

## 청양고추의 항산화 및 미백효과

장소희<sup>1</sup>, 김효진<sup>2,3</sup>, 하창우<sup>1</sup>, 최정훈<sup>1,3</sup>, 김성혁<sup>1</sup>, 이태성<sup>4</sup>, 손은화<sup>1,2,3\*</sup>

<sup>1</sup>강원대학교 바이오헬스융합학과, <sup>2</sup>강원대학교 바이오기능성소재학과, <sup>3</sup>유한책임회사 트루비연구소, <sup>4</sup>삼척시농업기술센터

## The Anti-oxidant and Whitening Effects of Cheongyang Pepper

So-Hee Jang<sup>1</sup>, Hyo-Jin Kim<sup>2,3</sup>, Chang-Woo Ha<sup>1</sup>, Jung-Hun Choi<sup>1,3</sup>,  
Sung-Hyeok Kim<sup>1</sup>, Tae-Seong Lee<sup>4</sup>, Eun-Hwa Sohn<sup>1,2,3\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Bio-Health Convergence, Kangwon National University

<sup>2</sup>Department of Bio-Functional Material, Kangwon National University

<sup>3</sup>Truebelab Co., Ltd.

<sup>4</sup>Samcheok City Agriculture Technology and Extension Center

**요약** 고추(*Capsicum annuum* L.)는 전 세계적으로 많이 섭취하고 있는 채소 중 하나이다. 본 연구에서는 청양(靑陽) 품종의 고추를 이용하여 항산화, 미백효과를 측정하여 기능성 화장품 소재로서의 개발 가능성을 제시하고자 하였다. HPLC(high-performance liquid chromatography)을 이용하여 유용성분 페놀 성분을 분석하였으며 DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical 소거활성 및 hydrogen peroxide 소거활성 및 tyrosinase 저해 활성을 측정하여 항산화 효과 및 미백 효과를 평가하였다. 실험결과 청양고추 추출물은 페놀성분 gallic acid, protocatechuic acid 순으로 각각 0.106 ± 0.01, 0.105 ± 0.02 mg/g의 함량을 보였다. 추출물 1,000 µg/ml의 농도에서 56.95%의 DPPH 소거활성을 나타냈고, 43.97%의 hydrogen peroxide 소거활성을 나타내었다. 또한 L-tyrosine과 L-DOPA(L-3,4-dihydroxyphenylalanine)를 기질로 사용한 미백효능 실험에서 추출물 1,000 µg/ml은 tyrosinase 활성을 각각 52.44%, 42.61%로 억제시켰다. 이러한 결과는 청양고추 추출물과 그 유효성분이 항산화 및 미백 효과가 있음을 시사하며, 향후 미백 기능성 화장품 소재로의 발전 가능성을 제시한다.

**Abstract** Pepper (*Capsicum annuum* L.) is one of the most consumed vegetables worldwide. This study was undertaken to determine the possibility of developing pepper as a functional cosmetic material by measuring the physiological activity, especially the antioxidant and whitening effects of Korean Cheongyang pepper. Phenol as a useful ingredient was analyzed using HPLC (high-performance liquid chromatography). Antioxidant and whitening effects were evaluated by measuring the DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical scavenging activity, hydrogen peroxide scavenging activity, and tyrosinase inhibitory activity. The gallic acid and protocatechuic acid contents of Cheongyang pepper extract were determined to be 0.106 ± 0.01 and 0.105 ± 0.02 mg/g, respectively. The extract exhibited 56.95% DPPH scavenging activity and 43.97% hydrogen peroxide scavenging activity at a concentration of 1,000 µg/ml. Furthermore, in the whitening efficacy test using L-tyrosine and L-DOPA (L-3,4-dihydroxyphenylalanine) as substrates, 1,000 µg/ml of the extract inhibited tyrosinase activity by 52.44% and 42.61%, respectively. Taken together, these results suggest that Cheongyang pepper extract and its active ingredients possess antioxidant and whitening effects, and have the potential to be developed as a whitening functional cosmetic material in the future.

**Keywords** : Antioxidant, *Capsicum annuum* L. Cheongyang pepper, Cosmeceutical, Whitening

본 연구는 2022년도 중소벤처기업부 기술개발사업(20089377) 지원을 받아 연구되었음.

\*Corresponding Author : Eun-Hwa Sohn(Kangwon National Univ.)

email: ehson@kangwon.ac.kr

Received April 27, 2023

Revised May 29, 2023

Accepted June 2, 2023

Published June 30, 2023

## 1. 서론

피부는 유전자, 호르몬과 같은 내인성 요인과 UV 노출 및 환경오염 물질 등의 외인성 요인에 지속적으로 노출되며 비정상적인 활성산소종(reactive oxygen species, 이하 ROS) 발생에 영향을 받는다. 활성산소종 생성에 의한 산화적 스트레스는 멜라닌세포(melanocyte)의 멜라닌(melanin)합성을 자극하여 피부 내 멜라닌 함량을 증가시키고 피부의 색소 침착을 가속화한다[1]. 멜라닌은 피부 표피의 기저층에 존재하는 멜라닌세포의 멜라노솜(melanosome)에서 tyrosinase 효소에 의한 생합성 반응으로 생성된다[2]. 전구물질 tyrosine에 산화효소인 tyrosinase가 작용하여 L-DOPA(L-3,4-dihydroxyphenylalanine) 및 DOPA quinone을 형성한다. DOPA quinone은 DOPA chrome, indole quinone으로 변화하고 산화 중합반응에 의해 흑갈색의 색소침착을 일으키는 멜라닌 합성이 유도된다[3]. 과도한 멜라닌의 생성은 피부내 색소침착 뿐만 아니라 피부노화를 일으키기도 하며, UVB(ultraviolet B) 자외선 노출에 의한 활성산소종 및 활성질소종(reactive nitrogen species)의 생성은 이와 같은 멜라닌형성(melanogenesis) 과정을 촉진한다[4]. 이로 인해 항산화 물질에 의한 산화적 스트레스의 감소 효과는 내인성 활성산소종에 의한 피부 손상과 관련되어 비정상적인 색소 침착과 피부 노화를 억제하는데 중요한 요소로 보고되어 있다[1,5].

고추(*Capsicum annuum* L.)는 가지과(Solanaceae)에 속하는 세계적으로 소비되는 주요 기호식품이다[6]. 고추는 매운맛을 내는 capsaicin과 dihydrocapsaicin 등의 캡사이시노이드(capsaicinoid)라는 페놀산(phenolic acid) 성분이 알려져 있다[7]. 특히, capsaicin은 우수한 생리활성효과가 밝혀지면서 류마티스 관절염, 수술 후 통증, 만성 신경병증 및 근골격 통증치료의 임상시험 파이프라인에 있으며, 이외에도 항산화, 항염증, 항암, 항비만, 심장 보호 및 대사조절에 대한 약리학적 효과와 작용기전이 광범위하게 연구되고 있다[8]. 고추에는 capsaicinoid 이외에도 caffeic acid, ferulic acid, sinapic acid, vanillic acid, *p*-coumaric acid 등의 다양한 페놀산 성분들이 있으며, quercetin, kaempferol, myricetin, luteolin 등의 생리활성이 강한 플라보노이드(flavonoid) 성분도 함유되어 있다[9,10].

*C. annuum*은 매운맛의 정도와 색 및 모양에 따라 분류하기도 하는데, 맛에 따라 핫페퍼(hot pepper), 스위트페퍼(sweet pepper)로, 수확시기별 색상에 따라 풋고

추(green pepper), 홍고추(red pepper)로, 파프리카와 피망과 같은 종(bell) 모양의 고추는 벨페퍼(bell pepper)로 모양에 따라 구분하여 불리하기도 한다. 식용고추로 알려진 *C. annuum*은 멕시코에서 기원되어 유럽, 아프리카, 인도, 중국, 한국 등 전 세계 여러 지역에 분포하며, 각 지역에서 재배되어 약 31여 종의 다양한 품종으로 발전되었다[11]. 보통 풋고추로 수확하는 품종은 파리(Kkwari), 청양(Cheongyang), 녹광(Nokkwang) 등이 있으며, 이 중에서 청양은 매운 맛이 강한 한국의 대표적인 고추 재래 품종이다.

본 연구에서는 한국에서 재배되는 청양고추를 이용하여 항산화 및 미백 효과를 확인함으로써 국내산 청양고추 품종이 식용뿐만 아니라 미백기능성 화장품 소재로서 개발가능성이 있음을 제시하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 청양고추 추출방법

청양고추는 강원도 삼척시 하장면에서 2022년 9월에 흥농(THE강한청양) 이라는 품종의 풋고추(green pepper)를 수확하여 사용하였다. 본 실험에 사용한 추출물을 제조하기 위하여 깨끗이 세척 후 꼭지를 제거하고 과육과 씨를 함께 열풍건조기를 이용하여 75°C 이하에서 24시간 건조하였다. 건조된 청양고추는 추출이 용이하도록 분쇄기를 이용하여 분말상으로 제조하여 추출용 시료로 사용하였다. 열풍 건조된 분말 270 g에 증류수 1,350 mL을 가하여, 95°C에서 4시간 추출 후, 4시간 방냉하는 방법을 사용하였으며, 충분한 추출물의 양을 얻기 위하여 이와 같은 과정을 3회 반복하였다. 추출법은 2022년 Widyawati 등의 방법을 변형하여 추출하였다[12]. 추출된 추출액은 여과지(No. 1, Whatman International Ltd., Leicestershire, England)를 사용하여 침전물을 제거하고 여과된 추출물은 진공 회전증발 농축기(rotary vacuum evaporator)를 이용하여 40°C 이하에서 농축하였다. 농축된 추출물은 동결 건조하여 분말상으로 제조하였으며 동결건조분말은 -75°C 이하 초저온 냉동고에 보관하며 시료로 사용하였다. 청양고추 물 추출물의 수율은 41.51%로 확인되었다.

### 2.2 시약

Gallic acid, protocatechuic acid 및 capsaicin의 표준시약과 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl-hydrate

(DPPH), ascorbic acid, peroxidase from horseradish, arbutin, 3,4-dihydroxy-L-phenylalanine(L-DOPA), L-tyrosine, tyrosinase from mushroom과 그 외 언급하지 않은 시약들은 모두 Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다.

### 2.3 HPLC 분석 조건

청양고추 물 추출물에 대한 gallic acid, protocatechuic acid 및 capsaicin의 함량 분석을 확인하기 위해 Ryu 등의 방법과 Cunha 등의 방법을 변형하여 DIONEX Ultimate 3000(Thermo Science, USA) 기기를 사용하여 측정하였다[13,14].

Gallic acid와 protocatechuic acid 분석은 HPLC에 시료 및 표준품 1  $\mu$ l를 주입하여 1.0 ml/min의 유속으로 분석하였으며, 표준용액의 범위는 0.1  $\mu$ g/ml - 100  $\mu$ g/ml이었다. 이동상으로는(A) water(0.1% formic acid)와(B) acetonitrile(0.1% formic acid)를 사용하여 gradient elution 방법으로 분석 프로그램을 적용하였다 [gradient 조건 : 0 분 - 15 분(A : B = 92 : 8) → 15 분 - 18 분(A : B = 50 : 50) → 18 분 - 20 분(A : B = 60 : 40) → 20 분 - 22 분(A : B = 8 : 92)].

Capsaicin 분석은 HPLC에 시료 및 표준품 10  $\mu$ l를 주입하여 1.0 ml/min의 유속으로 35°C에서 분석하였으며, 표준용액의 범위는 1  $\mu$ g/ml - 25  $\mu$ g/ml이었다. 이동상으로는 water(0.1% acetic acid) : acetonitrile를 50 : 50(v/v) 비율로 혼합하여 isocratic elution 방법으로 적용하였다.

Column은 모두 ZORBAX Eclipse plus(C18, 250 mm × 4.6 mm, 5  $\mu$ m, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)을 사용하였으며, 검출기 파장을 280 nm로 고정하여 분석하였다.

### 2.4 DPPH radical 소거활성 측정

DPPH radical 소거활성은 2020년 Ha 등의 방법을 참고하여 측정하였다[15]. 96-well plate에 농도별로 희석한 청양고추 물 추출물의 시료 100  $\mu$ l, 99% ethyl alcohol 100  $\mu$ l, 0.4 mM DPPH 100  $\mu$ l를 넣고 상온 암실에서 30분 동안 방치시킨 후 microplate reader VICTOR X3(PerkinElmer, Waltham, MA, USA)를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH radical 소거활성은 대조군과 실험군의 흡광도 차이를 백분율로 산출하였으며, DPPH radical을 50% 저해하는 농도인

IC<sub>50</sub>(half-maximal inhibitory concentration)을 다음과 같이 산출하였다.

$$\text{DPPH radical 소거활성(\%)} = (1 - \frac{\text{대조군 흡광도}}{\text{실험군 흡광도}}) \times 100$$

### 2.5 Hydrogen peroxide 소거활성 측정

Hydrogen peroxide 소거활성은 2020년 Ha 등의 방법을 참고하여 측정하였다[15]. 96-well plate에 농도별로 희석한 청양고추 물 추출물의 시료 100  $\mu$ l, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 20  $\mu$ l를 넣고 37°C에서 10분 동안 반응시켰다. 1.25 mM ABTS와 peroxidase(1 unit/mL)를 각각 30  $\mu$ l를 첨가하여 최종적으로 37°C의 incubator에서 10분 반응시킨 후 microplate reader VICTOR X3(PerkinElmer, Waltham, MA, USA)를 이용하여 405 nm에서 흡광도를 측정하였다. Hydrogen peroxide 소거활성은 대조군과 실험군의 흡광도 차이를 백분율로 산출하였으며, hydrogen peroxide를 50% 저해하는 농도인 IC<sub>50</sub>을 다음과 같이 산출하였다.

$$\text{Hydrogen peroxide 소거활성(\%)} = (1 - \frac{\text{대조군 흡광도}}{\text{실험군 흡광도}}) \times 100$$

### 2.6 Tyrosinase 저해 활성 측정

Tyrosinase 저해 활성 측정은 식품의약품안전처에 고시되어있는 피부의 미백에 도움을 주는 기능성화장품 유효성 평가 방법 가이드라인에 따라 Ha 등의 방법을 참고하여 측정하였다[15].

Tyrosine에 대한 *in vitro* tyrosinase 저해 시험은 다음과 같다. 96-well plate에 0.1 M phosphate buffer(pH 6.5) 110  $\mu$ l, 농도별로 희석한 청양고추 물 추출물의 시료 10  $\mu$ l, mushroom tyrosinase(1500 U/ml)액 10  $\mu$ l를 순서대로 넣고, 1.5 mM L-tyrosine 20  $\mu$ l를 혼합하여 37°C에서 10분간 반응시킨 후 microplate reader VICTOR X3(PerkinElmer, Waltham, MA, USA)를 이용하여 490 nm에서 흡광도를 측정하였다. 양성 대조군으로는 arbutin을 사용하였다.

DOPA에 대한 *in vitro* tyrosinase 저해 시험은 다음과 같다. 96-well plate에 0.1 M phosphate buffer(pH 7.0) 170  $\mu$ l, 농도별로 희석한 청양고추 물 추출물의 시료 10  $\mu$ l, mushroom tyrosinase(1500 U/ml) 10  $\mu$ l를 순서대로 넣고, 0.06 mM L-DOPA 10  $\mu$ l를 넣은 다음 37°C에서 10분간 반응시킨 후 microplate reader VICTOR X3(PerkinElmer, Waltham, MA, USA)를 이

용하여 475 nm에서 흡광도를 측정하였다. Tyrosinase 저해 활성은 대조군과 실험군의 흡광도 차이를 백분율로 산출하였으며, tyrosinase를 50% 저해하는 농도인 IC<sub>50</sub>(half-maximal inhibitory concentration)을 다음과 같이 산출하였다.

$$\text{Tyrosinase 저해활성(\%)} = (1 - \text{대조군 흡광도} / \text{실험군 흡광도}) \times 100$$

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 청양고추 물 추출물(Cheongyang pepper)의 HPLC 페놀 성분 함량 분석

고추(*C. apsicum*)에는 대표적으로 매운맛을 내는 캡사이시노이드(capsaicinoid) 성분이 있으며, 이 중 capsaicin과 dihydrocapsaicin이 고추의 매운맛을 내는 주요 성분으로서 capsaicinoid 성분 중 약 90%를 차지한다[16]. 그 외에도 고추에는 피부개선에 효과적인 성분으로 알려진 gallic acid, protocatechuic acid, *p*-coumaric acid, chlorogenic acid, catechin, ferulic acid, caffeic acid 등 다양한 페놀산(phenolic acid) 성분들이 보고되어 있다[16]. 본 연구에서는 청양고추 물 추출물 제조의 표준화를 위한 지표 성분으로 고추의 매운 성분으로 알려진 capsaicin과 항산화 및 다양한 생리활성물질로 알려진 gallic acid와 protocatechuic acid 함량을 HPLC 방법으로 분석하였다[Fig. 1]. 분석 결과 청양고추 물 추출물에서 capsaicin은 검출되지 않았으며[Fig. 1B], gallic acid와 protocatechuic acid는 약 2.77, 4.42분의 retention time을 가진 단일 peak로 각각 0.106 ± 0.01 mg/g, 0.105 ± 0.02 mg/g 함량으로 확인되었다[Fig. 1D].

청양고추의 매운맛을 내는 capsaicin 성분은 물 추출물에서 검출되지 않았다. 이는, 청양고추를 안전한 화장품 원료로 개발하기 위해 수용성 용매 물로 추출함으로써 지용성 성분 capsaicin이 용출되지 않는 것으로 생각된다. 이에 반해 청양고추 물 추출물에는 항산화 작용, 항염증 작용, 항암 작용 등 다양한 생리활성 효과가 있어 화장품, 식품, 식품첨가제 등의 기능성 소재로 활용되고 있는 폴리페놀성 성분 gallic acid와 protocatechuic acid가 측정되었다[17].

본 연구에 사용된 청양고추 물 추출물에서는 capsaicin이 검출되지 않았으므로써 저자극성 효과를 기대해 볼 수 있다. 그러나, 청양고추를 수용성 물용매로 추출했다고 해

서 자극성 성분이 남아있을 가능성을 완전히 배제할 수는 없다. 따라서, 청양고추 물 추출물을 화장품 소재로 개발하기 위해서는 피부 민감성 및 피부 자극에 임상 연구가 함께 이루어져야 할 것으로 보인다.

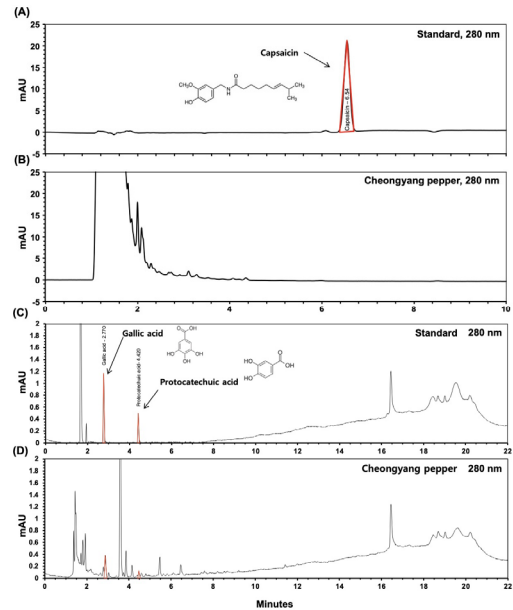


Fig. 1. HPLC chromatogram.(A); HPLC chromatogram of capsaicin standard chemical(25 µg/ml),(B); HPLC chromatogram of capsaicin in Cheongyang pepper.(C); HPLC chromatogram of gallic acid, and protocatechuic acid standard chemical(1 µg/ml),(D); HPLC chromatogram of gallic acid, and protocatechuic acid in Cheongyang pepper.

#### 3.2 청양고추 물 추출물의 DPPH radical 소거활성 효과

DPPH radical 소거 활성은 항산화 활성을 가진 물질과 만나면 환원되어 보라색에서 노란색으로 변하는 비색법으로 천연소재 추출물의 항산화 활성을 평가하는 지표로 활용되고 있다[18,19].

항산화 효과는 색소침착억제 효과가 깊은 연관성이 있으며, 항산화제의 국소 적용은 피부 노화방지와 피부 건강에 긍정적인 효과를 발휘한다고 알려져 있다[20]. 오염물질과 호르몬, 자외선 노출 등 외부 자극이 일어난 경우에는 피부에서 반응성이 높은 활성산소종 ROS가 생성되는데, tyrosinase는 이러한 ROS를 이용하여 tyrosine을 산화시킨다[21,22]. 이때 ROS가 다량 생성된 경우 급격히 증가한 멜라닌 생성으로 인해 색소침착이나 피부

노화의 원인으로 작용된다고 알려져 있다[21,22]. 이는 멜라닌생성 과정 또한 일련의 산화과정이므로, 높은 항산화력을 가진 물질은 멜라닌 생성 억제 효과 또한 높을 것으로 추정될 수 있다고 보고되어 있다[23].

본 연구에서는 청양고추 물 추출물의 DPPH radical 소거활성을 농도별로 측정한 결과, 농도가 증가함에 따라 DPPH radical 소거활성은 증가하였다. 양성대조군으로는 ascorbic acid(AA)를 사용하였다. 2012년 Yoon 등은 청양고추를 80% 메탄올로 추출하여 DPPH를 측정된 결과 1,000  $\mu\text{g/ml}$ 에서 22.29%의 소거 활성효과를 보고하였고[24], 2019년 Yi 등은 청양고추를 70% 아세톤으로 추출하여 DPPH를 측정된 결과 1,250  $\mu\text{g/ml}$ 에서 약 23.0%의 소거활성이 나타났다고 보고하였다 [16]. 본 연구에서 사용한 청양고추 물 추출물은 1,000  $\mu\text{g/ml}$  농도에서 56.95%의 DPPH 소거 활성을 나타내었으며, 이는 메탄올이나 아세톤과 같은 유기용매로 추출된 청양고추보다 약 2배의 더 높은 소거율을 보여준다. 청양고추의 품종, 재배지역 및 재배시기에 따라 그 효능은 다양하게 나타날 수 있지만, 인체에 안전하게 적용할 수 있는 물을 추출용매로 사용한 추출물에서 더 높은 항산화 효과를 나타낸다는 것은 청양고추 물 추출물 화장품 원료가 제품 개발로 빠르게 이어지는데 매우 긍정적인 영향을 미칠 수 있음을 시사한다.

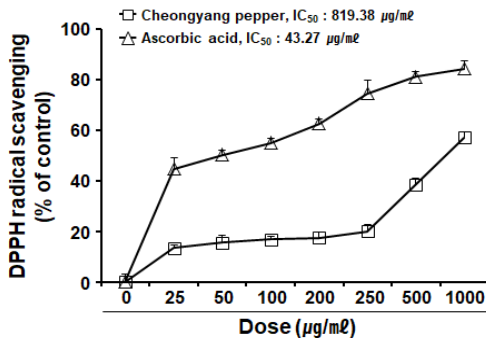


Fig. 2. DPPH radical scavenging activities of the Cheongyang pepper in various concentrations. Ascorbic acid was used as the positive control. Data are means  $\pm$  SD (n = 4) and are expressed as a percentage of the untreated control. IC<sub>50</sub> values were determined using the regression equation.

### 3.3 청양고추 물 추출물의 hydrogen peroxide radical 소거활성 효과

Hydrogen peroxide(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)는 세포 손상을 일으키고

산화 스트레스의 원인이 될 수 있는 ROS이다[25]. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 자체의 독성은 낮지만 세포막을 통과할 수 있고, Fe<sup>2+</sup> 등과 같은 금속이온과 반응하여 독성이 강한 hydroxyl radical을 생성하기에 생체나 식품에서 문제시 되고 있다[26]. 청양고추 물 추출물을 농도별로 측정한 결과, 농도가 증가함에 따라 hydrogen peroxide radical 소거활성은 증가하였다. 양성대조군으로는 ascorbic acid(AA)를 사용하였다. 양성대조군 AA의 1,000  $\mu\text{g/ml}$ 에서 99.96%의 hydrogen peroxide radical 소거 활성 결과와 비교했을 때, 청양고추 물 추출물 1,000  $\mu\text{g/ml}$ 은 43.97%로 항산화제로 알려진 AA의 약 50% 효과가 나타남을 보여주었다[Fig. 3]. 청양고추 물 추출물은 농도 의존적으로 DPPH 및 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 라디칼 제거 효과가 증가하므로 세포내 활성산소종의 증가와 산화적 스트레스로 인한 세포 손상에서 청양고추는 자유라디칼 소거능을 가진 항산화 효과 물질로 사용될 수 있음을 보여준다.

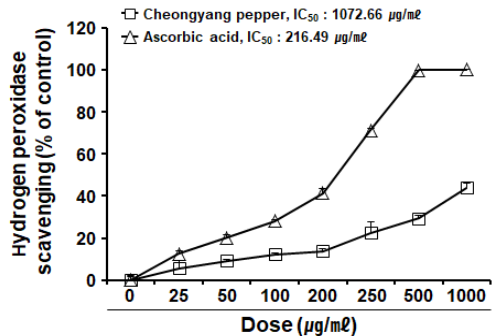


Fig. 3. Hydrogen peroxide scavenging activities of the Cheongyang pepper in various concentrations. Ascorbic acid was used as the positive control. Data are means  $\pm$  SD (n = 4) and are expressed as a percentage of the untreated control. IC<sub>50</sub> values were determined using the regression equation.

### 3.4 청양고추 물 추출물의 tyrosinase 저해 활성 효과

Tyrosinase는 melanin 생성 과정에서 가장 중요한 역할을 하는 효소로서 아미노산의 일종인 tyrosine을 산화시켜 melanin 생성 전구체인 DOPA-quinone을 생성한다[27]. Tyrosinase의 활성 유무에 따라 멜라닌 양이 결정되기 때문에 tyrosinase 저해 활성 실험은 식품의약품안전처에 고시되어있는 기능성화장품 유효성평가 방법으로 피부 미백제 개발에 있어 유용한 평가법이라고 할 수 있다[28]. 본 실험에서는 tyrosinase의 기질로서 L-tyrosine과 L-DOPA를 이용하여 tyrosinase의 저해

활성을 측정하였다.

청양고추 물 추출물은 L-tyrosine을 기질로 사용했을 경우 최대 농도인 1000  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 에서 52.44%로 억제 하였으며[Fig. 4A], L-DOPA를 기질로 사용했을 경우 1000  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 에서 42.61%로 억제하는 것을 확인 할 수 있다 [Fig. 4B]. 양성대조군으로 사용되는 arbutin은 L-tyrosine 과 L-DOPA를 기질로 사용했을 경우 각각 92.82%, 64.12%로 억제하는 것을 확인할 수 있다.

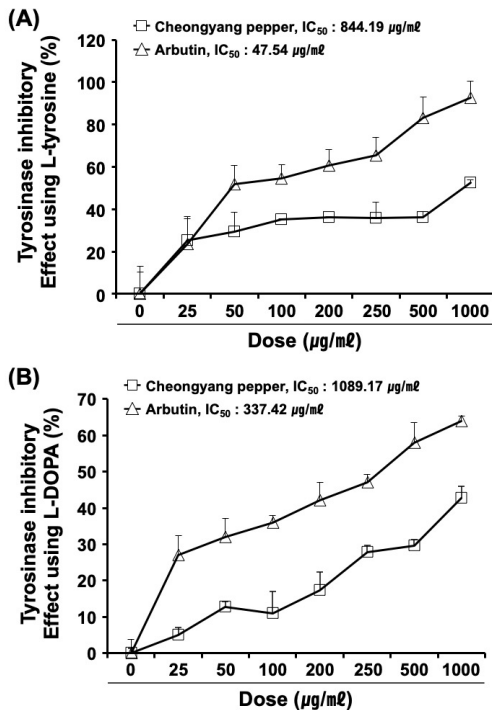


Fig. 4. Inhibitory effects of Cheongyang pepper on tyrosinase in a cell-free system. Tyrosinase regulatory activities were determined using a colorimetric method. L-tyrosine(A) and L-DOPA(B) were used as substrates for tyrosinase. Data are means  $\pm$  SD(n = 4) and are expressed as a percentage of the untreated control. IC<sub>50</sub> values were determined using the regression equation.

L-tyrosine을 기질로 사용한 tyrosinase 활성 실험에서 arbutin과 추출물의 용량을 효능과 비교했을 때, 25  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 까지는 추출물이 arbutin과 유사수준으로 매우 우수한 tyrosinase 활성 억제 효과를 나타내었고, 이후의 농도에서 양성대조군인 arbutin과 평균 30.51%의 효과 차이를 나타내었다. L-DOPA를 기질로 사용한 tyrosinase

활성에 대한 실험에서도 arbutin과 추출물은 평균 22.94% 수준의 차이를 나타내었다. 2012년 Kim은 70% 에탄올로 추출한 고추씨와 과육의 L-DOPA를 기질로 사용한 tyrosinase 활성 조절 효과를 보고하였는데, 홍고추와 풋고추의 과육추출물이 tyrosinase 활성을 12.0% 억제한다고 보고함으로써 고추를 이용한 미백효과 가능성의 제시한 바 있다[23]. 본 연구에서는 안전한 용매 물로 추출한 청양고추에서 L-tyrosine과 L-DOPA를 기질로 하는 tyrosinase 활성 모두에서 유의적인 억제 효과를 나타냄으로써, 청양고추 물 추출물이 안전한 화장품 원료로서 미백 효과를 가진 기능성 화장품 소재로 개발될 수 있는 가능성을 보여준다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 한국에서 재배되는 청양품종의 고추의 물 추출물을 이용하여 항산화와 미백효과를 측정하여 청양고추를 식용뿐만 아니라 기능성 화장품 소재로서의 개발 가능성을 제시하고자 하였다.

실험에 사용한 청양고추 물 추출물은 DPPH와 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 소거율이 농도 의존적으로 나타났고, L-DOPA 및 L-tyrosine을 기질로 사용한 tyrosinase 활성억제실험에서도 농도 의존적으로 나타났다. 청양고추는 우수한 항산화제로 알려진 아스코르빈산 효과의 50% 이상수준으로 나타냈으며, 한국식품의약품안전처의 피부 미백에 도움을 주는 기능성화장품 유효성평가 가이드라인에서 제시한 미백효능(tyrosinase 활성억제) 실험에서도 기능성 원료인 arbutin 효과의 50% 이상의 활성억제 효과를 보였다. 특히, 청양고추 25  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 의 저농도에서는 arbutin의 미백효능 실험과 동일하게 나타났다.

결론적으로, 청양고추 물 추출물은 지표성분으로써 피부 건강에 유용한 페놀성 성분 gallic acid와 protocatechuic acid을 함유하고 있으며, 기능성 화장품 개발에 도움을 주는 항산화 및 미백 효과를 나타낸다. 따라서 청양고추 추출물이 피부 미백제로 사용될 수 있는 가능성이 있으며, 이는 단독 또는 arbutin 등과의 기존 미백 소재와 혼합으로 사용될 수 있다. 식품의약품안전처의 고시형 미백 원료로 알려진 arbutin은 피부 자극 등의 부작용으로 인해 2~5%의 사용 제한을 받고 있다[29]. 이에 청양고추 물 추출물이 arbutin과의 혼합사용으로 arbutin의 함량을 줄일 수 있을 것으로 보인다. 기능성 화장품 개발에 관한 연구에서는 대부분 원료의 효능 연구에 초점을

맞추어 기능성을 높이는데 주력하고 있다. 그러나 화장품은 제품 특성상 장기적으로 인체에 적용되는 생활 케어 제품이므로 장기적인 사용에 대한 안전성이 크게 고려되어야 한다. 이러한 측면에서 청양고추 물 추출물은 피부에 안전하게 사용할 수 있는 미백 기능성 화장품 소재로서 개발 가능성이 크다고 판단된다.

## References

- [1] H. Masaki, "Role of antioxidants in the skin: anti-aging effects", *Journal of Dermatological Science*, Vol.58, No.2, pp.85-90, May. 2010.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jdermsci.2010.03.003>
- [2] N. Smit, J. Vicanova, S. Pavel, "The hunt for natural skin whitening agents", *International Journal of Molecular Sciences*, Vol.10, No.12, pp.5326-5349, Dec. 2009.  
DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms10125326>
- [3] M. A. Maranduca, D. Branisteanu, D. N. Serban, D. C. Branisteanu, G. Stoleriu, et al., "Synthesis and physiological implications of melanic pigments", *Oncology Letters*, Vol.17, No.5, pp.4183-4187, May. 2019.  
DOI: <https://doi.org/10.3892/ol.2019.10071>
- [4] U. Panich, V. Tangsupa-a-nan, T. Onkoksoong, K. Kongtaphan, K. Kasetsinsombat et al., "Inhibition of UVA-mediated melanogenesis by ascorbic acid through modulation of antioxidant defense and nitric oxide system", *Archives of Pharmacal Research*, Vol.34, No.5, pp.811-820, May. 2011.  
DOI: <https://doi.org/10.1007/s12272-011-0515-3>
- [5] C. H. Park, J. H. Park, S. Y. Min, K. Kim, S. Kim et al., "Studies on antioxidant, anti-Inflammation and whitening activities of *hordeum vulgare* L. extracts and their fractions", *Journal of the Society of Cosmetic Scientists of Korea*, Vol.45, No.3, pp.287-297, Sep. 2019.  
DOI: <https://doi.org/10.15230/SCSK.2019.45.3.287>
- [6] I. G. Hwang, S. M. Yoo, J. Lee, "Quality characteristics of red pepper cultivars according to cultivation years and regions", *The Korean Journal of Food and Nutrition*, Vol.27, No.5, pp.817-825, Oct. 2014.  
DOI: <https://doi.org/10.9799/KSFAN.2014.27.5.817>
- [7] I. Perucka, W. Oleszek, "Extraction and determination of capsaicinoids in fruit of hot pepper *capsicum annum* L. by spectrophotometry and high-performance liquid chromatography", *Food Chemistry*, Vol.71, No.2, pp.287-291, Nov. 2000.  
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00153-9](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00153-9)
- [8] B. Saad, "Prevention and treatment of obesity-related inflammatory diseases by edible and medicinal plants and their active compounds", *Immuno*, Vol.2, No.4, pp.609-629, Oct. 2022.  
DOI: <https://doi.org/10.3390/immuno2040038>
- [9] P. Mattila, J. Hellström, "Phenolic acids in potatoes, vegetables, and some of their products", *Journal of Food Composition and Analysis*, Vol.20, No.3-4, pp.152-160, May. 2007.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.05.007>
- [10] K. H. Miean, S. Mohamed, "Flavonoid(myricetin, quercetin, kaempferol, luteolin, and apigenin) content of edible tropical plants", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol.49, No.6, pp.3106-3112, May. 2001. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf000892m>
- [11] G. E. Batiha, A. Alqahtani, O. A. Ojo, H. M. Shaheen, L. Wasef et al., "Biological properties, bioactive constituents, and pharmacokinetics of some capsicum spp. and capsaicinoids", *International Journal of Molecular Sciences*, Vol.21, No.15, pp.5179. Jul. 2020.  
DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms21155179>
- [12] P. S. Widyawati, T. I. P. Suseno, A. I. Widjajaseputra, T. E. W. Widayastuti, V. W. Moeljadi et al., "The effect of  $\kappa$ -carrageenan proportion and hot water extract of the pluchea indica less leaf tea on the quality and sensory properties of stink lily(*Amorphophallus muelleri*) wet noodles", *Molecules(Basel, Switzerland)*, Vol. 27, No. 16, pp. 5062, Aug. 2022.  
DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules27165062>
- [13] H. S. Ryu, S. J. Lee, W. K. Whang, "Isolation of anti-diabetic active compounds from benincasae exocarpium and development of simultaneous analysis by HPLC-PDA", *Molecules(Basel, Switzerland)*, Vol. 27, No. 1, pp.9, Dec. 2021.  
DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules27010009>
- [14] C. T. Cunha, V. B. Fernandes, I. G. P. Vieira, F. N. P. Mendes, "Determination of nordihydrocapsaicin, capsaicin, dihydrocapsaicin, and pungency levels in pepper sauces by RP-HPLC : capsaicinoid levels and pungency classification of commercial pepper sauces", *International Food research Journal*, Vol. 29, No. 2, pp. 265-273, Apr. 2022.
- [15] C. W. Ha, S. H. Kim, S. R. Lee, S. H. Jang, S. Namkoong et al., "Anti-skin aging potential of alcoholic extract of phragmites communis rhizome", *Korean Journal of Plant Resources*, Vol. 33, No. 6, pp. 604-614, Dec. 2020.  
DOI: <https://doi.org/10.7732/KJPR.2020.33.6.604>
- [16] T. G. Yi, Y. R. Park, I. Y. Choi, N. I. Park, "Comparison of metabolite levels and antioxidant activity among pepper cultivars", *Korean Journal of Breeding Science*, Vol. 51, No. 4, pp. 326-340, Dec. 2019.  
DOI: <https://doi.org/10.9787/KJBS.2019.51.4.326>
- [17] M. Działo, J. Mierziak, U. Korzun, M. Preisner, J. Szopa et al., "The potential of plant phenolics in prevention and therapy of skin disorders", *International Journal of Molecular Sciences*, Vol.17, No.2, pp.160. Feb. 2016.  
DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms17020160>
- [18] J. Y. Ryu, Y. W. Song, J. Y. Moon, N. J. Jun, S. K. Cho,



"Antioxidant activities of soymilk added with green tea and rosemary extract", *Korean Journal of Food Preservation*, Vol.24, No.6, pp.871-878, Oct. 2017.  
DOI: <https://doi.org/10.11002/kjfp.2017.24.6.871>

[19] M. J. Kim, E. J. Park, "Feature analysis of different in vitro antioxidant capacity assays and their application to fruit and vegetable samples", *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, Vol.40, No.7, pp.1053-1062, Jul. 2011.  
DOI: <https://doi.org/10.3746/ikfn.2011.40.7.1053>

[20] J. K. Kim, S. M. Kang, "Antioxidant and whitening effect of dictyopteris spp. extract", *Journal of the Korean Society of Cosmetology*, Vol.27, No.3, pp.614-623, Jun. 2021.  
DOI: <https://doi.org/10.52660/JKSC.2021.27.3.614>

[21] G. E. Costin, V. J. Hearing, "Human skin pigmentation: melanocytes modulate skin color in response to stress", *The FASEB Journal : Official Publication of the Federation of American Societies for Experimental Biology*, Vol.21, No.4, pp.976-994, Apr. 2007.  
DOI: <https://doi.org/10.1096/fj.06-6649rev>

[22] K. C. Sung, K. J. Kim, "Tyrosinase activated inhibition effect & analysis of pine-needles extract", *Journal of Oil & Applied Science*, Vol.22, No.1, pp.71-76, Mar. 2005.  
DOI: <https://doi.org/10.12925/JKOCs.2005.22.1.11>

[23] H. J. Kim, C. O. Hong, M. H. Nam, Y. M. Ha, K. W. Lee, "Antioxidant and physiological activities of capsicum annuum ethanol extracts", *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, Vol.41, No.6, pp.727-732, Jun. 2012.  
DOI: <https://doi.org/10.3746/ikfn.2012.41.6.727>

[24] H. J. Yoon, S. Lee, I. K. Hwang, "Effects of green pepper(*Capsicum annuum* var.) on antioxidant activity and induction of apoptosis in human breast cancer cell lines", *Korean Journal of Food Science and Technology*, Vol.44, No.6, pp.750-758, Dec. 2012.  
DOI: <https://doi.org/10.9721/kjfst.2012.44.6.750>

[25] E. A. Veal, A. M. Day, B. A. Morgan, "Hydrogen peroxide sensing and signaling", *Molecular Cell*, Vol.26, No.1, pp.1-14, Apr. 2007.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.molcel.2007.03.016>

[26] M. J. Kang, S. R. Shin, K. S. Kim, "Antioxidative and free radical scavenging activity of water extract from dandelion(*taraxacum officinale*)" *Korean Journal of Food Preservation*, Vol.9, No.2, pp.253-259, Jun. 2002.

[27] J. W. Chae, H. Jo, H. J. Yeom, J. Y. Lee, "Antioxidation and functional cosmetics activity of humulus japonicus siebold & zucc. according to collection time and extraction solvent", *Journal of Korean Society of Forest Science*, Vol.110, No.2, pp.254-265, Jun. 2021.  
DOI: <https://doi.org/10.14578/JKFS.2021.110.2.254>

[28] H. K. Kim, J. Bak, H. B. Kang, M. J. Kim, J. M. Kim et al., "The skin-whitening effects of padina gymnospora and its active compound, fucosterol", *Journal of Life Science*, Vol.30, No.7, pp.598-605, Jul. 2020.

DOI: <https://doi.org/10.5352/JLS.2020.30.7.598>

[29] Y. C. Boo. "Arbutin as a skin depigmenting agent with antimelanogenic and antioxidant properties", *Antioxidants(Basel)*, Vol.10, No.7, pp.1129. Jul. 2021.  
DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox10071129>

장 소 희(So-Hee Jang)

[준회원]



- 2021년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 일반대학원 석박통합과정 (바이오 헬스융합학과)

<관심분야>

면역학, 천연물 효능평가

김 효 진(Hyo-Jin Kim)

[정회원]



- 2023년 2월 : 강원대학교 생약자 원개발학과 (이학석사)
- 2022년 10월 ~ 현재 : 유한책임회사 트루비연구소 연구소장

<관심분야>

면역학, 천연물 효능평가

하 창 우(Chang-Woo Ha)

[정회원]



- 2021년 2월 : 강원대학교 생약자 원개발학과 (이학석사)
- 2021년 3월 ~ 2022년 2월 : 유한 책임회사 트루비연구소 팀장
- 2022년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 일반대학원 박사과정 (바이오헬스 융합학과)

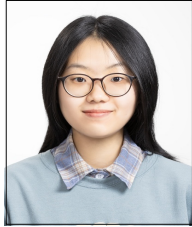
<관심분야>

면역학, 천연물 효능평가



최 정 훈(Jung-Hun Choi)

[준회원]



- 2023년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 일반대학원 석박통합과정 (바이오헬스융합학과)

<관심분야>

면역학, 천연물 효능평가

손 은 화(Eun-Hwa Sohn)

[종신회원]



- 1998년 2월 : 성균관대학교 약학대학원 생명약학 (약학석사)
- 2004년 2월 : 성균관대학교 약학대학원 생명약학 (약학박사)
- 2004년 10월 ~ 현재 : 강원대학교 바이오헬스융합학과 교수
- 2020년 10월 ~ 현재 : 유한책임회사 트루비연구소 대표

<관심분야>

염증, 천연물 효능평가

김 성 혁(Sung-Hyeok Kim)

[정회원]



- 2021년 2월 : 강원대학교 생약자원개발학과 (이학석사)
- 2021년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 일반대학원 박사과정 (바이오헬스융합학과)

<관심분야>

면역학, 천연물 효능평가

이 태 성(Tae-Seong Lee)

[정회원]



- 2005년 2월 : 강원대학교 임산공학과 (공학석사)
- 2019년 8월 : 강원대학교 임산공학과 (공학박사)
- 2005년 10월 ~ 2006년 4월 : 관동대학교 해양의학자원연구센터 연구원
- 2006년 4월 ~ 2010년 7월 : (주)화진화장품 기술연구소 연구원
- 2011년 2월 ~ 현재 : 삼척시 농업기술센터 연구원

<관심분야>

천연물 구조분석, 활성평가