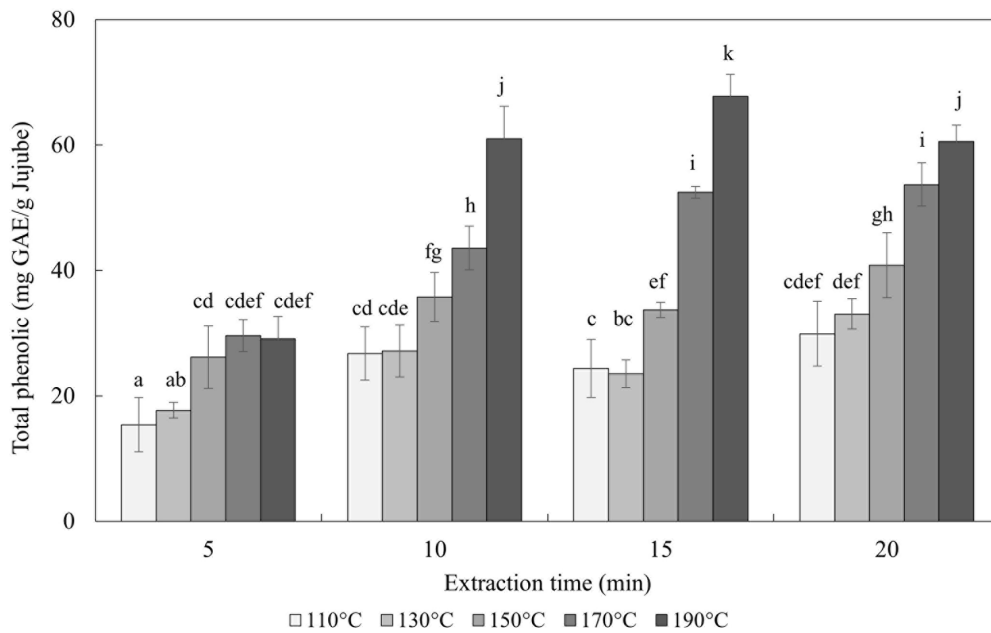


Fig. 1. Effect of extraction temperature and time on the yield of total phenolics in subcritical water from *Ziziphus jujuba* Mill.

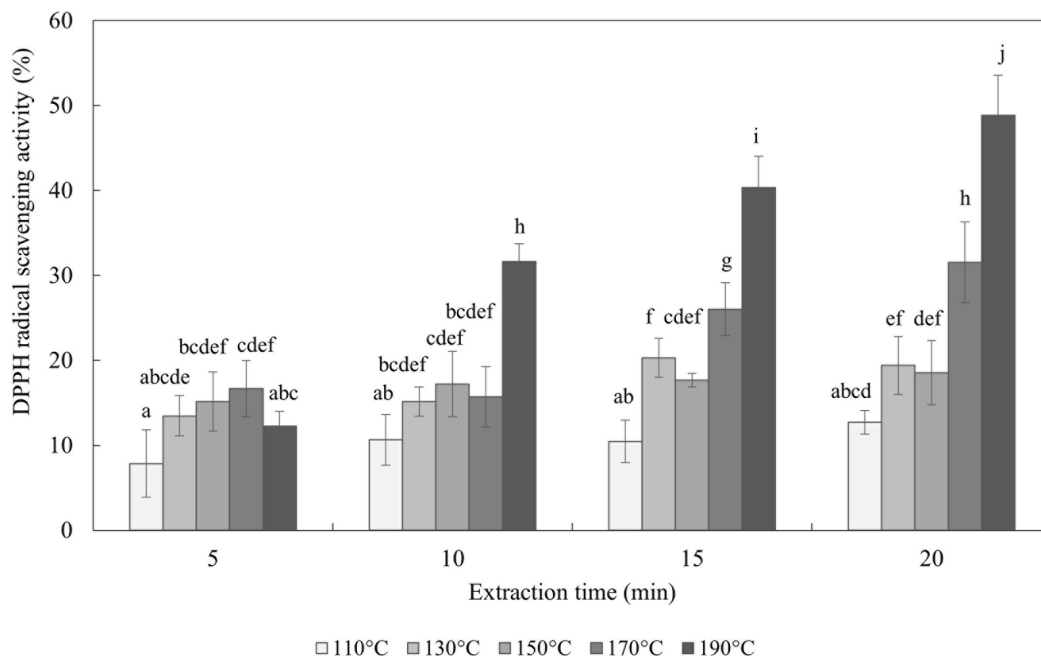
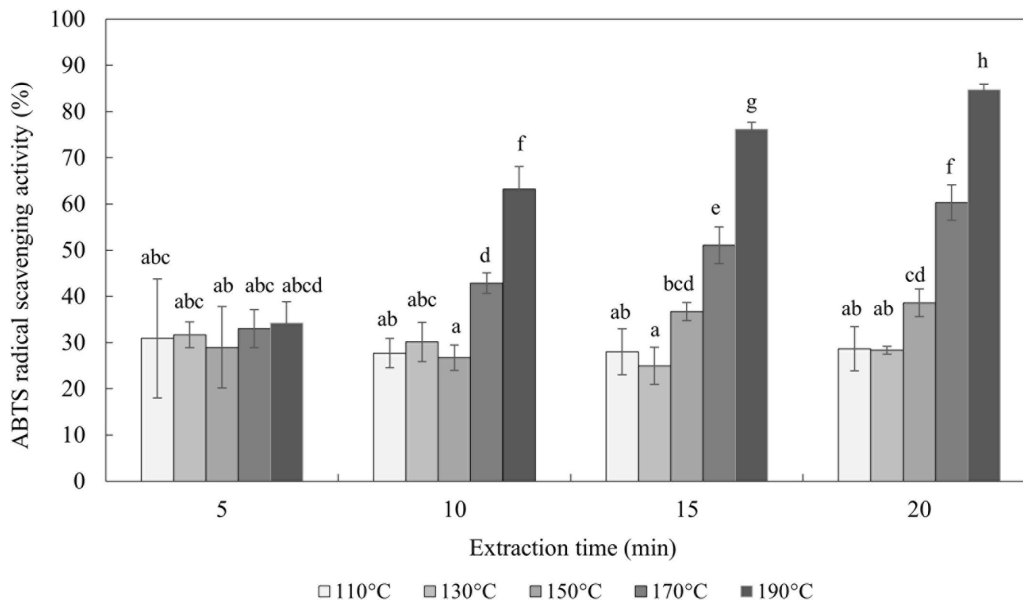


Fig. 2. Effect of antioxidant capacity on the increasing extraction temperature (110-190°C) and time (5-20 min) of SWE conditions of DPPH from *Ziziphus jujuba* Mill.

**산화방지 효과**

대추 아임계수 추출물의 산화방지 효과는 DPPH 라디칼 소거능으로 측정하였다(Fig. 2). 아임계수 추출 온도 110-190°C, 추출 시간 5-20분에서 추출된 추출물의 항산화능을 평가하였다. 아임계수 추출 온도와 추출 시간이 증가할수록 산화방지 효과 결과 값이 증가하였다. 특히, 190°C에서의 DPPH 라디칼 소거능 값이 크게 증가하였으며 190°C 20분의 추출조건에서 48.84±4.74%로 가장 높은 값을 보였다. 대추 아임계수 추출물의 산화방지 효과를 ABTS 라디칼 소거능으로 측정하였다(Fig. 3). 아임계수 추출 온도와 추출 시간이 증가할수록 산화방지

효과 결과 값이 증가하였다. 특히, 170, 190°C의 추출온도에서 값이 크게 증가하였으며, ABTS 라디칼 소거능은 190°C 20분에서 84.75±1.15%로 가장 높은 값을 나타냈다. 페놀과 같은 항산화능이 우수한 저극성의 유효성분이 아임계수 추출의 고온에서 많이 추출되었다. 아임계 상태의 물은 온도가 증가할수록 물의 용해도를 나타내는 유전상수율이 감소하여 메탄올 및 에탄올과 유사한 유전상수율을 값을 가지어 저극성의 폴리페놀과 같은 유효성분을 적합하게 추출할 수 있다(Ko 등, 2020b). Ko 등(2020b)의 연구 결과에 따르면 아임계 추출 기술을 이용하여 폴리페놀을 추출하였더니 물의 온도가 증가함



**Fig. 3.** Effect of antioxidant capacity on the increasing extraction temperature (110-190°C) and time (5-20 min) of SWE conditions of ABTS from *Ziziphus jujuba* Mill.

**Table 1.** Correlation between antioxidant capacities measured by total phenolics, ABTS, and DPPH on SWE from *Ziziphus jujuba* Mill.

	Total phenolics	DPPH radical scavenging	ABTS radical scavenging
Total phenolic	1		
DPPH radical scavenging	0.839**	1	
ABTS radical scavenging	0.874**	0.906**	1

\*\*Correlation is significant at  $p < 0.01$

**Table 2.** Comparison of SWE and organic solvent extraction methods of total phenolics and antioxidative properties from *Ziziphus jujuba* Mill.

	Total Phenolics (mg GAE/g Jujube)	DPPH radical scavenging (%)	ABTS radical scavenging (%)
Subcritical water extraction	67.79±3.45 <sup>a</sup>	48.84±4.74 <sup>a</sup>	84.75±1.15 <sup>a</sup>
Methanol extraction	38.26±2.98 <sup>b</sup>	18.36±4.87 <sup>b</sup>	44.34±9.15 <sup>b</sup>
Ethanol extraction	12.63±1.95 <sup>c</sup>	17.40±4.09 <sup>b</sup>	33.84±6.95 <sup>b</sup>

Means in a column followed by same superscript letters are not significantly different according to Duncan's test at  $p < 0.05$ . The data are mean±SD values (n=3).

에 따라 저극성의 폴리페놀과 같은 유효성분의 추출함량이 증가하였고 당귀 아임계수 추출물의 산화방지 효과 값도 190-200°C에서 가장 높게 나타낸 것과 일치하는 결과이다(Ko 등, 2020a).

#### 상관관계 분석

대추 아임계수 추출물의 총 페놀 함량, DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능 산화방지 효과 결과의 상관관계를 Pearson 상관계수를 이용하여  $**p < 0.01$  유의수준에서 분석하였다(Table 1). 실험 결과, 모든 변수에서 선형 상관관계를 보였다. 아임계수 추출 온도와 추출 시간이 증가할수록 총 페놀 함량이 증가하였고, DPPH 라디칼 소거능과 ABTS 라디칼 소거능을 이용한 산화방지 효과 결과 값도 유사하게 증가하는 경향을 보였는데 상관계수도 각각  $**0.839$ ,  $**0.874$ 로 높은 상관관계가 있었다. 추출물의 산화방지 효과가 있는 페놀함량이

증가함에 따라서 항산화능도 증가한 결과 값을 나타냄을 확인하였다. Hwang 등(2015)이 삼채의 총 페놀 함량이 높을수록 라디칼을 효과적으로 소거하여 높은 항산화능 가진 결과 값을 가진 것과 유사하다. 또한, 산화방지 효과인 DPPH 라디칼 소거능과 ABTS 라디칼 소거능은 서로  $**0.906$ 으로 매우 높은 상관관계가 있었다. 산화방지 효과를 측정하는 방법이 자유라디칼(free radical)을 제거하는 비색법으로 평가하는 유사한 측정 방법으로 아임계수 추출 조건에 따른 산화 방지 효과 결과 값도 유사한 경향을 나타냈고 높은 상관관계를 보였다.

#### 메탄올 및 에탄올 용매추출 방법 비교

추출 용매로써 오직 물 만을 이용하여 추출하는 친환경 아임계수 대추 추출물의 총 페놀 함량, 산화방지 효과 결과를 유기용매인 메탄올 및 에탄올을 이용한 추출 방법과 비교하

였다(Table 2). 총 페놀 함량 비교 결과, 아임계수 추출 조건에서 가장 높은 총 페놀 함량을 보였던 190°C, 15분 조건에서의 총페놀 함량은(67.79±3.45 mg GAE/g Jujube) 메탄올 60°C, 120분(38.26±2.98 mg GAE/g Jujube) 및 에탄올 60°C, 120분(12.63±1.95 mg GAE/g Jujube)에서 추출한 결과 값과 비교하여 각각 약 1.8, 5.4배 이상 높은 결과 값을 보였다. 총 페놀 함량은 아임계수 추출 방법을 이용하였을 때, 추출 용매의 친환경성 뿐만 아니라 추출 시간도 15분 이내로 짧게 소요되고 총 페놀 함량도 가장 높게 나타났다.

대추의 추출 방법에 따른 추출물의 산화방지를 비교한 결과, 아임계수 추출 조건인 190°C, 20분에서의 DPPH 라디칼 소거능(48.84±4.74%), ABTS 라디칼 소거능(84.75±1.15%)의 평가 값은 메탄올 및 에탄올 용매를 이용하여 추출한 DPPH 라디칼 소거능(18.36±4.87, 17.40±4.09%), ABTS 라디칼 소거능(44.34±9.15, 33.84±6.95%)의 결과 값보다 모두 2.7-2.8배, 1.9-2.5배 높았다. 이는 대추 아임계수 추출물의 항산화능 효과가 우수함을 나타낸 결과이다. 아임계수 추출방법은 오직 물만을 이용하여 용매의 값이 싸고, 페놀함량의 추출효율도 높을 뿐 만 아니라 추출물의 산화방지 효과도 우수하게 나타났다. 메탄올, 에탄올과 같은 유기용매를 이용하여 추출하는 방법을 대체하여 페놀과 같은 유효성분을 친환경적으로 추출할 수 있는 매우 잠재성이 있는 우수한 추출 방법이다.

## 요 약

아임계수 추출 기술을 이용하여 대추 추출물을 얻고 총 페놀 함량, DPPH 라디칼 소거능과 ABTS 라디칼 소거능을 이용하여 추출조건에 따른 페놀 성분 함량 변화 및 산화 방지 효과를 확인하였다. 아임계수 추출물은 총 페놀 함량, DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능의 결과 값이 모두 메탄올 및 에탄올을 이용하여 추출한 결과 보다 우수하게 나타났다. 아임계수 추출법은 메탄올 및 에탄올을 이용하여 추출하는 방법 보다 추출 시간도 20분 이내로 짧았고, 유기용매를 사용하지 않고 친환경적으로 추출할 수 있었다. 아임계수 추출물의 총 페놀 함량과 산화방지 효과의 결과는 높은 상관관계를 보였는데, 항산화 효과가 있는 페놀류가 많이 추출될수록 산화방지 효과도 우수하게 나타났다. 본 연구를 통해, 아임계수 추출 방법은 오직 물을 사용하여 유효성분을 추출하는 친환경적이고 안전한 신기술이며 잠재성과 우수성을 확인하였다. 아임계수 추출기술은 앞으로도 다양한 유효성분 추출 및 소재 가공으로 식품 산업에 응용하여 사용될 수 있을 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 한경대학교 2019년도 학술연구조성비의 지원에 의한 것임.

## References

- Al-Reza SM, Yoon JI, Kim HJ, Kim JS, Kang SC. Anti-inflammatory activity of seed essential oil from *Zizyphus jujuba*. Food Chem. Toxicol. 48: 639-643 (2010)
- Arnao MB, Cano A, Acosta M. The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. Food Chem. 73: 239-244 (2001)
- Blois MS. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature. 181: 1199-1200 (1958)
- Cicco N, Lanorte MT, Paraggio M, Viggiano M, Lattanzio V. A reproducible, rapid and inexpensive Folin-Ciocalteu micromethod in determining phenolics of plant methanol extracts. Microchem. J. 91: 107-110 (2009)
- Hwang JS, Lee BH, An X, Jeong HR, Kim YE, Lee II, Lee HJ, Kim DO. Total phenolics, total flavonoids, and antioxidant capacity in the leaves, bulbs, and roots of *Allium hookeri*. Korean J. Food Sci. Technol. 47: 261-266 (2015)
- Ko MJ, Kwon MR, Chung MS. Pilot Pilot-scale subcritical-water extraction of nodakenin and decursin from *Angelica gigas* Nakai. Food Sci. Biotechnol. 29: 631-639 (2020a)
- Ko MJ, Lee JH, Nam HH, Chung MS. Subcritical water extraction of phytochemicals from *Phlomis umbrosa* Turcz. Innov. Food Sci. Emerg. Technol. 42: 1-7 (2017)
- Ko MJ, Nam HH, Chung MS. Subcritical water extraction of bioactive compounds from *Orostachys japonicus* A. Berger (Crassulaceae). Sci. Rep. 10: 10890 (2020b)
- Lee JH, Ko MJ, Chung MS. Subcritical water extraction of bioactive components from red ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer). J. Supercrit. Fluid. 133: 177-183 (2018)
- Lu Y, Foo LY. Antioxidant and radical scavenging activities of polyphenols from apple pomace. Food Chem. 68: 81-85 (2000)
- Marinova G, Batchvarov V. Evaluation of the methods for determination of the free radical scavenging activity by dpph. Bulg. J. Agric. Sci. 17:11-24 (2011)
- Memarpoor-Yazdi M, Mahaki H, Zare-Zardini H. Antioxidant activity of protein hydrolysates and purified peptides from *Zizyphus jujuba* fruits. J. Funct. Foods. 10: 10890 (2020)
- Park YK, Kim JH. Antioxidant activity, total phenolics, vitamin C and sugar content during fruit ripening of five different Jujube cultivars. Korean J. Plant Res. 29: 539-546 (2016)
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radical Biology & Medicine. 26: 1231-1237 (1999)
- Singh PP, Saldana MDA. Subcritical water extraction of phenolic compounds from potato peel. Food Res. Int. 44: 2452-2458 (2011)
- Venkatachalam D, Kumar KPS, Umadevi M. Evaluation of antibacterial activity of *Zizyphus jujuba*. J. Pharmacogn. phytochem. 9: 1510-1513 (2020)