Korean J. Plant Res. 26(5):519-525(2013)
http://dx.doi.org/10.7732/kjpr.2013.26.5.519

Print ISSN 1226-3591
Online ISSN 2287-8203

Original Research Article

손바닥선인장의 생리활성 비교 연구

박철민, 곽병희, 박시형, 김 휘, 류동영*

목포대학교 한약자원학과, 한방산업연구소

Comparison of Biological Activities of *Opuntia humifusa* and *Opuntia ficus-indica*

Chul Min Park, Byoung Hee Kwak, Si Hyung Park, Hui Kim and Dong Young Rhyu*

Department of Oriental Medicine Resources and Institute of Korean Medicine Industry, Mokpo National University, Muan-gun 534-729, Korea

Abstract - The *Opuntia* extract has been traditionally used to treat diabetes, inflammation, and rheumatoid arthritis in oriental medicine. The purpose of this study is to investigate characteristics of biological activity between *Opuntia humifusa* and *Opuntia ficus-indica* which is cultivating in korea using cell-free system or cell-based assay. *O. humifusa* extract effectively inhibited α-glucosidase activity or improved the immune function, and its biological activity was more effective than *O. ficus-indica* extract. The scavenging activity of DPPH radical and the inhibitory effect of tyrosinase similarly showed by *O. humifusa* and *O. ficus-indica* extract, however neuroprotective effect only showed a tendency to increase compared with control in PC12 cells. Therefore the results suggest that *O. humifusa* can be a useful agent for treatment of diabetes and immunodeficiency.

Key words - Biological activity, Diabetes, Immunodeficiency, *Opuntia ficus-indica*, *Opuntia humifusa*

서 언

지구상에는 4,000여종의 선인장이 있는데 그 중 부채선인장속(*Opuntia*) 선인장을 손바닥 모양처럼 생겼다하여 손바닥선인장으로 부른다. 우리나라에서는 오래 전부터 민간요법으로 손바닥선인장의 열매와 줄기를 변비, 이뇨, 식욕증진, 피부질환, 류마티스 및 화상치료에 사용하고 있다(김, 1996). 한의약 고서인 본초강목(本草綱目)에 의하면 손바닥선인장은 기관지, 천식, 기침, 폐질환, 위염, 변비, 장염, 신경통, 관절염 등에 효능이 있는 것으로 알려져 있다(Park *et al.*, 2012). 이러한 부채선인장속의 선인장에는 다양한 종이 있고 대부분 야생에서 자라지만 멕시코, 칠레, 아르헨티나, 미국에서는 상업적으로 재배되고 있다. 우리나라에서 재배되고 있는 손바닥선인장은 *Opuntia ficus-indica*와 *Opuntia humifusa* 이다. *O. ficus-indica*는 선인장과에 속하는 열대성 식물로 제주도에 널리 분포되어 있고, 지역특산품 제조를 위한 생물소재로 지정되어 다양한 형태의 기호 식품으로 개발되어 시판되고 있으며, 식이섬유, 배당체, 플라보노이드 등의 성분이 함유되어 있다고 알려져 있다(Ginestra *et al.*, 2009). 더불어 *O. ficus-indica* 추출물은 스트레스로 인한 위염, 대사성 질환으로 인해 발생되는 비알콜성 지방간, 당뇨, 산화적 스트레스, 면역활성, 기억력 개선에 효과적인 것으로 밝혀졌다(Butterweck *et al.*, 2011; Kim *et al.*, 2010; Kim *et al.*, 2012; Kwon *et al.*, 2008; Lee *et al.*, 2002; Morán-Ramos *et al.*, 2012). *O. humifusa*는 전남 신안군 지도읍에서 재배되고 있는 손바닥선인장으로서 본 연구그룹의 이전 연구결과에 따르면 과일의 색깔, 주간과 큰 가시의 존재 여부와 같은 외부형태학적 감정 및 random amplification of polymorphic DNA(RAPD)에 의한 유전적 다양성 분석에 따르면 *O. ficus-indica*와 *O. humifusa*의 유전적 동일성이 0.37로 나타나 기원이 다른 종으로 확인되었다. 또한, 두 종간의 성분 분석 결과에서도 *O. ficus-indica*에서는 검출되지 않았거나 미량 검출된 플라보노이드 배당체 4종이 *O. humifusa*에서 검출되었고 이 물질들은 *O. humifusa*에서는 처음 보고된 물질이었다

*교신저자(E-mail) : rhyudy@mokpo.ac.kr

ⓒ 본 학회지의 저작권은 (사)한국자원식물학회지에 있으며, 이의 무단전재나 복제를 금합니다.

(Park *et al.*, 2007). 최근 들어 *O. humifusa* 추출물의 항염증, 라디칼 소거능, 항당뇨, 항균 및 항암효과와 같은 생리활성 효과가 보고된 바 있다(Cho *et al.*, 2006; Hahm *et al.*, 2011; Lee *et al.*, 2004; Lee *et al.*, 2012). 그러나 아직까지 우리나라에 분포되어 있는 *O. humifusa*와 *O. ficus-indica* 두 종간의 생리활성에 관한 비교 연구는 거의 전무한 상태이다. 따라서 본 연구에서는 우리나라에서 주로 재배되고 있는 손바닥선인장 두 종간의 생리활성을 비교 연구함으로써 종의 차이에 따른 기능적 특성을 구별하고자 한다.

재료 및 방법

시약

1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH), α-glucosidase, p-nitrophenyl α-D-glucopyranoside, tyrosinase, L-3,4-dihydroxylphenylalanine (L-DOPA), *N*-acetyl cysteine (NAC), ascorbic acid, lipopolysaccharide (LPS)은 Sigma (MO, U.S.A) 사로부터 구입하였고, RPMI 1640 media, fetal bovine serum (FBS), phosphate buffered saline (PBS), trypsin, penicillin-streptomycin은 Hyclone (Longan, USA)에서 구입하였다. Interleukine (IL)-12와 tumor necrosis factor (TNF)-α ELISA kit은 Genzyme (Cambridge, MA, USA)사로부터 구입하였다. 실험에 사용된 시약 및 용매는 특급 또는 1급 시약을 사용하였다.

추출물 제조

본 실험에 이용된 전남 신안군 지도읍의 손바닥선인장(*O. humifusa*; OH)과 제주도 손바닥선인장(*O. ficus-indica*; OFI) 줄기를 채취한 후에 물로 세척하고 가시를 제거한 다음에 잘게 자르고 약탕기에 넣고 물로 추출하였다. 그런 다음에 추출액에 포함된 다당류 성분을 분리하고자 손바닥선인장 물 추출물에 에탄올을 첨가하여 80% 에탄올 용액으로 만든 후 냉장보관(4℃) 하였다. 24시간이 지난 후, 침전된 백색의 다당류 성분을 여과시키는 과정을 3회 반복하여 얻은 다당류 추출물과 여액을 회전 감압 농축기를 이용하여 농축시켜 동결 건조한 후에 분말을 만들어 실험에 이용하였다. 실험에 사용된 전남 신안군 손바닥선인장 줄기 추출물은 OH-S, 전남 신안군 손바닥선인장 줄기 다당류 추출물은 OH-SP, 제주도 손바닥선인장 줄기 추출물은 OFI-S, 제주도 손바닥선인장 줄기 다당류 추출물은 OFI-SP로 표기하였고, 수율은 1, 0.2, 1.4, 1% 정도였다.

1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) 라디칼 소거능

DPPH는 라디칼이지만 다른 라디칼 유도물질보다는 안정된 화학구조 때문에 천연자원의 항산화 효과를 측정하는데 일반적으로 활용되는 실험방법이다(Malterud *et al.*, 1993). 각 시료 추출물을 각 농도별로 조제한 용액을 96-well plate에 각 well당 100 μl씩 넣은 다음에 150 μM DPPH 용액을 각 well에 100 μl씩 첨가하고 차광상태로 30분 동안 실온에 방치한 후에 ELISA reader (Immuno Mini NJ-2300)로 540 nm에서 흡광도를 측정하였다. 실험결과는 대조군에 대한 시료의 DPPH 라디칼 소거능으로 계산하였으며, 모든 실험은 3회 반복하였고 NAC는 항산화제로서 양성 대조물로 사용하였다.

α-Glucosidase 활성 억제능

α-Glucosidase (1.4 mU/ml)와 농도별 시료를 37℃에서 5분간 preincubation 시키고 6 mM p-nitrophenyl α-D-glucopyranoside를 가하여 37℃에서 15분간 반응시킨 후에 0.1 M Na_2CO_3 용액을 가하여 반응을 정지시킨 다음에 ELISA reader (Immuno Mini NJ-2300)로 400 nm에서 흡광도를 측정하여 α-glucosidase 활성 억제능을 계산하였다. 양성 대조물로 현재 경구 혈당강하제로 시판되고 있는 acarbose를 사용하였다.

Tyrosinase 활성 억제능

멜라닌 색소는 피부를 보호하는 긍정적인 면을 갖고 있으나 과잉생성은 기미, 주근깨, 피부 반점 등을 유발시키므로 멜라닌 생합성에 관여하는 주요 효소인 tyrosinase의 활성 억제효과를 측정하여 미백효과를 검증하였다(Chan *et al.*, 2011). Tyrosinase 활성 억제능은 96-well plate에 시료와 8 mM L-DOPA 120 μl, tyrosinase (125 U/ml) 40 μl을 첨가한 후에 37℃에서 20분간 반응시킨 다음에 ELISA reader (Immuno Mini NJ-2300)로 490 nm에서 흡광도를 측정하였다. 양성 대조물로 ascorbic acid를 사용하였다(Iwai et al., 2004, Winitchai et al., 2011).

대식세포의 cytokine 분비량 측정

면역증강효과를 측정하기 위해 활성화된 대식세포에 의해 분비되는 cytokine의 생성량을 측정하였다(Moon *et al.*, 2000). 실험에 사용한 대식세포는 한국세포주은행으로부터 구입한 J774A.1 세포를 RPMI 1640배지에서 계대배양하여 실험에 사용하였다. 대식세포의 활성화에 따라 배지내로 분비되는 cytokine 생성량 측정을 측정하기 위하여 대식세포를 24-well plate에 2×10^4 cells/well의 농도로 세포를 분주하고 시료와 LPS (1 μ

g/ml)를 첨가하고 37℃, 5% CO_2 배양기에서 48시간 배양 후 상등액을 원심분리 하여 −20℃에 보관하여 실험에 이용하였다. 대식세포로부터 분비된 IL-12와 TNF-α의 생성량은 ELISA kit를 이용하여 측정하고, 표준물질에 의해 얻어진 표준곡선을 통하여 시료에서 얻어진 O.D 값을 비교하여 cytokine의 생성량을 계산하였다.

PC12 세포의 산화적 손상 억제효과 측정

PC12 세포에 미치는 시료의 세포독성 및 세포사멸을 평가하기 위해 MTT assay를 수행하였다. PC12 세포를 96-well plate에 2×10^4 cells/well로 분주하였으며, 24시간 동안 배양하였다. 24시간 동안 배양한 후에 시료를 첨가하고 다시 2시간 배양한 후, 250 μM H_2O_2를 첨가하고 24시간 동안 배양하였다. 그런 다음에 MTT (2 mg/ml) 용액을 각 well에 첨가하여 3시간 동안 반응시켰다. MTT 용액을 제거하고 DMSO을 넣고 15분 후에 540 nm (Immuno Mini NJ-2300)에서 흡광도를 측정하여 그 결과를 control 값에 대한 비율로 계산하였다.

자료분석

모든 실험결과는 평균±표준오차(standard error, SE)로 표현하였다. 각 군간의 차이는 SPSS의 ANOVA (analysis of variance)와 Duncan's multiple range test를 이용하여 $p<0.05$ 수준에서 유의성 있는 것으로 판정하였다.

결과 및 고찰

DPPH 라디칼 소거효과

OH와 OFI 추출물의 DPPH 라디칼 소거효과는 Table 1과 같다. 모든 시료의 DPPH 라디칼 소거효과는 양성 대조물인 NAC보다 낮게 보이지만, OH-S와 OFI-S 추출물이 OH-SP와 OFI-SP에 비해 라디칼 소거능이 우수함을 확인하였다. OH와 OFI 추출물의 DPPH 라디칼 소거효과는 큰 차이는 없었으나 OFI-S 추출물이 다른 시료에 비해 가장 뛰어난 DPPH 라디칼 소거능을 나타냈다. OH와 OFI 줄기 추출물의 라디칼 소거능 또는 항산화 효과에 관한 연구결과는 잘 알려져 있으며(Lee *et al.*, 2002; Yoon *et al.*, 2012), 열매와 뿌리 추출물의 라디칼 소거효과도 보고된 바 있다(Alimi *et al.*, 2010; Shin *et al.*, 2011). Lee *et al.*(2000)은 손바닥선인장 열매 또는 줄기 메탄올과 50% 메탄올 추출물(1 mg/ml)의 DPPH 라디칼 소거능을 측정한 결과, 열매보다는 줄기 그리고 50% 메탄올 추출물보다는 메탄올 추출물

Table 1. Effect of *Opuntia humifusa* (OH) and *Opuntia ficus-indica* (OFI) on DPPH radical

Samples	Concentration (μg/ml)	Scavenging activity (%)
OH-S	100	6.17 ± 1.28
	250	16.37 ± 1.39
	500	28.75 ± 0.99
OH-SP	100	0
	250	5.09 ± 2.33
	500	13.84 ± 4.06
OFI-S	100	9.67 ± 3.25
	250	26.46 ± 2.94
	500	37.34 ± 0.89
OFI-SP	100	0
	250	0
	500	10.34 ± 3.53
NAC	5	30.69 ± 0.83
	25	88.06 ± 0.56

OH-S; stem of *Opuntia humifusa*, OH-SP; stem polysaccharide of *Opuntia humifusa*, OFI-S; stem of *Opuntia ficus-indica*, OFI-SP; stem polysaccharide of *Opuntia ficus-indica*. N-acetyl cysteine (NAC) is a positive control.

에서 더 효율적인 DPPH 라디칼 소거효과를 나타낸다고 보고한 바 있다. 그러므로 손바닥선인장은 추출용매 또는 추출조건에 따라 라디칼 소거효과가 다르게 나타날 수도 있다.

α-Glucosidase 활성 억제효과

현재 임상적으로 활용되고 있는 당뇨 치료약물은 식후 혈당을 조절하는 경구혈당강하제, 인슐린 분비 촉진제, 인슐린 수용체의 감수성을 증강시키는 약물로 구분되는데 손바닥선인장 추출물의 경구혈당 조절능에 관한 연구결과는 거의 전무하다. α-Glucosidase는 α-amylase에 의해 분해된 당질을 최종적으로 단당류로 전환시키므로 본 효소의 활성 저해효과는 식후 혈당 농도를 조절하는데 매우 중요한 역할을 하고 있다(Benalla *et al.*, 2010). OH-S와 OH-SP 추출물의 α-glucosidase 활성 억제효과는 보이지만 OFI-S와 OFI-SP 추출물에서는 α-glucosidase 활성 억제효과가 전혀 나타나지 않았다(Table 2). 구체적으로 설명하자면, OH-S와 OH-SP 추출물을 50 μg/ml 농도로 첨가하였을 경우에 35%와 19% 정도로 α-glucosidase 활성 억제효과를 나타내므로 OH-S 추출물이 OH-SP 추출물보다 혈당조절에 도움이 되는 것으로 확인되었다(Table 2). 그러나 모든 시료의 α-glucosidase 활성 저해효과는 양성대조물인 acarbose 성

Table 2. Effect of *Opuntia humifusa* (OH) and *Opuntia ficus-indica* (OFI) on α-glucosidase activity

Samples	Concentration (μg/ml)	Inhibition (%)
OH-S	10	25.56 ± 9.98
	50	34.45 ± 0.13
	100	34.40 ± 5.88
	200	36.91 ± 6.42
OH-SP	10	35.12 ± 7.53
	50	18.92 ± 7.08
	100	0
	200	0
OFI-S	10	0
	50	0
	100	0
	200	0
OFI-SP	10	0
	50	0
	100	0
	200	0
Acarbose	0.0005	34.66 ± 8.16
	0.001	36.14 ± 12.82
	0.005	68.71 ± 2.89
	0.01	75.19 ± 6.69

OH-S; stem of *Opuntia humifusa*, OH-SP; stem polysaccharide of *Opuntia humifusa*, OFI-S; stem of *Opuntia ficus-indica*, OFI-SP; stem polysaccharide of *Opuntia ficus-indica*. Acarbose is a positive control.

분보다는 낮은 효과를 나타냈다. 이전의 보고된 연구논문에서도 OH와 OFI 추출물을 당뇨유발 흰쥐에 경구투여 했더니 혈당과 지질대사가 개선되는 것으로 밝혀진 바 있다(Butterweck *et al.*, 2011; Hahm *et al.*, 2011). 그러나 우리나라에 재배되고 있는 손바닥선인장 두 종에 대한 혈당 조절능에 관한 비교연구는 진행된바 없으므로 향후 전임상 동물실험을 시행하여 두 종의 손바닥선인장 추출물에 대한 생체내 혈당 조절효과를 심도 있게 연구할 필요성이 있다.

Tyrosinase 활성 억제효과

모든 시료의 tyrosinase 활성 억제효과는 농도 의존적으로 증가하였으며 OFI-SP 추출물이 가장 효과적인 것으로 확인되었고, 이 효과는 양성대조물인 ascorbic acid 보다 효과가 뛰어나므로 OFI-SP 추출물은 미백효과를 갖는 좋은 생물소재라고 사료된다(Fig. 1). 그러나 OH-S 추출물은 OH-SP 추출물보다 tyrosinase 활성 억제효과가 좋은 것으로 관찰되었다(Fig. 1). Lee *et al.*(2000)은 OFI 줄기 추출물이 열매 추출물보다 tyrosinase 활성 억제효과를 나타낸다고 보고한 바 있다.

대식세포의 cytokine 생성 증가효과

대식세포의 생육활성화로 인한 TNF-α와 IL-12 cytokine의 생성 정도를 측정하여 면역증진 효능을 평가하였다. 대식세포에 LPS 처리 후 TNF-α (1247 pg/ml)와 IL-12 (4590 pg/ml)의 생성량은 크게 증가하였고, 시료 500 μg/ml을 첨가했더니 OH-S

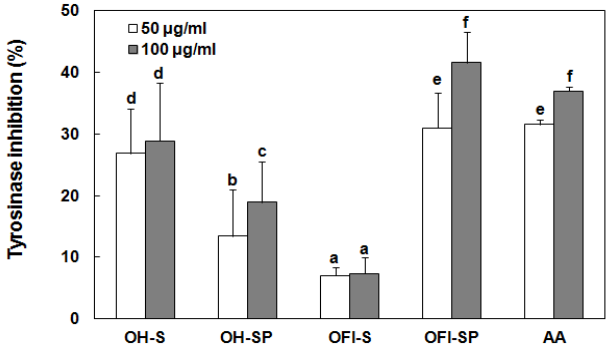

Fig. 1. Effect of *Opuntia humifusa* (OH) and *Opuntia ficus-indica* (OFI) on tyrosinase activity. Ascorbic acid (AA, 50 or 100 μg/ml) is a positive control. Data were expressed as % of control where the value of untreated culture was set as 100%, Mean ± SE (n=6). OH-S; stem of *Opuntia humifusa*, OH-SP; stem polysaccharide of *Opuntia humifusa*, OFI-S; stem of *Opuntia ficus-indica*, OFI-SP; stem polysaccharide of *Opuntia ficus-indica*.

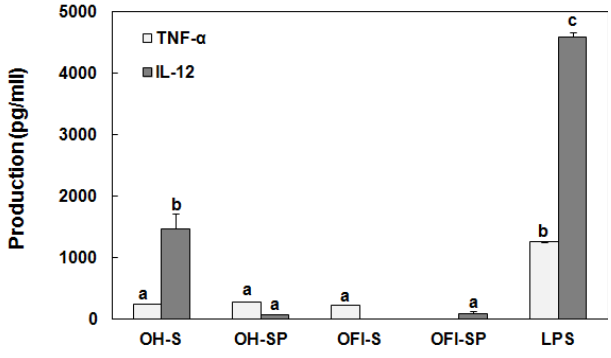

Fig. 2. Effect of *Opuntia humifusa* (OH) and *Opuntia ficus-indica* (OFI) on TNF-α and IL-12 production. Lipopolysaccharide (LPS, 1 μg/ml) is a inducer. Data were expressed as % of control where the value of untreated culture was set as 100%, Mean ± SE (n=6). The concentration of sample is 500 μg/ml. OH-S; stem of *Opuntia humifusa*, OH-SP; stem polysaccharide of *Opuntia humifusa*, OFI-S; stem of *Opuntia ficus-indica*, OFI-SP; stem polysaccharide of *Opuntia ficus-indica*.

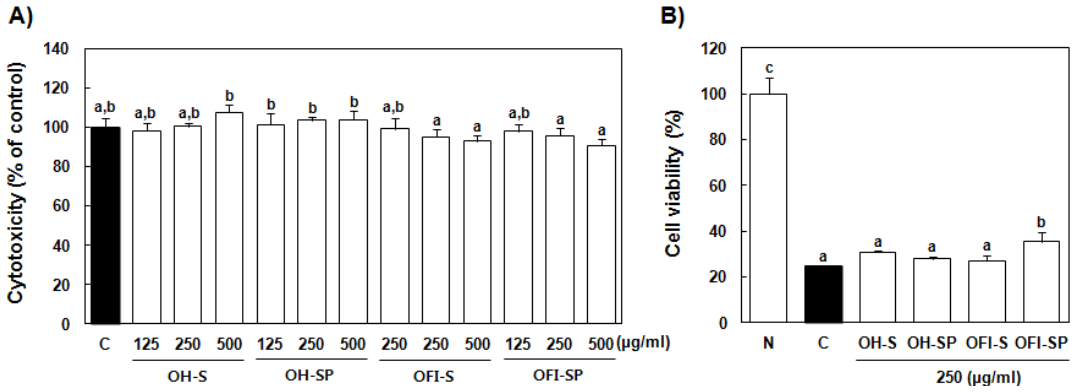

Fig. 3. Effect of *Opuntia humifusa* (OH) and *Opuntia ficus-indica* (OFI) cytotoxicity (A) and H_2O_2-induced cell viability (B) in PC12 cells. Data were expressed as % of control where the value of untreated culture was set as 100%, Mean ± SE (n=6). The concentration of sample is 125, 250, and 500 μg/ml. OH-S; stem of *Opuntia humifusa*, OH-SP; stem polysaccharide of *Opuntia humifusa*, OFI-S; stem of *Opuntia ficus-indica*, OFI-SP; stem polysaccharide of *Opuntia ficus-indica*.

추출물에서 IL-12 생성량(1465 pg/ml)이 효과적으로 크게 증가되어지는 것으로 확인되었다(Fig. 2). 그러므로 OH-S 추출물은 대식세포의 세포활성화로 인한 염증성 cytokine 생성량을 증가시켜 체내 면역기능을 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다. Kwon *et al.* (2008)은 OFI 추출물이 대식세포의 NO 생성량 증가, B와 T cell의 IL-6과 TNF-α 분비량 증가 및 자연살해세포의 활성화를 통해 면역활성을 증진시킬 수 있다고 보고한 바 있다. 또한 Kwon *et al.* (2008)은 면역세포인 B와 T cell의 cytokine 분비량은 60℃ 에탄올 추출물이 물 추출물보다 증가하였고, 초음파를 병행하였을 경우에는 오히려 60℃ 물 추출물이 에탄올 추출물보다 cytokine 분비량이 증가하였다. 그러나 본 실험결과에 따르면 OFI 추출물보다는 OH 추출물이 면역기능 증진효과에 탁월하다고 확인되었다. 그럼에도 불구하고 추출방법에 따라 면역증진 효과가 바뀔 수 있으므로 면역기능과 관련된 성분분리 또는 상품개발을 위해서는 가장 효율적인 추출방법에 관한 추가실험이 필요하다.

PC12 세포의 산화적 손상 억제효과

OH와 OFI 추출물을 PC12 세포에 첨가했을 경우, 시료를 첨가하지 않은 대조군에 비해 500 μg/ml 농도까지는 PC12 세포의 세포독성 및 세포사멸에 아무런 영향을 미치는 않는 것으로 확인되었다(Fig. 3A). 또한, Fig. 3B의 결과처럼 PC12 세포의 산화적 손상을 유도하기 위해 H_2O_2 (control)를 첨가했더니 정상세포에 비해 세포생존율이 약 75% 정도 감소하였고, 모든 손바닥선인장 추출물에 의해 세포생존율이 약간 증가하는 경향만을 나타낼 뿐 통계학적으로 의미있는 결과를 얻지 못했다(Fig. 3B). 그러나 Kim *et al.* (2010)은 마우스의 수동회피시험(passive avoidance test)을 통해 손상된 기억력 회복에 OFI 추출물이 효과적이라는 연구결과를 보고한 바 있으며, Kim *et al.* (2006)은 OFI 추출물이 허혈성 뇌손상을 억제시킨다고 밝힌바 있다.

적 요

본 연구는 전남 신안군과 제주도에서 재배되고 있는 손바닥선인장 두 종간의 생리활성을 비교 분석하기 위해 기존에 밝혀진 바 있는 생리활성을 중심으로 *in vitro* 조건에서 DPPH 라디칼 소거능, α-glucosidase와 tyrosinase 활성 억제능, 대식세포의 cytokine 생성 증가효과 및 뇌세포 산화적 손상 억제효과를 측정하였다. α-glucosidase 활성 억제 및 대식세포의 cytokine 생성 증가효과에서는 OFI 추출물의 효과는 거의 없거나 미약하게 보이지만, OH 추출물에서는 매우 효과적으로 높게 나타났다. DPPH 라디칼 소거능과 tyrosinase 활성 억제효과에서는 OFI와 OH 추출물간의 큰 차이가 없으나 OFI 추출물에서 조금 더 좋은 효과를 나타냈다. 손바닥선인장 줄기와 줄기 다당류 추출물의 생리활성 비교 연구에서는 DPPH 라디칼 소거능, α-glucosidase 활성 억제능 및 대식세포의 cytokine 생성 증가효과가 손바닥선인장 줄기 다당류 추출물보다 줄기 추출물에서 효과적인 것으로 관찰되었다. 그러나 OFI 줄기 다당류 추출물의 tyrosinase 활성 억제효과는 양성대조물인 ascorbic acid 보다 높게 나타났다. 뇌세포 산화적 손상 억제효과에서는 시료를 첨가하지 않은 대조군에 비해 모든 추출물에서 뇌세포 사멸을 약간 감소시키는 경향만을 나타냈다. 결론적으로 우리나라에

재배되고 있는 손바닥선인장 두 종의 생리활성을 비교한 결과, OH-S 추출물은 α-glucosidase 활성 억제능 및 대식세포의 cytokine 생성 증가효과 그리고 OFI-SP 추출물은 tyrosinase 활성 억제효과가 상대적으로 뛰어난 것으로 나타났다. 그러나 지역농민의 소득창출을 위한 유용생물자원으로서 고부가가치를 확보하기 위해서는 효율적인 추출법, 전임상 동물실험 그리고 유효성분의 개발과정이 수반되어야 한다고 사료된다.

인용문헌

Alimi, H., N. Hfaiedh, Z. Bouoni, M. Hfaiedh, M. Sakly, L. Zourgui and K.B. Rhouma. 2010. Antioxidant and anti-ulcerogenic activities of *Opuntia ficus indica f. inermis* root extract in rats. Phytomedicine 17(14):1120-1126.

Benalla, W., S. Bellahcen and M. Bnouham. 2010. Antidiabetic medicinal plants as a source of alpha glucosidase inhibitors. Curr. Diabetes Rev. 6(4):247-254.

Butterweck, V., L. Semlin, B. Feistel, I. Pischel, K. Bauer and E.J. Verspohl. 2011. Comparative evaluation of two different *Opuntia ficus-indica* extracts for blood sugar lowering effects in rats. Phytother. Res. 25(3):370-375.

Chan, Y.Y., K.H. Kim and S.H. Cheah. 2011. Inhibitory effects of *Sargassum polycystum* on tyrosinase activity and melanin formation in B16F10 murine melanoma cells. J. Ethnopharmacol. 137(3):1183-1188.

Cho, J.Y., S.C. Park, T.W. Kim, K.S. Kim, J.C. Song, S.K. Kim, H.M. Lee, H.J. Sung, H.J. Park, Y.B. Song, E.S. Yoo, C.H. Lee and M.H. Rhee. 2006. Radical scavenging and anti-inflammatory activity of extracts from *Opuntia humifusa* Raf. J. Pharm. Pharmacol. 58:113-119.

Ginestra, G., M.L. Parker, R.N. Bennett, J. Robertson, G. Mandalari, A. Narbad, R.B. Lo Curto, G. Bisignano, C.B. Faulds and K.W. Waldron. 2009. Anatomical, chemical, and biochemical characterization of cladodes from prickly pear [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.]. J. Agric. Food Chem. 57(21):10323-10330.

Hahm, S.W., J. Park and Y.S. Son. 2011. Opuntia humifusa stems lower blood glucose and cholesterol levels in streptozotocin-induced diabetic rats. Nutr. Res. 31(6):479-487.

Iwai, K., N. Kishimoto, Y. Kakino, K. Mochida and T. Fujita. 2004. In vitro antioxidative effects and tyrosinase inhibitory activities of seven hydroxycinnamoyl derivatives in green coffee beans. J. Agric. Food Chem. 52(15):4893-4898.

Kim, J.H., S.M. Park, H.J. Ha, C.J. Moon, T.K. Shin, J.M. Kim, N.H. Lee, H.C. Kim, K.J. Jang and M.B. Wie. 2006. *Opuntia ficus-indica* attenuates neuronal injury *in vitro* and *in vivo* models of cerebral ischemia. J. Ethnopharmacol. 104(1-2): 257-262.

Kim, J.M., D.H. Kim, S.J. Park, D.H. Park, S.Y. Jung, H.J. Kim, Y.S. Lee, C. Jin and J.H. Ryu. 2010. The n-butanolic extract of *Opuntia ficus-indica* var. saboten enhances long-term memory in the passive avoidance task in mice. Prog. Neuropsychopharmacol. Biol. Psychiatry 34(6):1011-1017.

Kim, S.H., B.J, Jeon, D.H. Kim, T.I. KimI, H.K. Lee, D.S. Han, J.H. Lee, T.B. Kim, J.W. Kim and S.H. Sung. 2012. Prickly pear cactus (*Opuntia ficus indica* var. *saboten*) protects against stress-induced acute gastric lesions in rats. J. Med. Food. 15(11):968-976.

Kwon, M.C., J.G. Han, H.S. Jeong, S.A. Qadir, Y.B. Choi, J.R. Ko, T.I. Lim and H.Y. Lee. 2008. Enhancement of immune activities of *Opuntia ficus-indica* L. Miller by ultrasonication extraction process. Korean J. Medicinal Crop. Sci. 16(1):1-8 (in Korean).

Lee, J.A., B.G. Jung and B.J. Lee. 2012. Inhibitory effects of *Opuntia humifusa* on 7, 12-dimethyl- benz[a]anthracene and 12-O-tetradecanoyl -phorbol-13-acetate induced two-stage skin carcinogenesis. Asian Pac. J. Cancer Prev. 13(9): 4655-4660.

Lee, J.C., H.R. Kim, J. Kim and Y.S. Jang. 2002. Antioxidant property of an ethanol extract of the stem of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*. J. Agric. Food Chem. 50(22):6490-6496.

Lee, K.S., C.S. Oh and K.Y. Lee. 2004. Antimicrobial effects of the extracts of Cactus Chounnyouncho (*Opuntia humifusa*) against food borne pathogens. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 33(8):1268-1272 (in Korean).

Lee, N.H., J.S. Yoon, B.H. Lee, B.W. Choi and K.H. Park. 2000. Screening of the radical scavenging effects, tyrosinase inhibition and anti-allergic activities using *Opuntia ficus-indica*. Korean J. Pharmacogn. 31(4):412-415 (in Korean).

Malterud, K.E., T.L. Farbrot, A.E. Huse and R.B. Sund. 1993. Antioxidant and radical scavenging effects of anthraquinones and anthrones. Pharmacology 47:77-85.

Moon, C.J., S.J. Kim, M.J. Ahn, S.J. Lee, S.J. Park, K.S. Jeong, D.Y. Yoon, Y.K. Choe and T.K. Shin. 2000. Effects of *Opuntia ficus-indica* extract on immune cell activation. Korean J. Life Sic. 10(4):362-364 (in Korean).

Morán-Ramos, S., A. Avila-Nava, A.R. Tovar, J. Pedraza-Chaverri, P. López-Romero and N. Torres. 2012. *Opuntia ficus-indica* (nopal) attenuates hepatic steatosis and oxidative stress in

obese Zucker (fa/fa) rats. J. Nutr. 142(11):1956-1963.

Park, S.H., H. Kim and D.Y. Rhyu. 2007. Flavonoids from the stems of eastern picklypear *Opuntia humifusa*, Cactaceae. J. Appl. Biol. Chem. 50(4):254-258.

Park, C.M., H.K. Kwak, R.S. Bhesh and D.Y. Rhyu. 2012. Anti-diabetic effect of *Opuntia humifusa* stem extract. Korean J. Pharmacogn. 43(4):308-315 (in Korean).

Shin, E.H., S.J. Park and S.K. Choi. 2011. Component analysis and antioxidant activity of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*. J. East Asian Soc. Dietary Life 21(5):691-697 (in Korean).

Winitchai, S., I. Manosroi, M. Abe, K. Boonpisuttinant and A. Manosroi. 2011. Free radical scavenging activity, tyrosinase inhibition activity and fatty acids composition of oils from Pupae of Native Thai Silkworm (*Bombyx mori* L.). Kasetsart J. Nat. Sci. 45:404-412.

Yoon, M.S., J.S. Yoo, K.K. Lee and M.K. Kim. 2012. A study on biological activities of *Opuntia humifusa* cladode extracts. J. Appl. Biol. Chem. 55(2):117-121 (in Korean).

김태정. 1996. 한국자원식물도감, 서울대학교 출판부, 대한민국. pp. 140-141.

(Received 10 June 2013 ; Revised 25 August 2013 ; Accepted 4 September 2013)