

## 추출용매에 따른 강황추출물의 *In Vitro* 항산화 활성

— 연구노트 —

윤진주<sup>1</sup> · 박석규<sup>2</sup>

<sup>1</sup>순천대학교 농화학파  
<sup>2</sup>순천대학교 식품영양학과

### *In Vitro* Antioxidant Activities of *Curcuma longa* Linne Extracts according to Extraction Solvents

Jin-Ju Yun<sup>1</sup> and Seok-Kyu Park<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Agricultural Chemistry and <sup>2</sup>Department of Food & Nutrition,  
Suncheon National University

**ABSTRACT** This study investigated the *in vitro* antioxidant activities of *Curcuma longa* L. extracts obtained using different solvents (ethanol, chloroform, ethyl acetate, butanol, hexane, and water). We determined that the total polyphenol contents of the 80% ethanol extract and hexane fraction were 192.96 mg GAE/g and 271.60 mg GAE/g, respectively, which were higher than other fractions such as chloroform, ethyl acetate, butanol, and water. In addition, the total flavonoid content was as high as 392.98 and 390.74 mg QE/g in the butanol and hexane fractions, respectively. The DPPH and ABTS radical scavenging activities were significantly higher and similar to the positive control (ascorbic acid) in the butanol fraction (93.05% and 91.31%, respectively). Moreover, the highest reducing power was obtained in the butanol fraction. Overall, the 80% ethanol extract and butanol fraction from *Curcuma longa* L. showed high total polyphenol and total flavonoid contents and antioxidant activities. Taken together, our results indicate the potential of *Curcuma longa* L. to be used as a new functional food ingredient with strong antioxidant activity, and its application as functional health food material.

**Key words:** *Curcuma longa* Linne, antioxidant activities, fraction, polyphenol, flavonoid

## 서 론

외부적인 자극이나 에너지 대사 과정 중에 발생하는 활성 산소종(reactive oxygen species)은 미토콘드리아와 같은 세포 내 기관의 정상적인 대사 및 세포질 내 일부 효소들에 의하여 생성된다(Kim 등, 2001; Yu, 1996). 활성산소종에는 superoxide, nitricoxide, hydroxyl, peroxy, alkoxyl, hydroperoxyl radical 등 여러 종류의 화합물이 존재하는데(Lee 등, 2017), 이들은 분자 구조적으로 매우 불안정하기 때문에 고분자의 세포 성분들을 공격하여 산화적 손상을 유발한다(Papa와 Skulachev, 1997). 활성산소 화합물이 생성되면 인체는 superoxide dismutase(SOD), glutathione peroxidase(GPx), catalase 등과 같은 항산화 효소를 생성하여 활성산소종을 포함하는 자유라디칼을 조절하여 체내를 보호한다. 이러한 항산화 방어 시스템에도 불구하고

과도하게 생성되면 산화스트레스 상태가 되며 지속적인 산화스트레스는 생체내의 세포막, 단백질, DNA 손상 등을 유발하여 암, 당뇨, 고혈압, 비만 등 각종 질병의 원인이 된다(Dröge, 2002; Willcox 등, 2004; Gardner와 Fridovich, 1991).

현재 활성산소종의 생성을 막기 위해 이용되고 있는 합성 항산화제 butylated hydroxy toluene(BHT), butylated hydroxy anisole(BHA), propyl gallate(PG) 등은 뛰어난 효과와 경제성을 가지고 있지만(Choe와 Yang, 1982), 발암성과 독성으로 인한 부작용이 보고되어 안전성에 대한 염려가 높아지고 있다(Halliwell, 1996; Morrissey와 O'Brien, 1998; Bae 등, 2001; Park 등, 2005). 천연항산화제로는 ascorbic acid 및 tocopherol, 페놀성 화합물, flavone 유도체, carotenoids 등이 이용되고 있으며, 노화 억제와 질병 예방에 효과적이다(Atoui 등, 2005; Suh 등, 2019). 그러나

Received 30 May 2022; Revised 5 July 2022; Accepted 5 July 2022

Corresponding author: Seok-Kyu Park, Department of Food and Nutrition, Suncheon National University, 255, Jungangro, Suncheon, Jeonnam 57922, Korea, E-mail: bestmeju@scnu.ac.kr

© 2022 The Korean Society of Food Science and Nutrition.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

tocopherol과 같은 천연물질은 우수한 안전성으로 별도의 법적 규제 없이 사용할 수 있지만, 가격이 비싸고 항산화 효과가 제한적이기 때문에 가격이 저렴하면서도 항산화 효과가 우수한 천연항산화제의 개발이 요구된다(Cort, 1974).

강황(*Curcuma longa* Linne)은 생강과(Zingiberaceae)에 속하는 다년생 초본식물로 인도, 중국 및 동남아시아 등지에서 주로 재배되고 있다(Singh와 Singh, 2011). 주로 한약재와 염료로 이용되고 있으며, 식품에서 노란색을 나타내는 천연색소로 카레(curry)의 주성분으로 사용되고 있다. 강황의 생리활성 물질로는 curcumin, demethoxycurcumin, bisdemethoxycurcumin 등이 있으며, 생리활성으로는 항균, 항염, 항산화 등이 알려져 있다(Sharma 등, 2005; Kim 등, 2005). 최근 curcumin의 약리효과가 알려지면서 의학 분야를 중심으로 간장염, 담도염, 담석증, 카타르성 황달, 소화기 및 심혈관계에 대한 작용, 항 혈소판 응집, 혈중지질 강하, 항산화, 항돌연변이, 항종양, 항균 작용 등에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다(Kim 등, 2008; Brannen, 1975; Cho 등, 1994).

따라서 본 연구에서는 약리효과가 뛰어나다고 알려진 강황의 추출용매에 따른 활성산소종 방어를 위한 항산화 활성을 조사하여 기능성 식품소재 개발의 기초자료로 제공하고 자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험 재료

본 연구에 사용된 강황은 2014년 진도에서 재배하여 절편한 건조품을 구입 후 상온 보관하였으며, 분쇄기(MSM-4000, Morning Sense, Incheon, Korea)로 분쇄한 후 30 mesh의 체를 통과한 분말을 추출용 시료로 사용하였다.

### 강황 에탄올 추출물 및 분획물 제조

강황 에탄올 추출물 제조는 분쇄된 강황 시료 70 g에 중량비 10배의 80% 에탄올에 현탁하여 60°C에서 2시간씩 2회 추출하고 여과지(Whatman No.2, Whatman International Ltd., Maidstone, England)로 여과한 다음, rotary evaporator(N-1000, Tokyo Rikakikai Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 이용하여 60°C에서 감압 농축하였다. 농축한 추출물은 동결건조기(FDU-2110, EYELA, Rikakikai Co., Ltd.)를 이용하여 동결건조한 후 냉동 보관하면서 시료로 사용하였다. 동결건조된 강황 에탄올 추출물을 증류수로 재용해하여 n-hexane(Duksan Pure Chemical Co., Ltd., Ansan, Korea) 용액을 1:1이 되게 혼합한 다음, separation funnel을 이용하여 분획하고 rotary evaporator로 감압 농축해 n-hexane 분획물을 얻었다. 동일한 방법으로 chloroform, ethyl acetate, butanol(Duksan Pure Chemical Co., Ltd.) 및 water 층을 분획하여 각각의 순차분획물을 얻었으며 모

든 과정은 3회 반복 실시하였다. 각 시료 분획물은 50% dimethyl sulfoxide(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)에 용해하여 실험에 사용하였다.

### 총 폴리페놀 함량

총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis 방법을 변형하여 측정하였다(Folin과 Denis, 1915). 즉, 시료 0.1 mL에 증류수 8.4 mL와 2 N Folin-Ciocalteu 시약(Sigma-Aldrich) 0.5 mL를 첨가하고 20% sodium carbonate(Junsei Chemical Co., Ltd., Tokyo, Japan) 1 mL를 가하여 2시간 방치하였다. 반응물의 흡광도는 725 nm에서 spectrophotometer(U-1800, Hitachi Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였고, gallic acid(Sigma-Aldrich)를 이용한 표준곡선으로 양을 환산하였다.

### 총 플라보노이드 함량

총 플라보노이드 함량은 Lee 등(1997)의 방법을 변형하여 측정하였다. 시료 0.2 mL에 diethylene glycol(Sigma-Aldrich) 10 mL와 1 N NaOH(Yakuri Pure Chemicals Co., Ltd., Kyoto, Japan) 1 mL를 가하고 잘 혼합하였다. 그리고 37°C에서 1시간 반응시킨 후, 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. Quercetin(Sigma-Aldrich)을 이용한 표준곡선으로 양을 환산하였다.

### DPPH 라디칼 소거능 측정

2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH) 라디칼에 대한 소거 활성은 Blois(1958)의 방법을 변형하여 측정하였다. 각 시료 용액 30  $\mu$ L에 0.2 mM DPPH 용액(Sigma-Aldrich) 200  $\mu$ L를 가하여 혼합하고 이를 암실에서 10분간 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다.

### ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능 측정

ABTS<sup>+</sup> 소거 활성은 Re 등(1999)의 방법을 변형하여 측정하였다. 시료용액 0.1 mL와 3.9 mL ABTS<sup>+</sup> 용액(Sigma-Aldrich)을 혼합한 후, 23°C에서 6분간 반응시켜 734 nm에서 흡광도를 측정하였다.

### 환원력 측정

환원력은 Wong과 Chye(2009)의 방법을 약간 변형하여 측정하였다. 시료 0.5 mL 0.2 M phosphate 완충용액(pH 6.6) 1 mL와 1% potassium ferricyanide(Sigma-Aldrich) 1 mL를 첨가하여 혼합한 후 50°C를 유지하면서 30분간 반응시켰다. 반응액에 10% trichloroacetic acid(Wako Pure Chemical Industries, Ltd., Osaka, Japan) 1 mL를 첨가하여 섞은 후 3,000 rpm으로 10분간 원심분리하였다. 상정액의 0.5 mL를 취하여 증류수 1 mL와 0.1% FeCl<sub>3</sub> 0.5 mL를 첨가하여 흡광도 700 nm에서 환원력을 측정하였다.

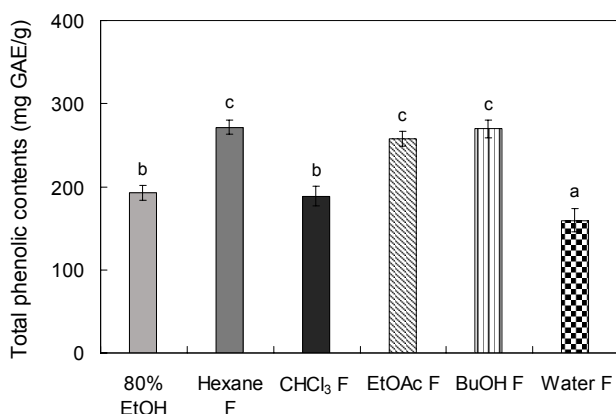
## 통계처리

모든 실험은 3회 이상 반복하여 실시하였으며 실험 결과는 SPSS(Statistical Package for Social Sciences, version 26.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 평균  $\pm$  표준편차로 표시하였다. 각 그룹 간의 통계적 유의성 검정은 one-way ANOVA 분산분석을 실시한 후  $P < 0.05$  수준에서 Duncan's multiple range test를 이용하여 분석하였다.

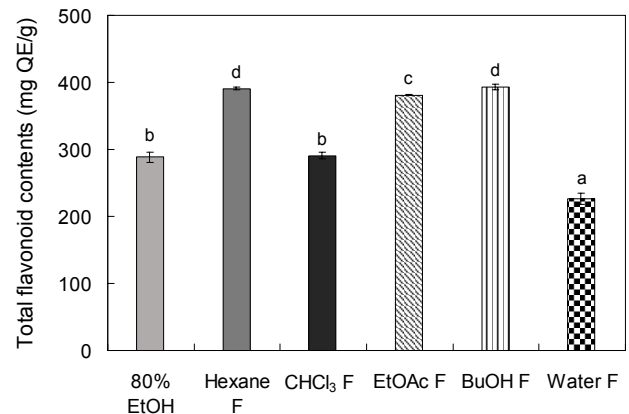
## 결과 및 고찰

### 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량

다양한 식물에 함유된 페놀성 물질은 한 분자 내에 2개 이상의 하이드록시기(-OH)를 포함하고 있어 단백질 또는 효소, 기타 거대분자들과 결합하는 성질을 가진다. 이러한 성질은 미생물의 세포에 작용하여 성장 저해를 유발해 항미생물 활성을 보여주며 항산화 효과로 이어지기도 한다(Lee 등, 2009). 폴리페놀의 한 종류인 플라보노이드는 과일 껍질, 채소 잎 및 다양한 식물의 꽃, 줄기, 뿌리, 씨앗 등에 광범위하게 존재하는 황색 계통의 색소(Choi 등, 2006)로 C6-C3-C6의 benzopyrone 기본골격을 가지고 있으며 대부분 당과 결합된 배당체 형태로 존재한다(Hertog 등, 1992). 강황 추출물 및 분획물에 대한 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량을 측정한 결과는 Fig. 1, Fig. 2와 같다. 총 폴리페놀 함량은 80% 에탄올 추출물에서 192.96 mg GAE/g이었고, 용매 분획물에서는 hexane > butanol > ethyl acetate > chloroform > water 순으로 각각 271.60, 269.59, 257.92, 188.54 및 159.47 mg GAE/g의 함량을 나타내어 hexane 분획물에서 가장 높은 함량을 나타냈다. 총 폴리페놀 함량이 가장 높은 hexane 분획물은 가장 낮은 water 분획물보다 약 1.7 배가량 증가하는 경향을 보였다. 총 플라보노이드 함량은



**Fig. 1.** Total phenolic contents in ethanol extracts and fractions from curcuma. The results represent mean  $\pm$  SD of values obtained from three dependent experiments. Gallic acid was used as a standard for measuring the total polyphenol content. Means with different letters (a-c) on the bars are significantly different by Duncan's multiple range test ( $P < 0.05$ ).

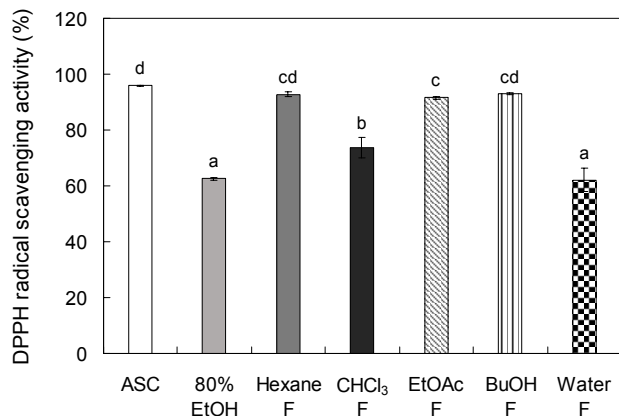


**Fig. 2.** Total flavonoid contents in ethanol extracts and fractions from curcuma. The results represent mean  $\pm$  SD of values obtained from three dependent experiments. Quercetin was used as a standard for measuring of the total flavonoid content. Means with different letters (a-d) on the bars are significantly different by Duncan's multiple range test ( $P < 0.05$ ).

80% 에탄올 추출물에서 288.25 mg QE/g이었고, 용매 분획물에서는 butanol > hexane > ethyl acetate > chloroform > water 순으로 각각 392.98, 390.74, 380.79, 290.90 및 226.36 mg QE/g으로 나타났다. Kim 등(2004)은 약용식물인 감초, 속단, 침에서 각각 55.35, 32.26 및 15.20 mg Ng/g의 플라보노이드를 함유하였다는 연구 결과를 보고하였는데, 본 연구 결과와 비교해볼 때 강황 에탄올 추출물 및 분획물은 상당히 많은 총 플라보노이드 화합물을 함유하고 있음을 알 수 있었다. 또한 일반적으로 ethyl acetone 또는 butanol로 추출하면 극성이 큰 플라보노이드나 배당체 등이 추출되는 것으로 알려져 있다(Kim과 Kim, 2015). Kang 등(2017)은 초석잠 용매별 추출물의 플라보노이드 함량을 측정한 결과 부탄올 추출물이 헥산, 클로로포름 및 물 추출물보다 함량이 높다고 보고하였고, 이 결과는 본 실험의 결과와 일치하였다.

### DPPH 라디칼 소거능

DPPH 라디칼 소거능은 비교 화학적으로 유도되는 organic nitrogen radical로 항산화 활성이 있는 물질과 만나면 매우 빠른 속도로 전자를 공여받아 안정한 화합물인 2,2-diphenyl-1-picryl hydrazine으로 전환되는데, 이때 짙은 보라색이 없어지는 특성이 있다(Thongchai 등, 2009). 강황 추출물 및 분획물에 대한 DPPH 라디칼 소거능을 측정한 결과는 Fig. 3과 같다. DPPH 라디칼 소거능은 80% 에탄올 추출물에서 62.60%였으며, 용매분획물에서는 butanol > hexane > ethyl acetate > chloroform > water 순으로 각각 93.05, 92.83, 91.57, 73.53, 62.07%로 나타났다. Kang 등(1995)의 연구에서 DPPH에 대한 라디칼 소거 활성은 페놀산, 플라보노이드 및 페놀성 화합물에 의해 기인한다고 하였는데, 본 연구에서도 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이

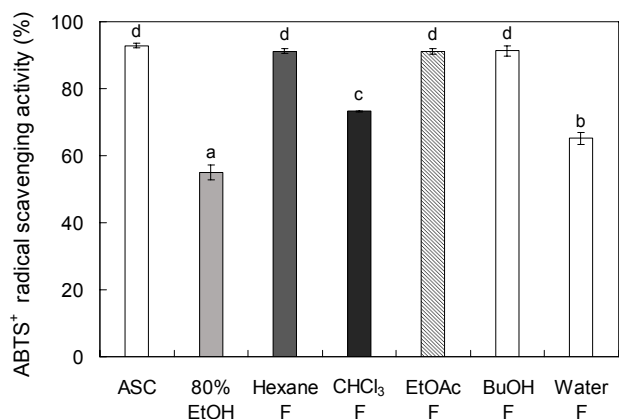


**Fig. 3.** DPPH radical scavenging activities in ethanol extracts and fractions from curcuma. The results represent mean±SD of values obtained from three dependent experiments. L-ascorbic acid (1,000 ppm) was used as a standard for measuring of the total flavonoid content and all test samples were measured at a concentraion of 1,000 ppm. Means with different letters (a-d) on the bars are significantly different by Duncan's multiple range test ( $P<0.05$ ).

높은 butanol과 hexane 분획물에서 높은 라디칼 소거 활성이 나타났다.

#### ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능

ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거 활성 측정은 potassium persulfate와 반응에 의해 생성된 ABTS<sup>+</sup> 자유라디칼이 시료 내의 항산화 물질에 의해 양이온이 제거되어 라디칼 특유의 청록색이 탈색되는 것을 이용한 방법이다(Choi 등, 2003). 강황 에탄올 추출물 및 분획물에 대한 ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거 활성의 변화를 측정된 결과는 Fig. 4와 같다. ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능

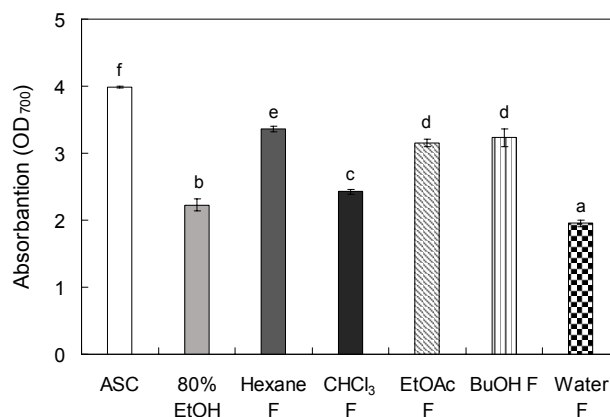


**Fig. 4.** ABTS<sup>+</sup> radical scavenging activities in ethanol extracts and fractions from curcuma. The results represent mean±SD of values obtained from three dependent experiments. L-ascorbic acid (1,000 ppm) was used as a standard for measuring of the total flavonoid content and all test samples were measured at a concentraion of 1,000 ppm. Means with different letters (a-d) on the bars are significantly different by Duncan's multiple range test ( $P<0.05$ ).

은 80% 에탄올 추출물에서 55.04%였으며, 용매분획물에서는 butanol> ethyl acetate> hexane> chloroform> water 순으로 각각 91.31, 91.19, 91.15, 73.25, 65.20%로 나타났다. Butanol, ethyl acetate, hexane에서 positive control인 ascorbic acid와 유사하게 높은 활성을 나타냈다. 또한 butanol 분획물에서 가장 높은 활성을 보였는데, 일반적인 천연 식물추출물에서 n-butanol과 같은 용매 분획층에서 항산화 활성이 강하게 나타나는 경우가 많다는 Im과 Lee (2011)의 보고와 일치하였다. 이상의 연구 결과를 종합해보면 butanol과 hexane이 강황의 항산화물질 추출을 위해 효과적인 것으로 판단된다.

#### 환원력

일반적으로 환원력은 시료에 존재하는 환원제, 즉 전자나 수소 이온을 전달할 수 있는 능력을 측정하는 것으로 반응 용액 중에 Fe<sup>3+</sup>를 Fe<sup>2+</sup>로 환원시키는 원리로 측정한다. 따라서 시료 중에 환원력을 가진 물질이 많이 존재한다면 Fe<sup>2+</sup>가 많이 생성되어 700 nm에서 흡광도가 상승하게 되며, 흡광도가 높게 나올수록 시료의 환원력이 우수하다고 판단할 수 있다(Cho 등, 2008). 강황 에탄올 추출물 및 분획물에 대한 환원력의 변화를 측정된 결과는 Fig. 5와 같다. 80% 에탄올 추출물에서 흡광도는 2.23, hexane, butanol, ethyl acetate 추출물에서 흡광도는 각각 3.36, 3.24, 3.15로 positive control인 ascorbic acid와 유사하게 높은 환원력을 나타내었다. 기존의 연구 결과(Jo 등, 2010)를 살펴보면 DPPH 라디칼 소거 활성이나 ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거 활성과 비슷한 경향을 보이는 것으로 보고되고 있으며 본 실험의 결과와도 일치하는 경향을 보였다. 환원력은 화합물의 전자 전달 능력과 관련 있는 것으로 보고되어 있으며 항산화 활성을 나타내는 것으로 알려져 있다(Demir 등, 2009).



**Fig. 5.** Reducing power in ethanol extracts and fractions from curcuma. The results represent mean±SD of values obtained from three dependent experiments. L-ascorbic acid (1,000 ppm) was used as a standard for measuring of the total flavonoid content and all test samples were measured at a concentraion of 1,000 ppm. Means with different letters (a-f) on the bars are significantly different by Duncan's multiple range test ( $P<0.05$ ).

## 요 약

본 연구는 강황의 추출용매에 따른 활성산소종 방어를 위한 항산화 활성을 확인하기 위해 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량과 라디칼 소거능, 환원력을 측정하였다. 총 폴리페놀 함량은 80% 에탄올 추출물 192.96 mg GAE/g으로 나타났다으며, hexane 분획물은 271.60 mg GAE/g으로 다른 분획물보다 높은 함량을 나타내었다. 또한 총 플라보노이드 함량도 butanol, hexane 분획물에서 392.98, 390.74 mg QE/g으로 높은 함량을 나타내었다. DPPH 라디칼 소거능과 ABTS 라디칼 소거능의 경우 butanol 분획물이 각각 93.05와 91.31%로 대조군인 ascorbic acid와 유사한 소거능을 나타내었다. 환원력 측정 결과에서도 butanol 분획물에서 높은 활성을 나타내었다. 연구 결과를 통해 80% 에탄올 추출물과 용매 분획물 중 butanol 분획물이 다량의 페놀성 화합물을 함유하고 있으며 *in vitro* 항산화 활성이 우수하다는 것을 확인하였다. 따라서 본 연구의 결과는 강황을 기능성 식품 개발 원료로 활용하는 데 기초자료가 될 것으로 기대하며, 향후 추가 연구를 통해 기능성 식품 소재로의 활용이 가능할 것으로 판단된다.

## REFERENCES

- Atoui AK, Mansouri A, Boskou G, et al. Tea and herbal infusions: Their antioxidant activity and phenolic profile. *Food Chem.* 2005. 89:27-36.
- Bae SM, Kim JH, Cho CW, et al. Effect of microwave treatment on the antioxidant activity of rice processed by-products. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2001. 30:1026-1032.
- Blois MA. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature.* 1958. 181:1199-1200.
- Brannen AL. Toxicology and biochemistry of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene. *J Am Oil Chem Soc.* 1975. 52:59-63.
- Cho SY, You BJ, Chang MH, et al. Screening for the antioxidants in unused marine resources by the polarographic method. *Korean J Food Sci Technol.* 1994. 26:417-421.
- Cho WG, Han SK, Sin JH, et al. Antioxidant of heating pork and antioxidative activities of *Rubus coreanus* Miq. extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2008. 37:820-825.
- Choe SY, Yang KH. Toxicological studies of antioxidants, butylated hydroxytoluene (BHT) and butylated hydroxyanisole (BHA). *Korean J Food Sci Technol.* 1982. 14:283-288.
- Choi JH, Lee EY, Kim JS, et al. Physiological activities according to cultivars and parts of Ulsan pear. *J Korean Soc Appl Biol Chem.* 2006. 49:43-48.
- Choi SI, Lee YM, Heo TR. Screening of hyaluronidase inhibitory and free radical scavenging activity *in vitro* of traditional herbal medicine extracts. *Korean J Biotechnol Bioeng.* 2003. 18:282-288.
- Cort WM. Antioxidant activity of tocopherols, ascorbyl palmitate, and ascorbic acid and their mode of action. *J Am Oil Chem Soc.* 1974. 51:321-325.
- Demir H, Açık L, Bali EB, et al. Antioxidant and antimicrobial activities of *Solidago virgaurea* extracts. *Afr J Biotechnol.* 2009. 8:274-279.
- Dröge W. Free radicals in the physiological control of cell function. *Physiol Rev.* 2002. 82:47-95.
- Folin O, Denis W. A colorimetric method for the determination of phenols (and phenol derivatives) in urine. *J Biol Chem.* 1915. 22:305-308.
- Gardner PR, Fridovich I. Superoxide sensitivity of the *Escherichia coli* aconitase. *J Biol Chem.* 1991. 266:19328-19333.
- Halliwell B. Antioxidants in human health and disease. *Annu Rev Nutr.* 1996. 16:33-50.
- Hertog MGL, Hollman PCH, Venema DP. Optimization of a quantitative HPLC determination of potentially anticarcinogenic flavonoids in vegetables and fruits. *J Agric Food Chem.* 1992. 40:1591-1598.
- Im DY, Lee KI. Antioxidative and antibacterial activity and tyrosinase inhibitory activity of the extract and fractions from *Taraxacum coreanum* Nakai. *Korean J Medicinal Crop Sci.* 2011. 19:238-245.
- Jo JE, Kim KH, Yoon MH, et al. Quality characteristics and antioxidant activity research of *Halocynthia roretzi* and *Halocynthia aurantium*. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2010. 39: 1418-1486.
- Kang JR, Kang MJ, Shin JH, et al. Antioxidant and antidiabetic activities of various solvent extracts from *Stachys sieboldii* Miq.. *Korean J Food Preserv.* 2017. 24:615-622.
- Kang YH, Park YK, Oh SR, et al. Studies on the physiological functionality of pine needle and mugwort extracts. *Korean J Food Sci Technol.* 1995. 27:978-984.
- Kim CE, Park ES, Jeon YH. Curcumin attenuates chronic constriction nerve injury-induced neuropathic pain in rats. *Korean J Medicinal Crop Sci.* 2008. 16:183-187.
- Kim EJ, Kim MH. Antioxidant activity of solvent fraction from broccoli sprouts cultivated at the plant factory system. *Korean J Food Nutr.* 2015. 28:1-8.
- Kim EY, Baik IH, Kim JH, et al. Screening of the antioxidant activity of some medicinal plants. *Korean J Food Sci Technol.* 2004. 36:333-338.
- Kim KS, Choung MG, Park SH. Quantitative determination and stability of curcuminoid pigments from turmeric (*Curcuma longa* L.) root. *Korean J Crop Sci.* 2005. 50(S):211-215.
- Kim SK, Lee HJ, Kim MK. Effect of water and ethanol extracts of persimmon leaf and green tea different condition on lipid metabolism and antioxidative capacity in 12-month-old rats. *Korean J Nutr.* 2001. 34:499-512.
- Lee CE, Jeong HH, Cho JA, et al. *In vitro* and *in vivo* anti-oxidative and anti-inflammatory activities of *Acer tegmentosum* Maxim extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2017. 46:1-9.
- Lee SH, Kang KM, Park HJ, et al. Physiological characteristics of medicinal plant extracts for use as functional materials in seasoning sauce for pork meat. *Korean J Food Sci Technol.* 2009. 41:100-105.
- Lee YC, Hwang KH, Han DH, et al. Compositions of *Opuntia ficus-indica*. *Korean J Food Sci Technol.* 1997. 5:847-853.
- Morrissey PA, O'Brien NM. Dietary antioxidants in health and disease. *Int Dairy J.* 1998. 8:463-472.
- Papa S, Skulachev VP. Reactive oxygen species, mitochondria, apoptosis and aging. *Mol Cell Biochem.* 1997. 174:305-319.
- Park BH, Cho HS, Kim DH. Antioxidative effects of solvent extracts of *Lycii fructus* powder (LFP) and *Maejagkwa* made with LFP. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2005. 34:1314-1319.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med.* 1999. 26:1231-1237.
- Sharma RA, Gescher AJ, Steward WP. Curcumin: The story so far. *Eur J Cancer.* 2005. 41:1955-1968.
- Singh M, Singh N. Curcumin counteracts the proliferative effect

- of estradiol and induces apoptosis in cervical cancer cells. *Mol Cell Biochem.* 2011. 347:1-11.
- Suh HJ, Kim YS, Park S, et al. Antioxidant and antibacterial activities of hot water and enzyme extracts from plants containing tannin pigments. *Korean J Food Preserv.* 2019. 26: 667-672.
- Thongchai W, Liawruangrath B, Liawruangrath S. Flow injection analysis of total curcuminoids in turmeric and total antioxidant capacity using 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl assay. *Food Chem.* 2009. 112:494-499.
- Willcox JK, Ash SL, Catignani GL. Antioxidants and prevention of chronic disease. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2004. 44:275-295.
- Wong JY, Chye FY. Antioxidant properties of selected tropical wild edible mushrooms. *J Food Compos Anal.* 2009. 22:269-277.
- Yu BP. Aging and oxidative stress: Modulation by dietary restriction. *Free Radic Biol Med.* 1996. 21:651-668.