

Antioxidant and Inflammatory Mediators Regulation Effects of the Roots of *Opuntia humifusa*

Ye Jin Kim · Chan Ik Park · Soo Jin Kim · Eun Mi Ahn*

천년초 뿌리의 항산화 및 염증 매개 물질 조절 효과

김예진 · 박찬익 · 김수진 · 안은미*

Received: 12 July 2013 / Accepted: 14 August 2013 / Published Online: 31 March 2014
© The Korean Society for Applied Biological Chemistry 2014

Abstract The roots of *Opuntia humifusa* (OHR) were extracted with 80% aqueous MeOH and the concentrated extract was partitioned with EtOAc, *n*-butanol and H₂O, successively. The fractions were tested using DPPH and ABST radical scavenging method. The all fractions showed potent scavenging effects. The scavenging effect of the EtOAc fraction was higher than the other fractions, with IC₅₀ values as DPPH; 77.0±1.38 µg/mL, ABTS: 26.3±2.02 µg/mL. And, we investigated anti-inflammatory activities by examining the effects of the OHR fractions on pro-inflammatory cytokine release in the human mast cells (HMC-1). Treatment with OHR fractions clearly reduced the release of the pro-inflammatory cytokines tumor necrosis factor-alpha (TNF-α), interleukin (IL)-1β, interleukin (IL)-6 and interleukin (IL)-8 in PMACI-stimulated HMC-1 cells. The results showed the potential of OHR as an excellent antioxidant substance and inhibiting inflammatory mediators. Therefore, OHR may be used as a therapeutic approach to various inflammatory diseases.

Keywords anti-inflammatory · HMC-1 · *Opuntia humifusa* · radical scavenging activity

Y. J. Kim
Department of Food Science and Nutrition, Kyungpook National University, 1370 Sankyuk Dong Puk-Ku 702-701, Daegu, Republic of Korea

C. I. Park · S. J. Kim
Department of Cosmeceutical Science, Daegu Hanny University, Gyeongsan-si 712-220, Republic of Korea

E. M. Ahn
Department of Foodceutical Science, Daegu Hanny University, Gyeongsan-si 712-220, Republic of Korea

*Corresponding author (E. M. Ahn: ahnem@dhu.ac.kr)

서론

천년초(*Opuntia humifusa*)는 선인장과 식물로 부채선인장아과(Opuntioideae) 부채선인장(Opuntia) 속으로 부르며, 영하 20°C의 혹한에서도 자체 수분을 절반 이하로 감소시켜 겨울 노지에서 얼어 죽지 않는 강인한 생명력을 지닌 한국 토종의 선인장으로 형태가 손바닥과 비슷하여 손바닥선인장으로도 불린다(In 등, 2006). 천년초의 가시를 제외한 줄기, 열매, 뿌리, 꽃은 각각의 영양성분 및 색소가 함유되어 있어 상품가치가 뛰어나며, 각각의 특성을 살려 제품화가 가능하다. 특히 천년초는 페놀성 물질과 플라보노이드, 식이섬유, 비타민 C, 칼슘, 무기질 및 아미노산, 복합 다당류 등과 인체에 중요한 각종 영양성분을 함유하고 있으며(Cho 등, 2009), 그 중에서도 식이섬유소와 칼슘은 다른 식물에 비해 다량 함유되어 있다(Choi, 2010). 천년초의 생리활성에 관한 연구로는 항산화 및 병원성 미생물에 대한 항균효과(Lee 등, 2004a; Lee 등, 2005), 자궁경부암 및 유방암에 대한 항암효과(Choi 등, 2005; Yoon 등, 2009), 간 보호 효과(Park 등, 2005) 등이 진행되었고, 천년초를 이용한 가공제품에 관한 연구는 우리 밀 식빵 등 일반 식품 형태로 연구 보고 되어 있다(Kim 등, 2007; Kim과 Hong, 2009). 천년초의 생리활성 및 가공제품에 관한 연구는 주로 천년초의 열매와 줄기로 이루어졌으며, 뿌리는 민간에서 혈액순환, 불면증, 심장병 등에 효과가 있는 것으로 알려져 있으며 특히 삼 냄새와 비슷하여 태삼이라 불리기도 한다. 그러나 아직까지 천년초 뿌리에 대한 연구는 전무한 실정이다.

염증 반응은 생체에 이물질이 감염 또는 침입하였거나 물리 화학적 손상을 입었을 때 이를 방어하기 위한 국소적 현상이지만, 과잉의 생체 방어 반응은 염증 국소 주위에 있는 정상 조직을 손상시켜 염증 질환을 일으킨다(Stuehr 등, 1991). 비만세포는 아토피 피부염, 기관지 천식, 알레르기성 비염 같은 염증 반응에 관련되는 주요 세포 중 하나(Baggiolini, 2001)로써 IgE 매개 면역반응과 관련되어 있으며, 특히 외부자극으로부터 활성화

화된 비만세포는 histamine과 같은 혈관확장물질들을 분비하며, 염증유발물질인 다양한 IL-6, IL-8, TNF- α 와 같은 cytokine 분비를 자극한다(Seo 등, 2008).

따라서 본 연구를 통해 천년초 뿌리의 항산화 효과뿐 아니라, PMACI로 염증이 유발된 비만세포(human mast cell-1)를 타겟 세포로 하여 염증 유발 매개물질인 tumor necrosis factor (TNF)- α , interleukin (IL)-1 β 와 IL-6의 변화를 관찰함으로써 이들의 항염증 효과를 확인하여 천년초 뿌리의 항산화 및 염증 예방에 효과적인 생리기능을 갖는 기능성 소재로서의 가치를 평가하고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

실험 재료. 식물재료로 사용된 천년초 뿌리는 2012년 7월 영덕의 솔밭재 천년초 농장으로부터 제공받아 사용하였다.

시약. 세포배양에 필요한 Iscove's Modified Dulbecco's Media (IMDM)와 fetal bovine serum (FBS)은 HyClon (USA) 제품을 구입하여 사용하였다. HMC-1의 염증 유도 및 세포 생존율의 측정을 위한 phorbol-12-myristate 13-acetate plus calcium ionophore A23187 (PMACI)와 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl) 2,5-diphenyltetrazolium bromide (MTT), 항산화 측정을 위한 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH), 2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS)는 Sigma (USA) 제품을 구입하여 사용하였다. Cytokine (human IL-1 β , IL-6, IL-8과 TNF- α)과 ELISA Set는 BD Biosciences (USA)에서 구입하여 사용하였으며, 실험에 필요한 모든 시약은 특급 시약을 사용하였다.

추출물 및 분획물의 조제방법. 음건한 천년초 뿌리 3.8 kg을 잘게 분쇄하여 80% methanol (MeOH, 10 L \times 3)을 가하여 실온에서 24시간 3회 반복 추출한 후 여과하였다. 얻어진 여액을 합쳐 감압 농축하여 MeOH추출물을 얻었다. 얻어진 MeOH 추출물을 물 (1.5 L)에 현탁하여 ethyl acetate (EtOAc, 1.5 L \times 3), butanol (*n*-BuOH, 1.5 L \times 3)로 분배 추출하였다. 각 층을 감압 농축하여 EtOAc 분획물(21.1 g), *n*-BuOH (53.4 g) 및 H₂O (255.4 g)분획을 얻었다.

총페놀 함량 측정. 추출물에 대한 시료의 페놀 함량은 Folin-Ciocalteu법(Minussi 등, 2003)에 따라 분광광도계를 이용하여 760 nm에서 흡광도를 측정하여 분석하였다. 각각의 시료를 dimethylsulfoxide (DMSO)에 일정 농도로 녹인 후 0.5 mL씩 test tube에 취하여 증류수 7 mL를 첨가하고 folin Ciocalteu's phenol reagent 0.5 mL를 넣고 1분간 혼합하였다. 여기에 탄산나트륨 포화용액 1 mL를 넣은 후 혼합하여 실온에서 1시간 방치시키고 760 nm에서 UV/VIS spectrophotometer (Optizen, Korea)를 사용하여 흡광도를 측정하였다. 총 페놀 함량을 정량하기 위해 표준물질 tannic acid를 DMSO에 녹여 일정한 농도별로 조제하고 시료와 동일한 방법으로 실험하여 검량선을 작성하고 각 추출물의 총 페놀 함량을 측정하였다.

1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) 소거능 측정. Free radical 소거활성은 Blois 등(1958)의 방법을 변형하여 DPPH free radical 소거활성으로 측정하였다. 즉, 각 농도별 추출물 0.1 mL에 2 \times 10⁻⁴ M DPPH용액 0.1 mL를 가하고 10초간 혼합한 뒤 상온에서 60분간 방치 후 525 nm에서 UV/VIS spectrophotometer를 사용하여 흡광도를 측정하였다. DPPH free radical 소거능은 시료 용액의 첨가구와 무첨가구 사이의 흡광도의 차이를 백분

율로 나타냈다.

Free radical scavenging activity (%)={1-(A test-A Blank/B control)} \times 100; A test: 시료 첨가구의 흡광도; A Blank: Blank의 흡광도; B control: 시료 무첨가구의 흡광도.

ABTS free radical 소거능 측정. 총 항산화력 측정은 Re 등(1999)의 방법에 따라 ABTS를 이용하여 측정하였다. ABTS를 7 mM 농도로 증류수에 용해한 다음 2.4 mM의 potassium persulfate를 가하여 ABTS free radical을 생성시켜 실온의 암소에서 12-16시간 동안 방치 후 사용하였다. Radical이 생성된 ABTS 용액을 99% ethanol로 희석하여 700 nm에서 흡광도가 0.70 \pm 0.02가 되도록 조정하였다. 소거능은 ABTS 용액 100 μ L와 시료 100 μ L를 혼합하여 6분간 반응 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였다.

Free radical scavenging activity (%)={1-(A test-A Blank/B control)} \times 100; A test: 시료 첨가구의 흡광도; A Blank: Blank의 흡광도; B control: 시료 무첨가구의 흡광도.

항염증 효과 측정.HMC-1를 IMDM배지에 10% fetal bovine serum(FBS), 100 U/mL penicillin, 100 μ g/mL streptomycin을 첨가하여 사용하였고 배양기에서 37°C와 5% CO₂를 유지하며 배양하였다.

세포를 각각 (7 \times 10⁵ cells/mL)를 96 well plate에 100 μ L/well로 분주하여 20분간 배양 후, 시료를 처리하여 2시간 배양 후, 시료를 처리하고 12시간 후에 MTT assay를 이용해 세포 생존율을 측정하였다.

비만세포(3 \times 10⁵ cells/mL)를 24 well plate에 500 μ L/well로 분주하여 30분 배양 후, 시료를 처리하고 2 시간 뒤 PMA와 A23187 (PMACI)로 8시간 자극하였다. 이 후 상등액을 취해 세포에서 분비된 TNF- α , IL-1 β , IL-6을 ELISA kit (BD Science, Invirtogen)를 이용하여 그 양을 측정하였다.

결과 및 고찰

총 폴리페놀 함량 및 항산화 활성 측정. 천연물의 폴리페놀, 플라보노이드 등의 페놀성 물질의 함량에 비례하여 전자공여능 등의 항산화 활성이 증가한다는 많은 연구 보고에 따르면 페놀성 물질은 천연물의 항산화작용 효과 검증의 지표라고 할 수 있다(Kang 등, 1996). 때문에 천연물의 항산화 효과 검증에 관한 많은 연구에서 폴리페놀 함량을 측정하였고, 폴리페놀 함량이 높을수록 항산화 효과가 뛰어나는 것을 예측할 수 있다.

천년초 뿌리(*Opuntia humifusa* Root; OHR)를 80% MeOH로 추출을 시행한 후, 용매 계통 분획하여 EtOAc (OHRE), *n*-BuOH (OHRB) 및 H₂O (OHRW) 분획물을 얻었다. 각각의 분획물의 총 폴리페놀 함량을 측정된 결과, OHRE (179.3 mg/g)에서 가장 높게 측정되었고, OHRB에서도 94.8 mg/g으로 비교적 높은 총 폴리페놀 함량을 나타내었다(Table 1). 자생식물 및 약용식물의 총 폴리페놀 함량을 분석한 연구 논문을 살펴보면 비수리가 228.9 mg/kg으로 가장 높았고, 양파 187.6 mg/g, 오이 171.9 mg/kg 순으로 나타난 결과(Kim 등, 2012)와 비교하여도 천년초 뿌리의 EtOAc 분획의 총 폴리페놀 함량은 179.3 mg/g으로 비교적 높은 것을 확인하였다.

천년초 뿌리 분획물의 항산화력을 측정하기 위해 유리기와 작용하는 free radical 소거 작용을 측정하는 방법인 DPPH와 ABTS system 방법을 이용하여 측정하였다. 대조군으로는 식품

Table 1 Yield and total polyphenol contents (TPC) of the solvent fractions from the roots of *Opuntia humifusca*

Sample	Yield (%)	TPC (mg/g TAE)
H ₂ O Fr.	5.9	26.7
EtOAc Fr.	0.5	179.3
<i>n</i> -BuOH Fr.	1.5	94.8

TPC; Total polyphenol contents.
TAE; tannic acid equivalents.

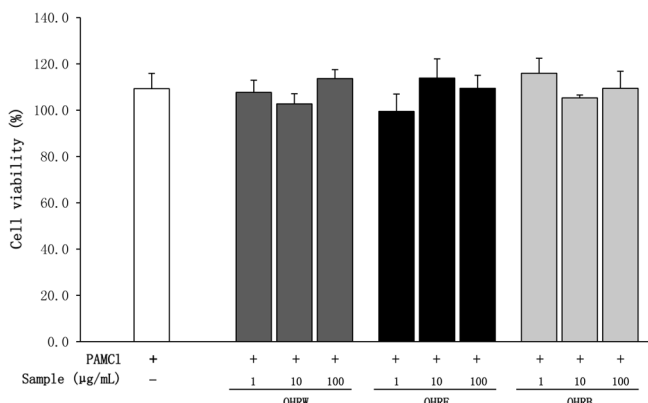


Fig. 1 Cytotoxicity of HMC-1 by the solvent fractions from the roots of *Opuntia humifusca*. HMC-1 cells (3×10^5 cells/well) were incubated with the roots of *O. humifusca* fractions (1–100 µM) for 12 h. Cell viability was evaluated by MTT colorimetric assay. OHRW; *O. humifusca* root water fraction, OHRE; *O. humifusca* root EtOAc fraction, OHRB; *O. humifusca* root *n*-BuOH fraction. All data were represented in the mean \pm SD of triplicate determinations from triplicate separate experiments.

보존제로 널리 이용되는 butylated hydroxy toluene (BHT)과 우수한 항산화 효과가 검증된 비타민 C (ascorbic acid, AsA)를 사용하였다. Free radical 소거활성을 측정 한 결과, DPPH와 ABTS 모두 OHRE > OHRB > OHRW 순으로 항산화력이 증가됨을 확인할 수 있었다. 그 중 OHRE 분획물은 DPPH의 IC₅₀ 값이 77.0 \pm 1.38 µg/mL로 가장 높은 free radical 소거 활성을 나타내었고, ABTS의 IC₅₀ 값은 26.3 \pm 2.02 µg/mL로 BHT (ABTS: 49.5 \pm 0.24 µg/mL) 보다 매우 우수한 소거활성을 나타내었다. OHRB는 ABTS의 IC₅₀ 값이 54.7 \pm 1.49 µg/mL로 BHT의 IC₅₀ 값 49.5 \pm 0.24 µg/mL와 유사한 소거활성을 보였다 (Table 2). 이러한 결과는 눈개승마의 EtOAc 분획물이 가장 우수한 전자공여능을 나타낸 보고와 비슷하였고(Kim 등, 2011), 각 추출물이 함유하고 있는 총 폴리페놀 함량이 증가하면 항산화 활성도 증가한다는 보고와 유사하였다(Lee 등, 2004b).

염증이 유도된 HMC-1에서의 염증 매개 물질 조절. 인체 유래 면역담당 세포인 mast cell-1에서의 천년초 뿌리 분획물의 항염증 효과를 확인하기 전 분획물의 세포독성을 확인하기 위해 MTT assay를 이용하여 각각의 분획물 처리에 의한 HMC-1의 생존율을 확인하였다. 그 결과 각 분획물의 1–100 µg/mL 농도에서 100% 이상의 생존율을 나타내 독성이 없는 것으로 확인되었으며, 동일 농도를 사용하여 항염증 효과를 측정하였다(Fig. 1).

TNF- α 는 다양한 생물학적 기능을 갖는 대표적인 염증성 사이토카인이며, 비만세포로부터 분비되는 TNF- α 는 알레르기 천

Table 2 IC₅₀ value of DPPH and ABTS radical scavenging activities from the roots of *Opuntia humifusca*

Sample	DPPH radical scavenging activity IC ₅₀ (µg/mL) ¹⁾	ABTS radical scavenging activity IC ₅₀ (µg/mL)
OHRW	640.9 \pm 2.19	159.0 \pm 2.74
OHRE	77.0 \pm 1.38	26.3 \pm 2.02
OHRB	318.2 \pm 3.10	54.7 \pm 1.49
BHT	53.8 \pm 1.18	49.5 \pm 0.24
AsA	4.2 \pm 0.14	2.8 \pm 0.20

BHT, butylated hydroxy toluene.

AsA, ascorbic acid.

¹⁾IC₅₀ represents the concentration of a sample required for 50% inhibition of the DPPH radical.

²⁾All compounds were examined in a set of experiments repeated three times.

식에서 초기에서부터 만성 염증반응 발달에 기여하는 것으로 알려져 있다. 천년초 뿌리 분획물의 PMACI로 염증이 활성화된 비만세포(HMC-1)에서 분비되는 TNF- α 의 생성 억제효과를 측정 한 결과, TNF- α 생성은 PMACI 비처리군(9.2 pg/mL)에 비해 PMACI 단독처리군(76.8 pg/mL)은 현저히 높게 증가 되었고, 각각의 분획물을 처리함에 따라 유의적으로 생성이 감소됨을 확인할 수 있었다($p < 0.05$). OHRW의 경우 시료 농도 증가에 따라 50–40 ng/mL로 생성이 저해되었으나 농도에 따른 유의적인 차이는 없었다. OHRE는 1 µg/mL 농도에서 49.5 pg/mL로 같은 농도의 OHRW와 유사한 생성 저해효과를 보였으나, 10–100 µg/mL에서는 TNF- α 생성이 현저히 감소(22.2–25.1 pg/mL) 되어 분획물 중 가장 낮은 TNF- α 생성을 나타냈으며, PMACI로 염증이 활성화된 HMC-1에서 OHRE가 염증 매개 물질인 TNF- α 를 효과적으로 억제하는 것을 확인할 수 있었다. OHRB의 TNF- α 생성 저해 효과를 살펴본 결과, 농도 의존적으로 생성량이 감소되었고, 1 µg/mL 농도에서 40.9 pg/mL의 생성량을 보여 같은 농도에서 OHRW, OHRE와 비교시에도 더 낮은 생성량을 보였고, 100 µg/mL에서는 OHRE와 유사한 저해 효과를 나타냈다.

염증이 활성화된 HMC-1에서 각각의 분획물 처리에 따른 IL-1 β 생성량을 확인한 결과, PMACI 단독 처리군(7.9 pg/mL)은 PMACI 비처리군(2.3 pg/mL)에 비해 IL-1 β 생성이 증가되었고, 반면 OHRE (4.0–3.7 pg/mL), OHRB (3.2–2.8 pg/mL), OHRW (5.2–3.6 pg/mL)의 처리로 IL- β 생성이 억제되었으며 분획물간의 유의적인 차이는 없었다.

IL-6는 T 세포, monocyte, macrophage, synovial fibroblast 등의 면역세포에서 분비되는 염증성 사이토카인으로서 세포 활성화를 유도하며, 비만세포로부터 분비되어 알레르기 염증 반응을 통해 사람의 천식과 동물의 수동피부 아나필락시스(passive cutaneous anaphylaxis)를 유발하는데 기여한다(Binetruy 등, 1991; Bhattacharyya 등, 2002).

IL-6의 생성 억제 효과를 살펴본 결과, PMACI 단독처리군에서는 IL-6의 높은 생성(280.6 pg/mL)을 보였고, OHRW 1 µg/mL 처리 농도에서는 294.5 pg/mL의 생성을 보였으나, 100 µg/mL 농도에서는 85.0 pg/mL로 IL-6의 생성이 억제되는 것을 확인하였다. OHRE의 IL-6 생성 억제 효과를 살펴본 결과, 1 µg/mL의 농도에서 106.4 pg/mL로 감소됨을 확인할 수 있었고, 10 µg/mL (78.6 pg/mL)와 100 µg/mL (54.0 pg/mL) 농도에서는 PMACI 비처리군(54.2 pg/mL)에 가까운 IL-6생성 억제 효과를

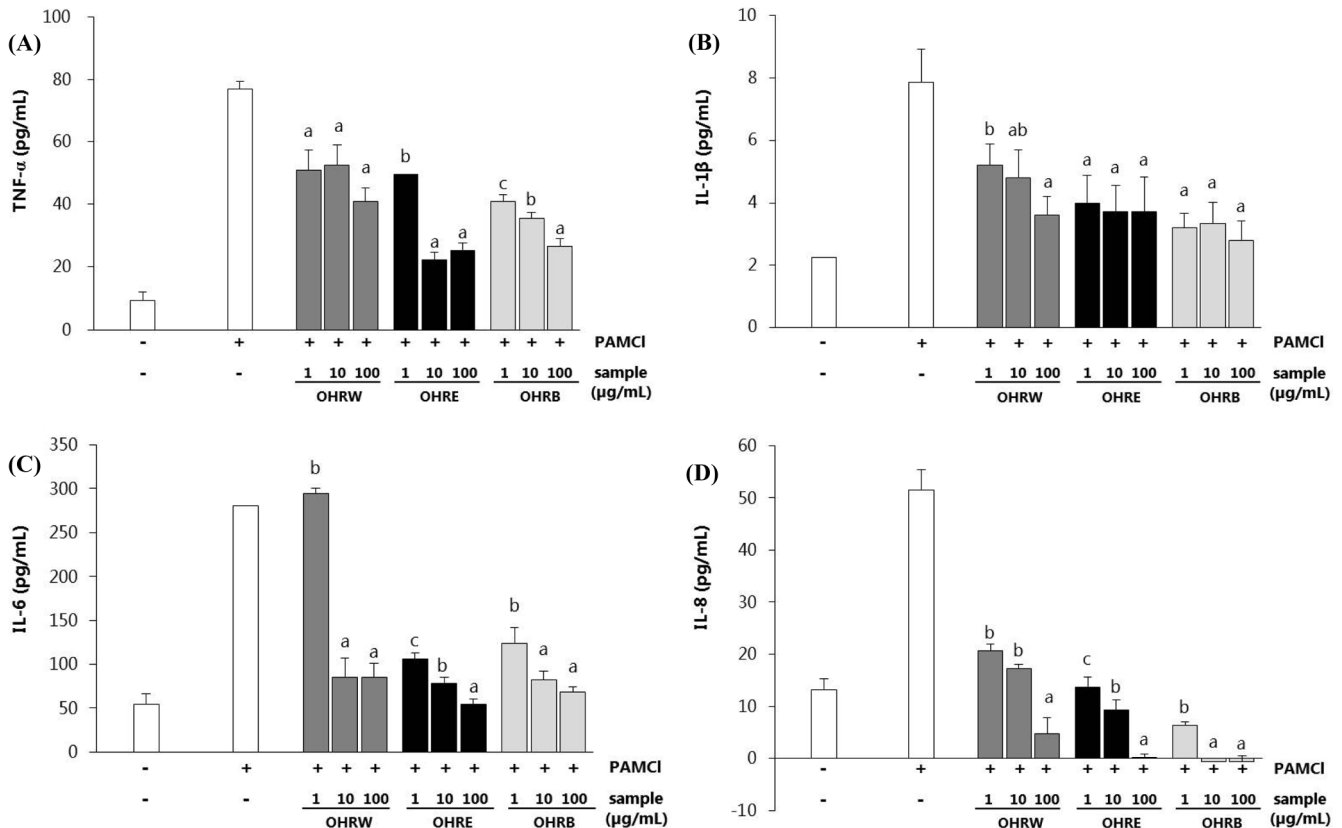


Fig. 2 Effects of the roots of *Opuntia humifusa* fractions on PMACI-induced inflammatory cytokine levels in cell culture supernatant of HMC-1. (A), (B), (C), (D) Cells were pre-treated with *O. humifusa* root fractions (1–100 μ M) for 1 h and then stimulated PMACI for 12 h. The levels of inflammatory cytokines (TNF- α , IL- β , IL-6, and IL-8) were measured from cell supernatant using ELISA. OHRW; *O. humifusa* root water fraction, OHRE; *O. humifusa* root EtOAc fraction, OHRB; *O. humifusa* root *n*-BuOH fraction. All data were represented in the mean \pm SD of triplicate determinations from triplicate separate experiments.

나타내었다. OHRB의 경우도 123.8 pg/mL–68.1 pg/mL로 PMACI 처리로 인한 IL-6의 생성을 농도 의존적으로 억제함을 확인하였다.

IL-8은 비만세포를 포함하여 T 세포, B 세포, neutrophil의 migration에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Gracie 등, 1999). PMACI 처리로 인해 IL-8 생성이 현저히 증가(51.5 pg/mL)됨을 확인할 수 있었고, 천년초 뿌리 분획물의 처리에 따라 IL-8의 생성량이 효과적으로 감소되어 PMACI 비처리군(13.2 pg/mL)과 유사한 생성량을 나타내는 것을 확인할 수 있었다.

본 실험 결과 천년초 뿌리의 각 분획물(OHRE, OHRB, OHRW)은 PMACI처리로 HMC-1 cells에 염증이 활성화되었을 때, TNF- α 를 비롯해 IL- β , IL-6, IL-8등의 염증 매개 물질을 효과적으로 억제하는 것을 확인할 수 있었고, 그 중 OHRE는 PMACI 비처리군에 가까운 염증 억제 효과가 있는 것을 확인하여 천년초 뿌리는 염증성 질환에 매우 효과가 있을 것으로 사료된다.

초 록

본 연구에서는 천년초 분획물에 따른 항산화 및 항염증 효과를 확인하고자 80% MeOH로 추출하여, 추출물을 EtOAc Fr., *n*-

BuOH Fr. 및 H₂O Fr. 로 용매 분획하였다. 각 분획물에 대하여 총 폴리페놀 함량, DPPH 및 ABTS radical scavenging 방법을 이용한 항산화 활성 측정 결과, 모든 분획에서 항산화 활성을 확인하였고, 그 중 OHRE 분획은 가장 높은 총 폴리페놀 함량(179.3 mg/g)을 나타내었고, IC₅₀ 값이 DPPH는 77.0 \pm 1.38 μ g/mL, ABTS는 26.3 \pm 2.02 μ g/mL로 가장 높은 항산화 활성을 나타내었다. 또한 항염증 효과는 PMACI로 HMC-1 cells에 염증을 유발시킨 뒤 천년초 뿌리 분획물을 처리하여 TNF- α 를 비롯해 IL- β , IL-6, IL-8등의 염증 매개 물질을 효과적으로 억제하는 것을 확인하였다. 이상의 결과로부터 천년초 뿌리는 높은 항산화 활성과 및 염증 매개 물질의 생성을 억제하는 우수한 항염증 효과가 있는 것으로 확인되었다.

Keywords 비만세포 · 천년초 · 항산화 · 항염증

감사의 글 본 연구는 2011년도 지식경제부에서 지원하는 지역연구산업육성사업(RIS)에 선정된 대구한의대학교 RIS 약선식품브랜드화사업단(접수번호: A000900017)의 연구사업비의 일부로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

References

Baggiolini M (2001) Chemokines in pathology and medicine. *J Intern Med*

- 250, 91–104.
- Bhattacharyya A, Pathak S, Datta S, Chattopadhyay S, Basu J, and Kundu M (2002) Mitogen-activated protein kinases and NF- κ B regulate H. pylori-mediated IL-8 release from macrophages. *Biochem J* **366**, 376–82.
- Binetruy B, Smeal T, and Kariu M (1991) Ha-Ras augments c-Jun activity and stimulates phosphorylation of its activation domain. *Nature* **351**, 122–7.
- Blois MS (1958) Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* **181**, 1199–200.
- Cho IK, Jin SW, and Kim YD (2009) Analysis of components in the parts of *Opuntia ficusindica* from Shinan Korea. *Korean J Food Preserv* **16**, 742–6.
- Choi HJ, Park SC, and Hong TH (2005) Anti-tumor activity of fermented lipid *Opuntia humifusa* in cervical cancer cells and its chemical composition. *Korean J Soc Food Sci Nutri* **34**, 1525–30.
- Choi JH (2010) Structural analysis and immuno-stimulating characteristics of *Opuntia humifusa*. MS thesis. Kyonggi University. Korea.
- Gracie JA, Forsey RJ, Chan WL, Gilmour A, Leung BP, Greer MR et al. (1999) A proinflammatory role for IL-8 in rheumatoid arthritis. *J Clin Invest* **13**, 85–94.
- In JG, Lee BS, Han SH, Shin CW, and Yang DC (2006) A study of the origin of Chunnyeoncho *Opuntia*. *Korean J Medicinal Corp Sci* **14**, 566–7.
- Kang YH, Park YK, and Lee GD (1996) The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. *Korean J Food Sci Technol* **28**, 232–9.
- Kim EJ, Choi JY, Yu MR, Kim MY, Lee SH, and Lee BH (2012) Total polyphenols, total flavonoid contents, and antioxidant activity of Korean natural and medicinal plants. *Korean J Food Sci Technol* **44**, 337–42.
- Kim KT, Choi AR, Lee KS, Joung YM, and Lee KY (2007) Quality characteristics of bread made from domestic Korean wheat flour containing cactus Chounnyuncho (*Opuntia humifusa*) powder. *Korean J Food Cookery Sci* **23**, 461–8.
- Kim MH and Hong GJ (2009) Quality properties of Jeolpyun supplemented with Cheonnyuncho (*Opuntia humifusa*). *Korean J Food Cookery Sci* **25**, 415–20.
- Kim MS, Kim KH, Jo JE, Choi JJ, Kim YJ, Kim JH et al. (2011) Antioxidative and antimicrobial activities of *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus* Hara extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **40**, 47–55.
- Lee KS, Kim MG, and Lee KY (2004a) Antimicrobial effect of the extracts of cactus Chounnyuncho (*Opuntia humifusa*) against food borne pathogens. *Korean J Soc Food Sci Nutri* **33**, 1268–72.
- Lee KS, Oh CS, and Lee KY (2005) Antioxidative effect of the fractions extracted from a cactus Cheonnyuncho (*Opuntia humifusa*). *Korean J Food Sci Technol* **37**, 474–8.
- Lee SE, Kim YS, Kim JE, Bang JK, and Seong NS (2004b) Antioxidant activity of *Ulmus davidiana* var. *japonica* N. and *Hemipteleae davidii* P. *J Korean Med Crop Sci* **12**, 321–7.
- Minussi RC, Rossi M, Bologna L, Cordi L, Rotilio D, Pastore GM et al. (2003) Phenolic compounds a total antioxidant potential of commercial wines. *Food Chem* **82**, 409–16.
- Park MK, Lee YJ, and Kang ES (2005) Hepato protective effect of Cheonnyuncho (*Opuntia humifusa*) extract in rats treated carbon tetrachloride. *Korean J Food Sci Technol* **37**, 822–6.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Yang M, and Rice-Evans C (1999) Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biol Med* **26**, 1231–7.
- Seo UK, Lee JI, Park JH, and Park YK (2008) The ethylacetate extract of north Kangwhal (*Ostericum koreanum*) attenuates the inflammatory responses in PMA/A23187-stimulated mast cells. *Korean J Herbology* **23**, 81–9.
- Stuehr DJ, Cho HJ, Kwon NS, Weise MF, and Nathan CF (1991) Purification and characterization of the cytokine-induced macrophage nitric oxide synthase: and FDA and FMN containing flavoprotein. *Proc Natl Acad Sci* **88**, 7773–7.
- Yoon JA, Hahm SW, Park JE, and Son YS (2009) Total polyphenol and flavonoid of fruit extract of *Opuntia humifusa* and its inhibitory effect on the growth of MCF-7 human breast cancer cells. *Korean J Soc Food Sci Nutr* **38**, 1679–84.