

연자육 추출물의 항산화 및 미백 활성 평가

황수현¹ · 김교남^{2*}

¹경남대학교 대학원 건강과학과 석사과정, ²경남대학교 제약공학과 교수

Antioxidant and Whitening Effects of Lotus (*Nelumbo nucifera*) Seeds Extract through Tyrosinase Inhibition

Su-Hyeun Hwang¹ and Gyo-Nam Kim^{2*}

¹Master Student, Dept. of Health Science, Kyungnam University, Changwon 51767, Republic of Korea

²Professor, Dept. of Pharmaceutical Engineering, Kyungnam University, Changwon 51767, Republic of Korea

ABSTRACT

This study examined whether the ethanol extract of lotus (*Nelumbo nucifera*) seeds (EL) has potential use functional food materials. Its antioxidant effect was evaluated by measuring its DPPH radical scavenging activity and reduction potential. In addition, its whitening activity was evaluated through its ability to inhibit tyrosinase, which binds to L-DOPA and contributes to melanin formation in the initial stage of melanogenesis. The EL treatment exhibited a dose-dependent increase in the total phenolic assay, DPPH radical scavenging, and reduction potential. The total phenolic content of EL at concentrations of 100, 250, 500, 750, and 1,000 µg/mL was measured as 4.32, 9.92, 18.42, 25.02, and 29.67 GAE µg/mL, respectively. The DPPH radical scavenging assay indicated inhibition of 4.28%, 9.56%, 11.02%, 24.77%, and 37.28% for the EL treatment at concentrations of 1, 5, 10, 25, and 50 µg/mL, respectively, compared to the control (no treatment). Furthermore, the reduction potential of EL was 0.79, 3.92, 8.11, 20.88, and 33.48 µM at concentrations of 1, 5, 10, 25, and 50 µg/mL, respectively. The whitening effect of the EL treatment showed inhibitory activities of 18.88%, 25.48%, 41.21%, 69.87%, and 89.65%. These results suggest EL could be used as a functional food material because of its antioxidant activity.

Key words: lotus (*Nelumbo nucifera*) seeds, antioxidant, whitening activity, natural product, functional foods

서론

생활습관의 변화와 의학의 발달 등에 따라 평균수명이 증가하고 고령화 사회로 진입하면서 항노화에 대한 관심이 점차 높아지고 있다(Lee JE & Park SY 2019). 인간은 나이가 들어감에 따라 신체의 생물학적 기능과 스트레스에 대한 적응력이 감소하는 현상으로 알려진 노화가 진행되게 된다(Pyo YH 등 2018). 노화가 진행되면서 생체 내에서는 효과적으로 활성산소를 제거할 수 있는 방어 시스템이 약화되고, 이렇게 발생된 과량의 활성산소는 노화로 인해 신체의 산화환원 균형을 무너뜨려 여러 질환의 원인이 된다(Kim JH 등 2005; Park KA 2021).

최근에는 웰빙(well-being) 및 건강에 대한 관심이 점차 높아지고 있으며, 안전성이 확보된 천연물 소재를 활용하여 다양한 건강식품이 개발되고 있으며, 이의 과학적 근거를 확보하고자 하는 연구들이 활발히 수행되고 있다(Chung KH 등

2014). 이와 같이 고령화 및 노화 방지뿐만 아니라 건강, 체력증진에 있어 천연물을 소재를 기반의 다양한 건강식품이 요구되고 있으며, 여러 기능을 가진 다양한 건강 기능성 식품 소재에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다(Jeong SC 등 2013). 이러한 건강 기능성 소재와 관련이 깊은 항산화 물질로는 식물계에 널리 분포되어 있는데 식물의 잎, 과일, 뿌리, 열매 그리고 씨앗 등의 모든 부분에는 페놀화합물이 존재하며 이는 라디칼의 활성을 저해 및 유리 라디칼의 생성 지연을 통해 항산화 물질로서 역할을 하며(Lee HS & Jang MS 2005), 특히 과일과 채소에는 많은 토코페롤, ascorbic acid 그리고 셀레늄 등과 같이 노화를 지연시키거나 지방의 산화를 방지하는 항산화제 역할을 한다(Block G & Langseth L 1994). 이러한 건강 기능성 식품의 소재는 국내외에서 연구되는 소재 이외에도 국내에서 재배되는 고유자원 즉 약용식물, 농식품 등의 대상으로 하여 기능성 소재로서의 탐색과 평가에 대한 노력이 이루어져야 할 것으로 보인다(Kim SO 2013).

연(*Nelumbo nucifera* Gaertn)은 아시아 전역에서 재배되

* Corresponding author : Gyo-Nam Kim, Tel: +82-55-249-6330, Fax: +82-505-999-2104, E-mail: gnkim@kyungnam.ac.kr

는 수련과(*Nymphaeaceae*)에 속하는 여러해살이 수생식물로서 부엽식물에 속하는 쌍떡잎식물로서(Lee KS & Lee KY 2011), 연의 잎은 하엽, 뿌리를 연근, 연의 종자를 연밥 또는 연자육이라 부르며 부위에 따라 예전부터 식용 및 약용으로 널리 이용되어 왔다(Yuk CS 1990). 일반적으로 잎과 뿌리는 식품으로 사용되어 왔으며(Kim SB 등 2005), 잎은 어혈 치료, 야뇨증 그리고 해독작용 등에 효능이 있다고 보고된 바 있다(Yuk CS 1990; Lee KS & Lee KY 2011). 연자육은 flavonoid와 alkaloid 물질이 함유되어 항산화 활성에 있어 탁월하며(Park JH 등 2010), 심혈관 질환에 효과를 가지며, 비장과 신장 보호에도 탁월한 효과를 나타낸다. 이외에도 연자육 관한 연구로는 항균(Mukherjee PK 2002), 항우울(Lee JW 등 2006) 그리고 항당뇨(Mukgejee PK 등 1995) 등이 보고되어 있지만, 연자육의 미용 기능성에 대한 연구는 부족한 실정이다.

이에 본 연구는 연자육 추출물을 통한 여러 항산화 측정 실험을 통해 항산화 활성을 측정하고, *in vitro* 상의 tyrosinase 활성 억제 효과를 측정하여 미백 효과를 확인함으로써 향후 연자육이 차와 한약 소재 이외도 기능성 식품의 천연 물질 소재로서의 적용 가능성을 밝히고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험재료 및 시약

본 실험에 사용된 연자육은 광우약품(Changwon, Korea)에서 구입하여 사용하였다. 항산화 활성 측정에 필요한 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl(DPPH), ascorbic acid와 환원력 측정에 필요한 copper(II) chloride, neocuproine과 총 폴리페놀 함량을 측정에 필요한 folin-ciocalteu phenol reagent, Na₂CO₃, gallic acid와 tyrosinase 저해 활성 측정에 필요한 sodium phosphate monobasic dehydrate, sodium phosphate dibasic, L-tyrosine, mushroom tyrosinase 그리고 arbutin은 Sigma-Aldrich Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다. 또한, 추출물을 희석하기 위해 사용한 dimethyl sulfoxide(DMSO)는 Junsei Chemica Co., Ltd.(Chuo-ku, Tokyo)에서 구입하였고, 실험 과정에서 사용한 에탄올과 환원력 측정에 사용되는 potassium phosphate monobasic과 potassium phosphate dibasic anhydrous는 Daejung Chemicals & metals Co., Ltd.(Siheung,

Korea)에서 구입하였다.

2. 연자육 추출물의 제조

연자육은 열풍건조기(HSED-1.5, Hansung Industrial Co., Ltd, Iksan, Korea)에서 60℃에서 수분함량이 20±1%에 도달할 때까지 건조를 실시하였다. 건조된 연자육 8 g에 70%(v/v) 에탄올을 넣고 85±2℃에서 3 hr 동안 추출기(MS-DM609, Misung, Seoul, Korea)를 이용하여 환류 추출한 후 53 µm 체 필터 및 Whatman No.1 여과지로 필터링하여 50℃에서 감압 농축(N-1001s-W, EYELA, Tokyo, Japan) 하였다. 그 후 -20℃에서 보관 후 실험에 사용하였다. 연자육 70%(v/v) 에탄올 추출물은 EL(ethanol extract of louts seeds)로 명명하였으며, 연자육 추출물의 수율(% w/w)은 추출 전 연자육 시료 60.004 g에 대한 동결건조 후 연자육 건조시료 8 g을 백분율로 나타냈을 때 EL은 13.33%(w/w-dried louts seeds weight)의 추출 수율을 나타냈다(Table 1). Ahn SM 등(2018)은 분쇄한 연자육에 10배의 증류수를 가하고 열수 추출을 수행하였을 때 13.1%의 추출 수율을 보고하였다. 따라서, 연자육의 추출에 있어 물 및 에탄올 등 용매에 따른 추출 수율의 차이는 크지 않지 않은 것으로 사료된다.

3. 총 폴리페놀 함량 측정

EL의 총 폴리페놀 함량은 Gutfinger T(1981)의 방법을 일부 변형하여 분석하였다. Micro centrifuge tube에 EL을 농도 별로 각각 200 µL, 94.5%(v/v) 에탄올 200 µL, 증류수 1,000 µL를 넣고, 이 혼합용액에 50%(v/v) Folin-Ciocalteu phenol reagent(FCP) 100 µL를 첨가하여 상온에서 5 min 반응시킨다. 이후 5%(w/v) Na₂CO₃ 200 µL씩 가하고 1 hr 암반응 시킨 후 혼합용액을 vortexing 후 96-well plate에 200 µL씩 분주하여 microplate reader(Molecular Devices Tunable Microplate Reader VersaMax, BaneBio, Sunnyvale, CA, USA)를 사용하여 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 폴리페놀 함량은 gallic acid(GA)를 사용하여 나타낸 표준농도 곡선 $y=0.0471x-0.0465$ 에 대입 후 환산하여 GA 당량(µg GAE/mL)으로 나타내었다.

4. DPPH 라디칼 소거 활성 평가

EL의 항산화 활성을 평가하기 위하여 2,2-diphenyl-1-

Table 1. The extraction yield of EL

Name	Part	Extraction solvent	Extraction yield (% w/w-dry weight)
<i>Nelumbo nucifera</i>	Seeds	70% Ethanol	13.33

EL: Ethanol extract of lotus (*Nelumbo nucifera*) seeds.

picryl-hydrazyl(DPPH) 라디칼 소거 활성을 측정하고 양성대조군으로 ascorbic acid와 비교하였다. 94%(v/v) 에탄올에 용해한 200 µM의 DPPH 190 µL와 DMSO에 희석한 EL을 1, 5, 10, 25 그리고 50 µg/mL 농도(% , v/v)로 단계 희석하여 각각 10 µL를 넣고 30 min 동안 incubation 후 microplate reader (Molecular Devices Tunable Microplate Reader VersaMax, BaneBio, Sunnyvale, CA, USA) 사용하여 517 nm의 흡광도를 측정하였다. 대조군은 94%(v/v) 에탄올에 용해한 200 µM의 DPPH 190 µL에 DMSO 10 µL를 첨가하였고, DPPH 라디칼 소거능은 아래의 방법으로 계산하였다. 천연 항산화 물질로 잘 알려진 양성대조군 ascorbic acid 또한 1, 5, 10, 25 그리고 50 µg/mL 농도로 단계 희석하여 비교하였다.

$$\text{DPPH 라디칼 소거능 (\%)} = \frac{\text{EL 처리군의 흡광도}}{\text{대조군의 흡광도}} \times 100$$

5. 환원력 평가

EL의 환원력은 copper ion을 이용하여 측정하였다. 증류수에 녹인 100 µM의 CuCl₂ 용액 20 µL, 10 mM potassium phosphate buffer(pH 7.41) 60 µL, 0.625 mM의 neocuproine 용액 80 µL 그리고 EL을 각각의 농도에 맞게 40 µL를 96-well plate에 분주한 후 실온에서 1 hr 동안 반응시켰다. 이때 EL의 농도는 1, 5, 10, 25 그리고 50 µg/mL 농도로 단계 희석하여 사용하였다. 이후 반응이 끝난 후 microplate reader (Molecular Devices Tunable Microplate Reader VersaMax, BaneBio, Sunnyvale, CA, USA)를 사용하여 454 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조군으로는 100 µM의 CuCl₂ 용액 20 µL, 10 mM potassium phosphate buffer(pH 7.41) 60 µL, 0.625 mM의 neocuproine 용액 80 µL 그리고 공시료액은 EL 대신 DMSO 40 µL를 첨가하였다. 양성대조군으로는 ascorbic acid를 사용하였으며 농도는 1, 5, 10, 25 그리고 50 µg/mL로 단계 희석해 사용하였다. 환원력 계산 방법은 copper(I)/neocuproine의 extinction coefficient($7.95 \times 10^3 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$)를 사용하여 454 nm의 흡광도에서 계산된 copper(I)의 농도로서 결과값을 나타내었다.

6. Tyrosinase 저해 활성

EL의 미백 활성을 평가하기 위해 tyrosinase 저해 활성을 측정하였으며, 양성대조군으로는 tyrosinase 저해 활성이 우수한 미백 소재인 arbutin과 비교하였다. 96-well plate에 0.1 M sodium phosphate buffer(pH 6.5) 220 µL, EL의 10, 50, 100, 200 그리고 400 µg/mL 농도로 단계 희석하여 20 µL를 분주하고, 0.1 M sodium phosphate buffer(pH 6.5) 220 µL,

1.5 mM L-tyrosine 40 µL 그리고 EL을 1, 5, 10, 25 그리고 50 µg/mL 농도로 단계 희석하여 20 µL를 분주 후 tyrosinase (1,500 U) 20 µL를 첨가하였다. 이후 빛을 차단하여 15 min incubation 후 반응시켰다. 반응 후 microplate reader(Molecular Devices Tunable Microplate Reader VersaMax, BaneBio, Sunnyvale, CA, USA)를 사용하여 490 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조군으로는 0.1 M sodium phosphate buffer(pH 6.5) 220 µL, 1.5 mM L-tyrosine 40 µL, 공시료액은 DMSO 20 µL 그리고 mushroom tyrosinase(1,500 U) 20 µL를 넣고 반응시켰다. Tyrosinase 저해 활성에 대한 결과값은 아래의 방법으로 계산하였다.

$$\text{Tyrosinase 저해 활성 (\%)} = \frac{\text{EL 처리군의 흡광도}}{\text{대조군의 흡광도}} \times 100$$

7. 통계분석

실험에 나타난 모든 실험 결과는 평균±표준편차로 표현하였으며, 통계처리는 SPSS software 18 ver.(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 분석하였다. 일원 배치 분산분석(one-way ANOVA)을 통해 그룹 간의 유의성을 평가하였고, 사후검증은 Duncan's test 방법을 통하여 각 구간의 유의성 차이를 검증하였다($p < 0.05$).

결과 및 고찰

1. 연자육 추출물의 총 폴리페놀 함량 측정

식물의 잎, 과일, 뿌리, 열매 그리고 씨앗 등에 분포하고 있는 폴리페놀 화합물은 다양한 생리활성을 나타내고 있어 페놀화합물 물질과 항산화 활성 간의 작용 관계에 있어 많은 연구들이 진행되어왔다(Hwang CR 등 2011). 이러한 폴리페놀 화합물로는 flavonoids, catechins, anthocyanins, 그리고 resveratrols 등이 있으며(Dai J & Mumper RJ 2010), 용매에 따른 용해도가 다르며 구조적인 차이에 의해 과산화 지질 생성 억제와 같은 생화학적 활성을 나타낸다고 알려져 있다(Middleton E & Kandaswami C 1994). EL의 총 폴리페놀 함량은 Fig. 1과 같다. EL을 100, 250, 500, 750 그리고 1,000 µg/mL의 농도로 하여 실험하였을 때 4.32, 9.92, 18.42, 25.02 그리고 29.67 µg GAE/mL의 함량을 나타내었다. 식물계의 폴리페놀 화합물은 식물의 고유한 색을 부여하며, phenolic hydroxyl기를 갖기에 단백질 등과 결합하는 성질을 가지며(Lee SO 등 2005), 이를 통해 고분자 화합물과 쉽게 결합하여 항산화, 항염증 그리고 항균 등 여러 생리활성을 나타낸 것으로 보고되어 있다(Kang MA 등 2010). 최근에는 폴리페

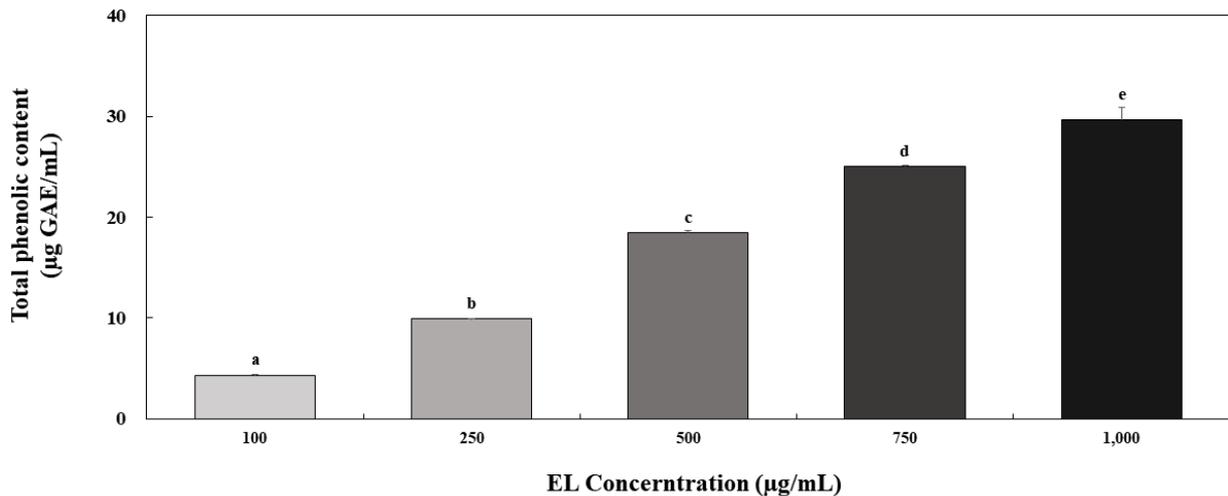


Fig. 1. Total phenolic content of EL was analyzed.

The total phenolic of EL was evaluated at 100, 250, 500, 750 and 1,000 µg/mL in this experiment. Different corresponding letters indicate significant differences by Duncan's test ($p < 0.05$).

놀 화합물이 가지는 다양한 건강 기능성을 확인하고, 새로운 기능성 식품의 소재로서의 활용 가능성과 효능에 대한 연구가 진행되고 있다(Lee SO 등 2005; Ryu MJ 등 2010). 이 연구에서 EL의 에탄올 추출물에 함유하는 폴리페놀 성분을 확인하였고, 이러한 성분은 라디칼 소거에 관여하여 항산화 효능을 나타낼 수 있음을 시사한다.

2. 연자육 추출물의 DPPH 라디칼 소거 활성 측정

항산화 활성을 측정하는 여러 가지 방법이 존재하나 DPPH 라디칼 소거 활성은 측정에 있어 방법이 간단하며 대량 측정

과 비교적 짧은 시간 내에 항산화 활성을 측정할 수 있다는 이점을 가지고 있어 널리 사용되고 있다(Que F 등 2006). EL의 항산화 활성을 평가하고 비교하기 위해 DPPH 라디칼 소거 활성을 통해 실험을 진행하였으며 결과는 Fig. 2와 같다. 연자육 추출물 EL의 DPPH 라디칼 소거 활성을 측정한 결과, 1, 5, 10, 25 그리고 50 µg/mL 농도에서 대조군에 대비하여 4.28%, 9.56%, 11.02%, 24.77% 그리고 37.28%로 농도의존적으로 DPPH 라디칼 소거 활성이 증가하였다. 양성대조군인 ascorbic acid은 1, 5, 10, 25 그리고 50 µg/mL의 농도에서 7.82%, 33.15%, 43.59%, 61.05% 그리고 71.09%의 DPPH

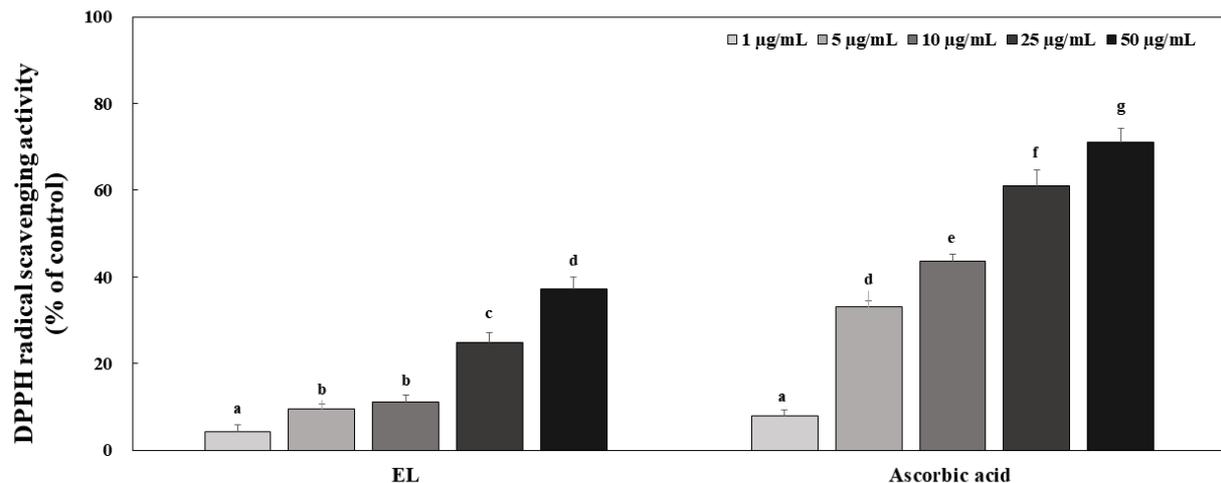


Fig. 2. Anti-oxidant activities of EL and ascorbic acid examined by DPPH radical scavenging activity.

The DPPH radical scavenging activities of EL and ascorbic acid were evaluated at concentrations of 1, 5, 10, 25 and 50 µg/mL in this experiment.

Different corresponding letters indicate significant differences by Duncan's test ($p < 0.05$).

라디칼 소거 활성을 나타냈다. EL의 50 $\mu\text{g/mL}$ 의 농도와 ascorbic acid의 5 $\mu\text{g/mL}$ 의 농도에서 유사한 DPPH 라디칼 소거 활성을 나타내었다. 라디칼 소거는 생체 내에서 발생하는 불안정한 유리기를 안정화하는 역할을 하며, 생체의 생리 작용이나 산화작용을 통해 발생하는 수산화 라디칼 등을 제거함으로써 항산화 능력을 측정할 때 사용하는 지표로 사용되며, 높은 값을 나타낼수록 항산화 활성이 높다고 평가된다 (Kim HK 등 2002; Canadanovic-Brunet JM 등 2005). Park SJ 등(2017)은 아가위 열매 에탄올 추출물의 DPPH 라디칼 소거능은 50 $\mu\text{g/mL}$ 의 농도에서 19.26%의 DPPH 라디칼 소거능을 보고하였다. 따라서 EL은 다른 약용식물에 비교하였을 때 높은 수준의 DPPH 라디칼 소거 활성을 나타냄으로 자유 라디칼에 대한 우수한 항산화 효과를 갖는다고 사료된다.

3. 연자육 추출물의 환원력 측정

본 실험에서 copper(II) 이온을 통한 reduction potential assay 결과를 나타내었으며(Fig. 3), EL의 흡광도 수치는 시료의 환원력을 나타낸 것으로 높은 흡광도 수치를 나타낼수록 높은 환원력을 가짐을 알 수 있다. 환원력은 전자를 활성 산소종 및 유리기에 공여하는 능력으로 항산화 활성에 있어 중요한 인자로 작용한다(Re R 등 1999). 1, 5, 10, 25, 50 $\mu\text{g/mL}$ 농도의 EL은 0.79, 3.92, 8.11, 20.88 그리고 33.48 μM 농도로 copper(II) 이온을 copper(I) 이온으로 농도 의존적으로 환원하였다. 양성대조군 또한 농도 의존적으로 copper(II) 이온을 copper(I) 이온으로 환원시켰으며, 환원된 농도는 1.16, 5.10, 8.99, 22.99 그리고 43.22 μM 농도를 나타내었다. 같은 농도에서 EL과 ascorbic acid를 비교하였을 때, 각 농도

에서 EL과 ascorbic acid가 copper(I) 이온으로 환원시킨 농도가 유의적인 차이가 없었으며 이는 EL이 항산화제로 잘 알려진 ascorbic acid와 유의적인 항산화 활성을 가지고 있음을 의미한다. 연자육과 같이 폴리페놀 함량이 풍부한 천연 페놀성 물질은 유리 라디칼에 전자 원자를 공여하여 산화를 억제하여 인체 내의 노화를 방지하는 데 중요한 역할을 한다 (Lee KD 등 1997). 따라서 EL의 주요한 항산화 활성은 copper(II)을 copper(I)으로 변환시키는 결과에서 알 수 있듯이 환원력이 EL의 항산화 활성에 중요하게 작용할 것이라 생각된다.

4. 연자육 추출물의 Tyrosinase 저해 활성

멜라닌 합성에 있어 tyrosinase 효소는 처음 두 단계에서 핵심적인 효소로 작용하며 tyrosinase를 효과적으로 억제하는 것은 미백 활성에 있어 중요한 기전 중 하나이다. 이 두 단계는 첫째, 수산화 된 L-tyrosine이 3,4-dihydroxyphenylalanine(DOPA)으로 전환되는 단계이며 두 번째는 DOPA를 도파퀴논으로 산화시키는 단계이다(Di Petrillo A 등 2016). Tyrosinase 저해에 높은 활성을 나타내는 유효물질로는 arbutin, kojic acid 그리고 ascorbic acid 등이 있지만 안정성 등의 문제로 최근에는 천연 물질에서 tyrosinase 작용을 억제하는 물질을 분리하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다 (Jung SW 등 1995). 10, 50, 100, 200 그리고 400 $\mu\text{g/mL}$ 농도에서 EL의 tyrosinase 저해 활성을 측정된 결과, 대조군 대비 각각 18.88%, 25.48%, 41.21%, 69.87% 그리고 89.65%의 저해 활성을 보였다. 양성대조군인 arbutin의 tyrosinase 저해 활성을 측정된 결과, EL과 동일한 농도에서 각각 -1.46%,

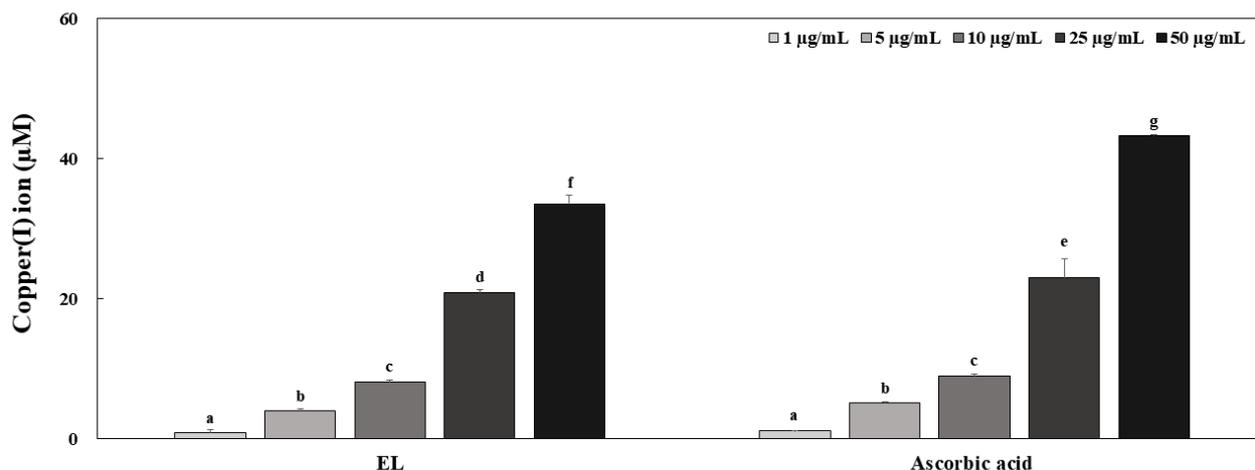


Fig. 3. Copper (II) reduction activities of EL and ascorbic acid, the copper (II) reduction activities of EL and ascorbic acid were evaluated at concentrations of 1, 5, 10, 25 and 50 $\mu\text{g/mL}$ in this experiment.

Different corresponding letters indicate significant differences by Duncan's test ($p < 0.05$).

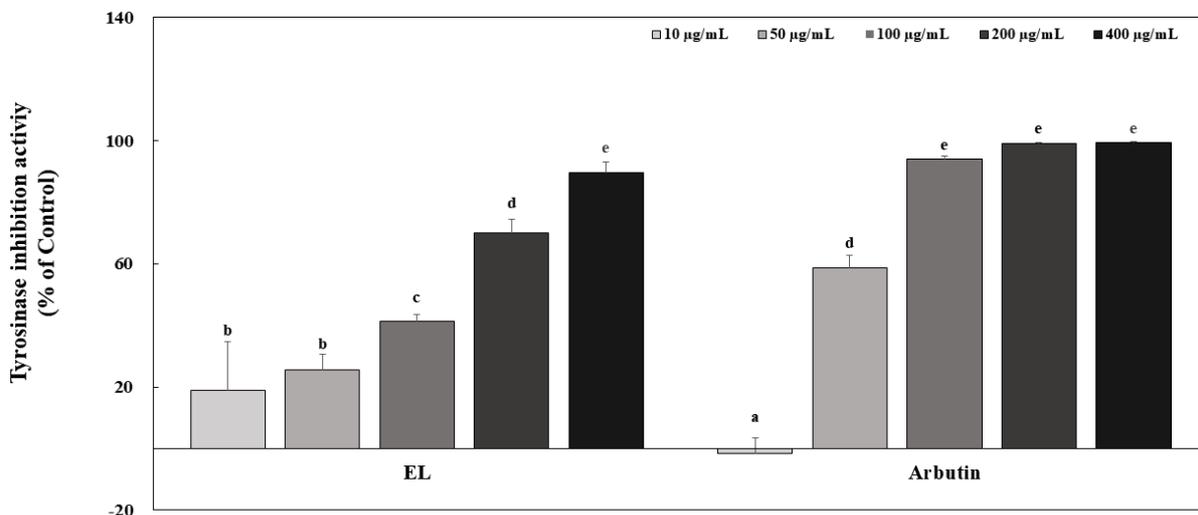


Fig. 4. Inhibitory activities of EL and arbutin on tyrosinase.

The whitening effects of EL and arbutin were evaluated at concentrations of 10, 50, 100, 200 and 400 µg/mL in this experiment. Different corresponding letters indicate significant differences by Duncan's test ($p < 0.05$).

58.61%, 93.91%, 99.15% 그리고 99.37%의 tyrosinase 저해 활성을 나타냈다(Fig. 4). 각 농도별 EL과 arbutin의 tyrosinase 저해 활성을 비교하였을 때, 10 µg/mL의 농도를 제외하고 EL이 arbutin에 비해 낮은 활성을 나타내지만, 가장 높은 농도 400 µg/mL에서는 거의 유사한 tyrosinase 저해 활성을 나타냈다. 그러나 멜라닌 합성 과정에 있어 tyrosinase 뿐만 아니라 tyrosinase related protein-1(TRP-1) 그리고 tyrosinase related protein-2(TRP-2) 등과 같은 멜라닌 과정에서의 중요한 조절 인자의 단백질을 이용하여 멜라닌 합성 억제에 대한 연구가 이루어지고 있다(Parvez S 등 2006). 따라서 향후 연구에서는 tyrosinase 활성 억제뿐만 아니라 멜라닌 합성에 관여하는 중요 인자에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

요 약

본 연구에서는 연자육 에탄올 추출물 EL을 제조하고 이의 총 폴리페놀 함량, DPPH 라디칼 소거 활성 그리고 환원력을 측정하였다. 또한, 멜라닌 형성 과정에서 초기 속도 조절에 관여하고, 멜라닌 생성에 있어 중요하게 작용하는 효소인 tyrosinase 저해 활성을 통해 미백 활성을 평가하였다. EL의 총 폴리페놀 함량은 농도가 증가함에 따라 증가하였으며 농도 의존적으로 DPPH 라디칼을 소거하였고, copper(II) 이온에서 copper(I) 이온으로의 환원력 또한 높은 수준을 나타냈다. 게다가 400 µg/mL 농도의 EL은 미백 활성 평가에서 미백 소재로 잘 알려진 arbutin과 유사한 높은 수준의 미백 활성을 나타내었다. 이러한 결과를 바탕으로 연자육의 강한 항

산화 효과와 향후 추가적인 미백 활성 평가를 통해 이너뷰티와 바이오 기능성 식품의 소재로서의 가능성을 시사한다.

REFERENCES

- Ahn SM, Sung HJ, Kim JS, Park JY, Sohn HY (2018) Anti-thrombotic activities of hot-water extracts prepared from various parts of *Nelumbo nucifera* Gaertner. *J Life Sci* 28(10): 1156-1162.
- Block G, Langseth L (1994) Antioxidant vitamins and disease prevention. *Food Technol* 48(7): 80-84.
- Canadanovic-Brunet JM, Djilas SM, Cetkovic GS, Tumbas VT (2005) Free-radical scavenging activity of wormwood (*Artemisia absinthium* L.) extracts. *J Sci Food Agric* 85(2): 265-272.
- Chung KH, Jo HJ, Yoon JA, Song BC, An JH (2014) Free radical-scavenging activities of Amaranth (*Amaranthus spp.* L.) seed extracts. *Food Eng Prog* 18(2): 116-123.
- Dai J, Mumper RJ (2010) Plant phenolics: Extraction, analysis, and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules* 15(10): 7313-7352.
- Di Petrillo A, González-Paramás AM, Era B, Medda R, Pintus F, Santos-Buelga C, Fais A (2016) Tyrosinase inhibition and antioxidant properties of *Asphodelus microcarpus* extracts. *BMC Complementary Altern Med* 16(1): 453.
- Gutfinger T (1981) Polyphenols in olive oils. *J Am Oil Chem*

- Soc 58(11): 966-968.
- Hwang CR, Hwang IG, Kim HY, Kang TS, Kim YB, Joo SS, Lee JS, Jeong HS (2011) Antioxidant component and activity of dropwort (*Oenanthe javanica*) ethanol extracts. J Korean Soc Food Sci Nutr 40(2): 316-320.
- Jeong SC, Park JH, Kim JH (2013) The development trend of skin beauty food with skin protection effects from natural source. Kor J Aesthet Cosmetol 11(2): 203-212.
- Jung SW, Lee MK, Kim SJ, Han DS (1995) Screening of tyrosinase inhibitor from plants. Korean J Food Sci Technol 27(6): 891-896.
- Kang MA, Kim MB, Kim JH, Ko YH, Lim SB (2010) Integral antioxidative capacity and antimicrobial activity of pressurized liquid extracts from 40 selected plant species. J Korean Soc Food Sci Nutr 39(9): 1249-1256.
- Kim HK, Kwon YJ, Kim KH, Jeong YH (2000) Changes of total polyphenol content and electron donating ability of *Aster glehni* extracts with different microwave-assisted extraction conditions. Korean J Food Sci Technol 32(5): 1022-1028.
- Kim JH, Yoon SJ, Lee KH, Kwon HJ, Chun SS, Kim TW, Cho YJ (2005) Screening of biological activities of the extracts from Bisil (*Ocimum basilicum* L.). Appl Biol Chem 48(2): 173-177.
- Kim SB, Rho SB, Rhyu DY, Kim DW (2005) Effect of *Nelumbo nucifera* leaves on hyperlipidemic and atherosclerotic bio FIB hamster. Korean J Pharmacogn 36(3): 229-234.
- Kim SG, Lee HW (2022) Separation and characteristics of essential oil from *Dendropanax morbiferus*. Appl Chem Eng 33(1): 44-49.
- Lee HS, Jang MS (2005) A study on quality characteristics and storage of Julpyun affected by Chungmirae (*Smilax china* L) leaf powder. Korean J Food Cook Sci 21(4): 482-489.
- Lee JE, Park SY (2019) Review of the usability of cyclodextrin as a cosmetic ingredient. Asian J Beauty Cosmetol 17(4): 545-553.
- Lee JW, Hong MC, Shin MK, Bae HS (2006) Comparison of *Nelumbinis Semen* extract with hypericum perforatum and fluoxetine in animal model of depression. J Physiol & Pathol Korean Med 20(4): 830-843.
- Lee KD, Chang HK, Kim HK (1997) Antioxidative and nitrite scavenging activities of edible mushroom. Korean J Food Sci Technol 29(3): 432-436.
- Lee KS, Lee KY (2011) Effect of lotus (*Nelumbo nucifera*) leaf extract on serum and liver lipid levels of rats fed a high fat diet. J Korean Soc Food Sci Nutr 40(11): 1544-1547.
- Lee SO, Lee HJ, Yu MH, Im HK, Lee IS (2005) Total polyphenol contents and antioxidant activities of methanol extracts from vegetables produced in Ullung Island. Kor J Food Sci Technol 37(2): 233-240.
- Middleton E, Kandaswami C (1994) Potential health-promoting properties of citrus flavonoids. Food Technol 48(11): 115-119.
- Mukherjee PK (2002) Quality Control of Herbal Drugs: An Approach to Evaluation of Botanicals. Business Horizons, New Delhi, India. pp 604-608.
- Mukherjee PK, Pal SR, Saha K, Saha BP (1995) Hypoglycemic activity of *Nelumbo nucifera* gaertn. (Fam. Nymphaeaceae) rhizome (methanolic extract) in streptozotocin-induced diabetic rats. Phytotherapy Res 9: 522-524.
- Park JH, Kim DW, Lee BG, Byun KI (2010) Antioxidant activities and inhibitory effect on oxidative DNA damage of *Nelumbinis semen* extracts. Korean J Herbology 25(4): 55-59.
- Park KA (2021) The Effects of Active Senior Consumption Orientation on the Intention of Cosmeceutical Purchasing. Daejeon University, Daejeon. pp 1-2.
- Park SJ, Kwon SP, Rha YA (2017) Antioxidant activities and whitening effects of ethanol extract from *Crataegus pinnatifida* bunge fruit. J Korean Soc Sci Nutr 46(10): 1158-1163.
- Parvez S, Malik K, Ah KS, Kim HY (2006) Probiotics and their fermented food products are beneficial for health. J Appl Microbiol 100(6): 1171-1185.
- Pyo YH, Park EK, Lee HY, Lee EJ (2018) Medical Skin Care. Powerbook, Korea. p 110.
- Que F, Mao L, Zhu C, Xie G (2006) Antioxidant properties of Chinese yellow wine, its concentrate, and volatiles. LWT-Food Sci Technol 39(2): 111-117.
- 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 Radic Biol Med 26(9-10): 1231-1237.
- Ryu MJ, Lee SY, Park Y, Yang YK (2010) Antioxidative activities and antifungal effect against *Malassezia furfur* in

the extracts from 6 spp. medicinal plants. J Korean Soc
Cosmetol 16(1): 120-128.
Yuk CS (1990) Coloured Medicinal Plants of Korea.
Academybook, Seoul, Korea. pp 219-230.

Date Received May 19, 2023
Date Revised Jun. 13, 2023
Date Accepted Jun. 19, 2023