

천년초 선인장 줄기의 항당뇨 및 항산화 효과

이지나 · 김형은 · 김용석[†]

전북대학교 식품공학과

Anti-diabetic and Anti-oxidative Effects of *Opuntia humifusa* Cladodes

Ji-Na Lee, Hyeong-Eun Kim, and Yong-Suk Kim[†]

Dept. of Food Science and Technology, Chonbuk National University, Jeonbuk 561-756, Korea

ABSTRACT To investigate the anti-diabetic and antioxidant effects of *Opuntia humifusa* cladodes, *O. humifusa* cladodes powder was extracted with 75% ethanol and fractionated with various solvents. Among the extracts fractionated with various solvents, α -amylase and α -glucosidase inhibitory activities of *O. humifusa* cladodes were highest (89.94±1.15% and 29.01±3.03%, respectively) in the ethyl acetate fraction. Further, total phenolic and flavonoid contents of the ethyl acetate fraction were the highest (196.02±5.26 and 114.00±10.03 µg/mg, respectively). DPPH and ABTS radical scavenging activities increased according to the concentration of *O. humifusa* cladodes extract, and those of the ethyl acetate fraction were the highest. Ferric reducing antioxidant powers of chloroform and the ethyl acetate fraction were higher than those of other fractions. Overall, the ethyl acetate fraction of *O. humifusa* cladodes showed the highest anti-diabetic and antioxidant effects. Results indicate that *O. humifusa* cladodes powder has potential as a useful ingredient with anti-diabetic and antioxidant effects.

Key words: *Opuntia humifusa*, *Opuntia humifusa* cladodes, anti-diabetic, antioxidant, phenolics

서 론

최근 서구화된 식생활 습관과 운동부족 등으로 인해 비만 인구의 증가로 당뇨병 환자가 매년 10% 이상 증가하고 있는 추세이다(1). 고열량 식사가 늘어나면서 당뇨, 고지혈증 등 대사증후군 질환의 발병률이 증가하고 있으며, 이들 대사증후군을 식품의 섭취를 통하여 개선하고자 하는 노력이 지속적으로 이루어지고 있다(2).

천년초(*Opuntia humifusa*)는 손바닥 선인장과 속하며 백년초와는 달리 영하 20°C의 혹한과 환경 속에서도 생존이 가능하여 수년에서 수십 년 동안 경작할 수 있는 다년생 식물로 예로부터 식용으로 사용되어 왔다(3). 천년초는 인체에 중요한 각종 영양성분인 식이섬유와 칼슘, 무기질 및 아미노산이 풍부하고 항산화 물질인 플라보노이드, 폴리페놀, 비타민 C 등을 함유하고 있으며 비타민 E 중 α -tocopherol이 다량 함유되어 있다(4). 또한 손바닥 선인장은 당뇨, 고혈압, 관절염, 위염, 변비 등과 같은 성인병에도 효능이 있으며 식욕을 증진시키고 장운동의 활성화 등에도 효과가 있는 것으로 본초강목에 기록되어 있다(5).

천년초의 생리활성에 관한 연구로는 천년초 선인장의 항산화 효과(6-8), 암세포 및 유방암 세포에 대한 성장 억제효

과(9,10) 등이 진행되었으며, 천년초는 *in vitro*에서 라디칼 소거능 등 강한 항산화 활성을 가지고 taxifolin 등의 flavonoid 화합물이 천년초의 주요 생리활성 성분이라고 알려져 있다(8). 천년초를 이용한 가공제품에 관한 연구로는 천년초 선인장 분말을 첨가한 절편(11), sponge cakes(12), 젤리(13), 파스타(14), 쿠키(15) 등이 있다. 항당뇨에 관한 연구로는 손바닥 선인장 복합물이 당뇨 쥐의 지질대사에 미치는 효과(16), 혈당강하 효과(17,18) 등이 있다. 천년초 선인장의 줄기에는 열매보다 Ca, Mg, Zn, Mn 등의 무기질 함량이 높고, 칼륨 함량은 열매와 비슷하게 함유되어 있으나(9) 천년초 선인장의 생리활성에 대한 연구는 주로 열매에 대하여 수행되어 있으며, 천년초의 많은 부분을 차지하는 줄기의 항당뇨 및 항산화 효과에 대한 연구는 아직 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 천년초 줄기 분말을 이용한 식품 개발에 활용하고자 천년초 선인장 줄기의 항당뇨 활성을 조사하였고, total phenolic compounds 및 total flavonoids 함량을 측정 후 항산화 활성 등을 조사하였다.

재료 및 방법

원료

본 실험에 사용한 천년초(*O. humifusa*)의 줄기는 전북 순창군에서 재배하여 2012년 11월에 수확한 시료를 구입하

Received 24 January 2014; Accepted 28 February 2014

[†]Corresponding author.

E-mail: kimys08@jbnu.ac.kr, Phone: +82-63-270-2567

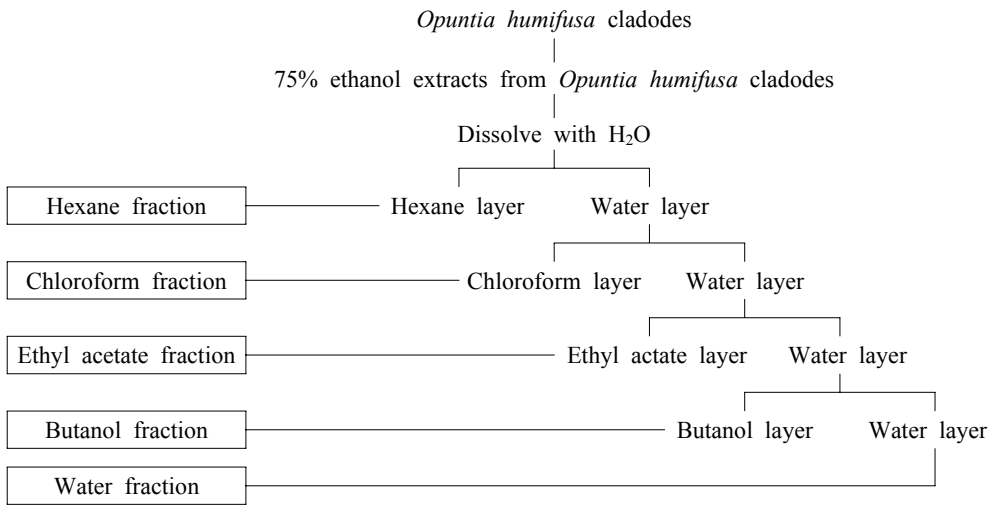


Fig. 1. Flow diagram of solvent fractionation of the 75% ethanol extract prepared from *Opuntia humifusa cladodes*.

였고, 동결건조 하여 분쇄한 후 500 µm 체를 이용하여 거른 후 시료로 사용하였다.

Ethanol 추출물의 조제 및 용매 분획

예비실험에서 0, 25, 50, 75, 95% ethanol로 추출하여 시험한 결과 추출용매 중 가장 우수한 활성을 보여준 75% ethanol 추출물을 용매별로 분획하여 분획물을 얻었다(Fig. 1). 천년초 줄기 분말 400 g에 75% ethanol 4 L를 가하여 80°C에서 3시간 동안 환류냉각 추출하여 여과지(Whatman No. 2, Springfield Mill, Maidstone, UK)로 감압여과 하고 남은 잔사에 다시 추출용매를 가하여 위와 같은 조건으로 3회 추출하여 얻은 여액을 모두 모아서 원심분리(10,000 ×g, 10 min, Model Hitachi Centrifuge, Hitachi Koki Co., Ltd., Tokyo, Japan) 한 후 45°C에서 감압농축 하여 동결건조 하였다. 동결건조 된 추출물(60 g)은 DW 600 mL에 용해 시킨 후 hexane, chloroform, ethyl acetate, butanol로 순차적으로 각각 3반복씩 1시간 동안 교반하여 분획하였다. 용매 분획물은 위와 같은 조건으로 여과, 원심분리, 감압여과, 동결건조를 하여 -20°C 냉동고에 보관하면서 실험에 사용하였다.

α-Amylase 억제활성

천년초 선인장 줄기 추출물의 α-amylase 저해활성은 Xu 등(1)의 방법을 변형하여 수행하였다. 즉 천년초 줄기 추출물의 분획물 500 µL(1,000 µg/mL)에 타액 유래 α-amylase 효소액(5 unit/mL, in 50 mM potassium phosphate buffer, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 500 µL와 혼합하여 실온에서 5분간 preincubation 한 후 기질 용액인 1% starch를 500 µL 넣어 교반한 후 실온에서 5분간 반응시켰다. 반응 후 3,5-dinitrosalicylic acid(DNS) 용액 1.5 mL를 넣고 100°C에서 5분간 끓여 발색을 시킨 후 냉각하여 DW 2.5 mL를 넣고 교반한 뒤 UV spectrophotometer(UV-1650 PC, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)로 550 nm에서

흡광도를 측정하였다. 이때 활성 비교를 위하여 대조구로 acarbose(Sigma-Aldrich)를 사용하였고 효소활성의 저해 정도는 다음 식에 의하여 산출하였다.

$$\text{Inhibition rate (\%)} = \left(1 - \frac{\text{Abs}_{\text{sample}} - \text{Abs}_{\text{blank}}}{\text{Abs}_{\text{control}} - \text{Abs}_{\text{control blank}}}\right) \times 100$$

α-Glucosidase 억제활성

α-Glucosidase 저해활성은 Yamaki 등(19)의 방법을 변형하여 수행하였다. 즉 rat intestinal acetone powder (Sigma-Aldrich) 30 mg을 차가운 50 mM potassium phosphate buffer 1 mL와 혼합하여 녹인 후 4°C, 4,000 rpm에서 10분 동안 원심분리(Hitachi Koki Co., Ltd.) 한 후 중간층을 α-glucosidase의 효소액으로 사용하였다. 천년초 줄기 추출액 100 µL를 α-glucosidase 효소액 50 µL, 3 mM p-nitrophenyl-α-D-glucopyranoside(pNPG) 100 µL와 혼합하여 37°C에서 60분 동안 반응시킨 후 micro plate reader(Molecular Devices, Sunnyvale, CA, USA)로 405 nm에서 흡광도를 측정하였다. Acarbose(Sigma-Aldrich)를 positive control로 사용했으며, α-glucosidase 저해활성은 아래와 같이 계산하였다.

$$\text{Inhibition rate (\%)} = \left(1 - \frac{\text{Abs}_{\text{sample}} - \text{Abs}_{\text{blank}}}{\text{Abs}_{\text{control}}}\right) \times 100$$

Total phenolic compounds 측정

Total phenolic compounds는 Dewanto(20)의 방법을 응용하였다. 추출물 0.1 mL에 Folin Ciocalteu's phenol reagent 0.2 mL를 첨가하여 1분 동안 반응시킨 다음 5% Na₂CO₃ 3 mL를 첨가하였다. 암소에서 1시간 동안 반응시켜 spectrophotometer(UV-1650 PC, Shimadzu Co.)로 725 nm에서 흡광도를 측정하였으며 표준물질로는 gallic acid(Sigma-Aldrich)를 이용하였다.

Total flavonoids 측정

Total flavonoid 함량은 Jia 등(21)의 방법을 응용하였다. 추출물 100 μ L에 5% NaNO_2 150 μ L를 첨가하여 상온에서 5분 동안 반응시킨 다음 10% AlCl_3 300 μ L를 첨가하였다. 여기에 1 M NaOH 1 mL를 첨가하여 spectrophotometer (UV-1650 PC, Shimadzu Co.)로 510 nm에서 흡광도를 측정하였으며 표준물질로는 (\pm)-catechin(Sigma-Aldrich)을 이용하였다.

2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH) radical 소거능

DPPH radical 소거능은 Williams 등(22)의 방법을 응용하였다. 추출물 0.2 mL에 60 μ M DPPH 2.8 mL를 첨가하여 암소에서 30분 동안 반응시켜 spectrophotometer(UV-1650 PC, Shimadzu Co.)로 515 nm에서 흡광도를 측정하였으며 대조구는 butyl hydroxy toluene(BHT, Sigma-Aldrich)과 비타민 C를 사용하였다.

ABTS radical 소거능

ABTS radical assay는 Arts 등(23)의 방법을 응용하였다. 추출물 30 μ L에 ABTS radical 용액 3 mL를 첨가하여 spectrophotometer(UV-1650 PC, Shimadzu Co.)로 734 nm에서 흡광도를 측정하였으며 대조구로는 BHT(Sigma-Aldrich)를 사용하였다. ABTS radical 용액은 7 mM ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt)에 2.45 mM potassium persulfate를 첨가하여 최종농도가 2.45 mM ABTS radical cation(ABTS^+) 용액을 만들어 암소에서 12시간 이상 보관한 후 5 mM phosphate buffered saline(pH 7.4)을 이용하여 734 nm에서 흡광도가 0.70 ± 0.02 가 되도록 희석하여 측정 시 사용하였다.

Ferric reducing antioxidant power(FRAP)

FRAP assay는 Benzie와 Strain(24)의 방법을 응용하였다. 환원력의 측정을 위하여 기질 용액은 300 mM acetate buffer(pH 3.6), 40 mM HCl에 용해한 10 mM TPTZ(2,4,6-tripyridyl-S-triazine) 용액 및 20 mM $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 를 각각 10:1:1(v/v/v)의 비율로 미리 혼합한 다음 37°C 수욕 상에서 가온한 것을 사용하였다. 추출물 100 μ L를 차례로 혼합하여 37°C에서 4분간 반응시킨 후 UV spectrophotometer(UV-1650 PC, Shimadzu Co.)를 사용하여 593 nm에서 흡광도를 측정하였다.

통계처리

각 분석항목에 대하여 3회 반복 측정하여 얻은 결과는 SAS(statistical analysis system) 통계 package(Ver. 7.0, SAS Institute, Cary, NC, USA)를 이용하여 평균과 표준편차를 구하였고, ANOVA 분석 후 Duncan's multiple range test로 $P < 0.05$ 에서 유의성을 검정하였다.

Table 1. Yields of fractions isolated of *Opuntia humifusa* cladodes by various solvents (unit: %, w/w)

Solvent	Yield
75% ethanol	30.24
n-Hexane	15.84
Chloroform	1.71
Ethyl acetate	8.40
Butanol	19.05
Water	51.43
Recovery rate of fraction	96.43

결과 및 고찰

수율

Ethanol(75%)로 추출한 천년초 줄기 추출물과 극성에 따라 순차적으로 용매 분획한 분획물의 수율을 측정된 결과는 Table 1과 같다. 천년초 줄기의 75% ethanol 추출물 수율은 30.24%이었고, 순차적으로 용매 분획한 hexane, chloroform, ethyl acetate, butanol, water fraction이 각각 15.84, 1.71, 8.40, 19.05, 51.43%로 water fraction이 가장 높았고 chloroform fraction이 가장 낮게 나타나 천년초 줄기 추출물은 극성이 높은 물질이 많이 함유되어 있는 것으로 추정되었다. Lee 등(6)의 천년초에 대한 연구에서 ethyl acetate와 chloroform fraction이 각각 0.8%와 2.2%로 극성이 낮을수록 수율이 낮게 나타났음을 보고하였는데 본 연구와 유사한 경향을 나타내었다.

α -Amylase 및 α -glucosidase 억제활성

α -Amylase는 탄수화물의 α -D-1,4-glucan 결합을 분해하는 효소로서 식품의 탄수화물은 α -amylase에 의해 흡수되기 쉬운 형태의 당으로 분해되어 쓰이기 때문에 사람, 미생물, 동물 등의 탄수화물 대사에 필수적인 효소이다(25). α -Amylase 저해제는 소장에서 전분의 소화를 저해하여 포도당의 흡수를 지연시킴으로써 혈당을 조절 또는 완만하게 상승하게 하는 장점이 있다(26).

천년초 줄기의 용매 분획별 α -amylase 저해활성은 Fig. 2와 같다. 천년초 분획물 1,000 μ g/mL를 처리했을 때 ethyl acetate fraction의 억제활성이 $89.94 \pm 1.15\%$ 로 가장 높은 억제율을 나타내었고, 다른 fraction들은 $12.19 \pm 2.39 \sim 28.14 \pm 2.06\%$ 로 낮았으며, positive control인 acarbose는 $113.59 \pm 0.55\%$ 로 나타났다. Hahm 등(18)은 천년초 줄기 분말을 rat에게 투여하여 7주 후에 혈당 농도를 측정했을 때 농도 의존적으로 대조구에 비해 유의적으로 낮았으며, 500 mg/kg/day 투여 시 30~40% 정도 혈당치가 낮아졌다고 보고하였다. Lee와 Kim(27)은 사철쭉의 *n*-butanol 및 ethyl acetate 분획물(100 μ g/mL)이 α -amylase 활성에 대하여 각각 75% 및 68%의 억제효과가 있다고 보고하였다. 본 연구에서 혈당강하제 의약품으로 시판되고 있는 acarbose와 비교했을 때 ethyl acetate fraction의 억제율은 매

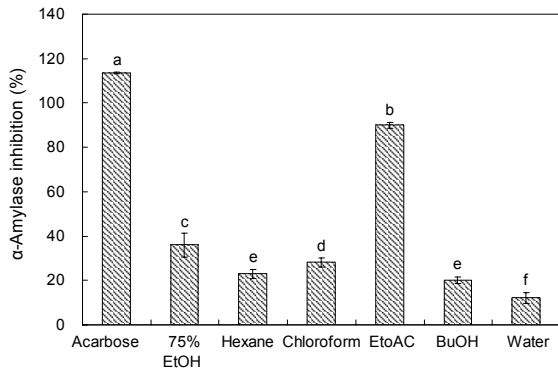


Fig. 2. α-Amylase inhibitory activity of various solvent fractions (1,000 µg/mL) prepared from *Opuntia humifusa* cladodes. Vertical bars represents standard deviation (n=3). Same small letters (a-f) are not significantly different ($P<0.05$).

우 높은 수준으로서 이는 항당뇨 식품소재로서 매우 우수한 억제활성을 나타낸 것으로 생각된다.

α-Glucosidase는 소장 점막 내 미세융모막에 있는 효소로서 다당류의 탄수화물을 단당류로 분해하는 탄수화물의 소화와 흡수작용에 관여하는 효소이다. 전분은 먼저 올리고당으로 분해가 된 후 α-glucosidase에 의해 포도당으로 분해되는데 α-glucosidase 억제제는 소장 점막에서 α-glucosidase의 효소활성을 저해함으로써 올리고당이 포도당으로 분해되어 흡수되는 것을 방해하여 포도당의 흡수를 지연시켜 식후 혈당을 조절한다(28,29).

천년초 줄기의 용매 분획별 α-glucosidase 저해활성은 Fig. 3과 같다. 각 용매 분획물 1,000 µg/mL 농도에서 ethyl acetate fraction의 저해활성이 29.01±0.49%로 가장 높았으며, 75% ethanol fraction은 23.48±9.89%였고 water fraction이 12.59±1.35%로 가장 낮았다. 이는 α-amylase 저해활성 결과와 비슷한 경향으로서 천년초 줄기 분획물이 α-amylase와 α-glucosidase에 대해 비슷한 저해활성을 갖는 것으로 생각된다. Han 등(30)의 연구 결과에 따르면 로얄제리의 α-glucosidase 저해활성은 1,000 µg/mL 농도에서

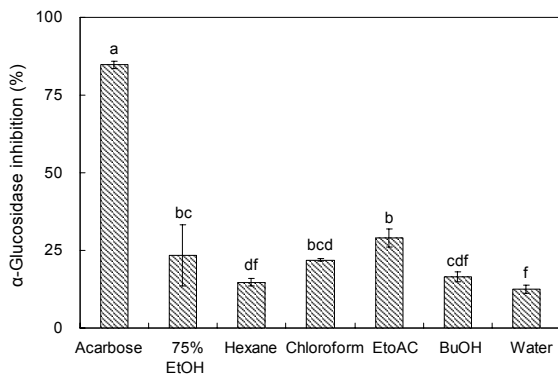


Fig. 3. α-Glucosidase inhibitory activity of various solvent fractions (1,000 µg/mL) prepared from *Opuntia humifusa* cladodes. Vertical bars represents standard deviation (n=3). Same small letters (a-f) are not significantly different ($P<0.05$).

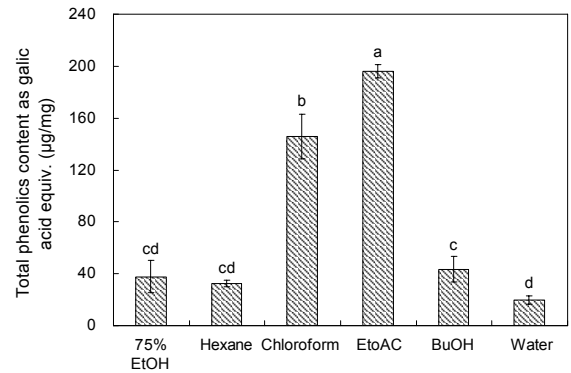


Fig. 4. Total phenolics content of various solvent fractions prepared from *Opuntia humifusa* cladodes. Vertical bars represents standard deviation (n=3). Same small letters (a-d) are not significantly different ($P<0.05$).

27.5±0.83%로 나타났는데, 이는 본 연구의 동일 농도에서 가장 활성이 우수했던 ethyl acetate fraction과 비슷한 저해활성을 나타내었다. Kim 등(25)은 산사(*Crataegi Fructus*)의 water extract가 효모 유래 α-glucosidase에 대해 82.6%의 억제활성을 나타냈고 60% ethanol extract는 12.0%로서 매우 낮았다고 보고하였는데, 이는 본 연구에서는 rat 소장 유래 α-glucosidase를 사용하여 효소의 기원에 따른 차이로 생각된다.

Total phenolics 및 total flavonoids 함량

천년초 줄기의 75% ethanol 추출물의 분획별 total phenolics 함량은 Fig. 4와 같다. 분획별 total phenolics 함량은 ethyl acetate > chloroform > butanol > 75% ethanol > hexane > water의 순으로 나타났으며 ethyl acetate fraction은 196.02±5.26 µg/mg으로 가장 높은 함량을 나타냈다. Park(31)의 연구에서 머루종실의 분획별 총 페놀 함량은 ethyl acetate fraction에서 64.9 mg/100 g으로 가장 높은 함량을 나타냈는데, 이는 본 연구와 같이 ethyl acetate fraction에서 가장 높았다. Kim 등(25)은 산사의 water

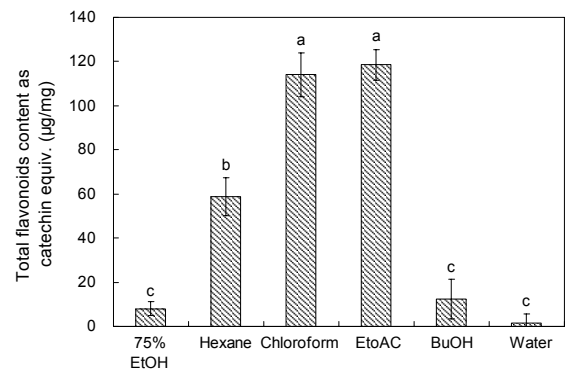


Fig. 5. Total flavonoids content of various solvent fractions prepared from *Opuntia humifusa* cladodes. Vertical bars represents standard deviation (n=3). Same small letters (a-c) are not significantly different ($P<0.05$).

extract와 60% ethanol extract의 총 페놀 함량이 각각 22.5 및 19.2 mg/g이었다고 보고하여, 본 연구에서의 천년초 줄기의 total phenolics 함량이 머루종실 및 산사보다 높은 것으로 나타났다.

천년초 줄기의 분획별 total flavonoids 함량(Fig. 5)은 ethyl acetate fraction에서 $118.52 \pm 7.05 \mu\text{g}/\text{mg}$ 으로 가장 높았고, chloroform fraction에서도 $114.00 \pm 10.03 \mu\text{g}/\text{mg}$ 으로 높은 함량을 나타내었다. 그러나 *n*-butanol 및 water fraction에서는 매우 낮게 나타났다. 이는 total phenolics 함량과 비슷한 경향으로서 total phenolics와 total flavonoids 함량이 모두 ethyl acetate fraction에서 가장 높게 나타났다. Kim 등(32)은 천년초 추출물의 총 플라보노이드 함량은 80% 에탄올 추출물에서만 $778.08 \mu\text{g CE}/\text{g}$ 의 함량을 나타내고 열수 추출물에서는 검출되지 않았다고 보고하여 본 연구 결과와 유사하였다. Lee 등(33)은 칠면초(*Suaeda japonica*)의 ethyl acetate fraction의 total flavonoids 함량이 $10.9 \text{ mg}/\text{g}$ 으로 가장 높았으며 그 다음으로 chloroform fraction이 $7.1 \text{ mg}/\text{g}$ 으로 나타났다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다.

DPPH radical 소거능

DPPH radical 소거능은 radical을 갖는 물질 중에서도 비교적 안정한 화합물로 항산화 활성 물질이 DPPH radical을 소거시켜 탈색되는 점을 이용하여 비교적 간단히 항산화 효과에 대한 측정이 가능하다(34). 천년초 줄기의 75% ethanol extract의 분획별 DPPH 소거활성을 농도별로 측정하여 비교한 결과는 Fig. 6과 같다. Ethyl acetate fraction은 2 mg/mL의 농도에서 $88.78 \pm 0.30\%$ 로 가장 높은 소거능을 나타냈으며, 대조구인 BHT와 비타민 C는 각각 $83.72 \pm 1.15\%$, $92.62 \pm 2.32\%$ 로 나타나 ethyl acetate fraction의 소거능과 비슷한 결과를 나타냈다. Lee 등(6)은 천년초 줄기를 용매별로 DPPH 소거능을 측정한 결과 ethyl acetate fraction의 함량이 가장 우수하다고 보고하였는데, 이는 본 연구 결과와 비슷하였다. Kim 등(32)은 천년초의

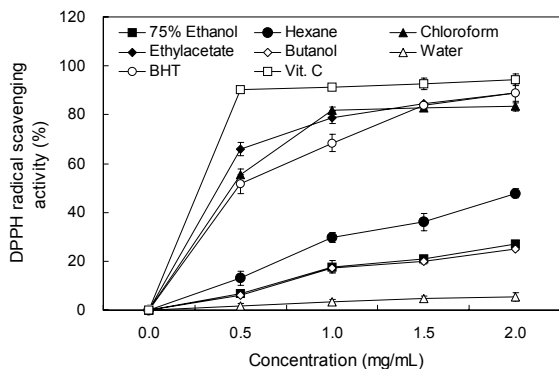


Fig. 6. DPPH radical scavenging activity of various solvent fractions prepared from *Opuntia humifusa* cladodes. Vertical bars represents standard deviation (n=3).

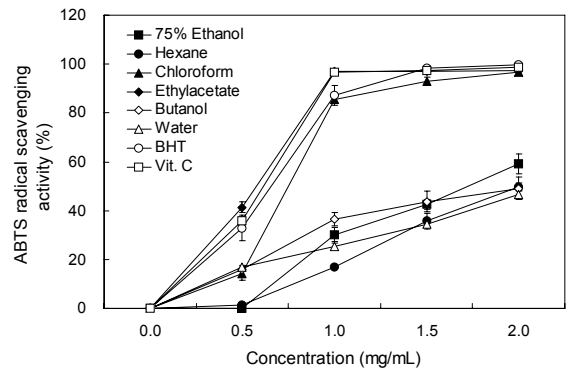


Fig. 7. ABTS radical scavenging activity of various solvent fractions prepared from *Opuntia humifusa* cladodes. Vertical bars represents standard deviation (n=3).

80% 에탄올 추출물(250 $\mu\text{g}/\text{mL}$)의 DPPH 소거능이 열수 추출물보다 높은 4.00%를 나타냈다고 보고하여 본 연구 결과보다 낮았다. 천년초의 ethyl acetate fraction은 본 연구에서 실험한 처리농도에서 상업적으로 사용되는 항산화제인 BHT 및 비타민 C와 비슷한 항산화 활성을 나타내었기 때문에 천년초 줄기는 항산화 활성이 우수한 소재라고 생각된다.

ABTS radical 소거능

ABTS radical 소거능은 페놀성 화합물을 함유한 시료의 첨가로 ABTS가 산화되어 radical 양이온인 ABTS^+ 가 생성되어 radical 특유의 색인 청록색이 탈색되는데 페놀성 화합물이 없을 경우 ABTS^+ 는 비교적 안정하지만 페놀성 화합물과 같은 수소공여제와는 강렬하게 반응하여 무색의 ABTS로 변환되는 것을 이용하여 측정한다(35). 천년초 줄기의 분획별 ABTS radical 소거능(Fig. 7)은 농도가 증가할수록 활성이 증가하는 경향을 나타내었다. 천년초 줄기의 ethyl acetate fraction을 0.5 mg/mL 처리 시 $41.36 \pm 2.10\%$, 2 mg/mL 처리 시 $97.27 \pm 0.94\%$ 로 가장 높은 ABTS radical 소거능을 나타내었다. 가장 높은 농도인 2 mg/mL에서 대조구인 BHT와 비타민 C는 각각 $99.77 \pm 0.23\%$, $98.60 \pm 0.23\%$ 를 나타내 천년초 줄기의 ethyl acetate fraction의 소거능과 비슷하였다. Kim 등(36)은 오죽(black bamboo) 잎의 ABTS radical 소거능이 *n*-hexane fraction에서 가장 높았으며 ethyl acetate fraction에서 가장 낮았다고 보고하여 본 연구 결과와 다르게 나타났다.

Ferric reducing antioxidant power(FRAP)

FRAP 측정은 낮은 pH에서 항산화제에 의하여 Fe^{3+} -TPTZ가 Fe^{2+} -TPTZ로 환원되는 환원력을 이용하여 항산화 활성을 측정하는 방법이다(37). 천년초 줄기의 분획별 FRAP를 측정한 결과는 Fig. 8과 같다. FRAP는 chloroform > ethyl acetate > hexane > butanol > 75% ethanol > water fraction의 순으로 나타났다. Chloroform fraction이

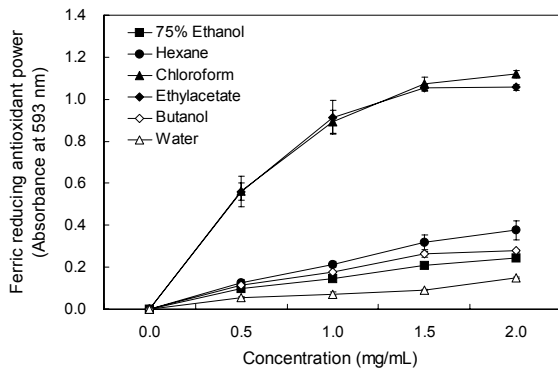


Fig. 8. Ferric reducing antioxidant power of various solvent fractions prepared from *Opuntia humifusa* cladodes. Vertical bars represents standard deviation (n=3).

2 mg/mL의 농도에서 1.119 ± 0.018 abs(593 nm)로 가장 높은 활성을 나타냈으며, ethyl acetate fraction도 비슷한 1.057 ± 0.014 abs의 활성을 나타냈다. Kim 등(32)은 천년초의 80% 에탄올 추출물의 환원력이 0.157로서 열수 추출물(0.069 abs)보다 2배 정도 높게 나타났다고 보고하였다. 본 연구에서도 75% ethanol fraction의 FRAP가 0.244 abs로서 water fraction(0.149 abs)보다 높게 나타나 비슷한 경향을 보였으나 chloroform 및 ethyl acetate fraction보다는 낮았다.

요 약

본 연구에서는 천년초 줄기 분말을 이용한 식품 개발에 활용하고자 천년초 줄기 분말을 용매별로 추출하여 항당뇨 및 항산화 활성을 시험하였다. 천년초 줄기의 ethyl acetate fraction을 1,000 µg/mL 처리했을 때 α-amylase 억제활성이 $89.94 \pm 1.15\%$ 로 가장 높았으며, 다른 fraction들은 $12.19 \pm 2.39 \sim 28.14 \pm 2.06\%$ 로 낮았다. α-Glucosidase 억제활성은 ethyl acetate fraction이 $29.01 \pm 0.49\%$ 로 가장 높았으며, 75% ethanol fraction은 $23.48 \pm 9.89\%$ 였고 water fraction이 $12.59 \pm 1.35\%$ 로 가장 낮았다. 용매 분획별 total phenolics 함량과 total flavonoids 함량은 ethyl acetate fraction에서 각각 196.02 ± 5.26 및 114.00 ± 10.03 µg/mg으로 가장 높게 나타났다. Ethyl acetate fraction의 DPPH 및 ABTS radical 소거능은 농도 의존적으로 각각 $88.78 \pm 0.30\%$ 및 $97.27 \pm 0.94\%$ 로 가장 높게 나타났으며, 대조구인 BHT 및 비타민 C와 비슷하였다. FRAP 활성은 chloroform 및 ethyl acetate fraction에서 각각 1.119 ± 0.018 및 1.057 ± 0.014 abs(593 nm)로 다른 fraction보다 높게 나타났다. 전체적으로 천년초 줄기의 ethyl acetate fraction의 항당뇨 및 항산화 효과가 가장 높게 나타났으며, 상업적으로 사용되는 BHT 및 비타민 C와 비슷한 항산화 효과를 나타내는 천연소재를 발굴함으로써 천년초 줄기가 항당뇨 및 항산화 활성을 갖는 식품소재로서 활용 가능성이

높은 것으로 판단되었다.

감사의 글

이 논문은 2013년 순창군 지역농식품선도클러스터 R&D 지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임

REFERENCES

- Xu ML, Wang L, Xu GF, Wang MH. 2011. Antidiabetes and angiotensin converting enzyme inhibitory activity of *Sonchus asper* (L) hill extract. *Kor J Pharmacogn* 42: 61-67.
- Miquel J, Quintaniha AT, Weber H. 1989. *Handbook of free radicals and antioxidants in biomedicine*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. p 223-244.
- Lee KS, Kim MG, Lee KY. 2004. Antimicrobial effect of the extracts of cactus *Chounnyuncho* (*Opuntia humifusa*) against food borne pathogens. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 1268-1272.
- Cho IK, Jin SW, Kim YD. 2009. Analysis of components in the parts of *Opuntia ficus indica* from Shinan Korea. *Korean J Food Preserv* 16: 742-746.
- Kwon DK, Song YJ. 2005. Effect of *Opuntia humifusa* supplementation on endurance exercise performance in rats fed a high-fat diet. *J Exer Nutr Biochem* 9: 183-188.
- Lee KS, Oh CS, Lee KY. 2005. Antioxidative effect of the fractions extracted from a cactus *Cheonnyuncho* (*Opuntia humifusa*). *Korean J Food Sci Technol* 37: 474-478.
- Yoon BR, Lee YJ, Kim SG, Jang JY, Lee HK, Rhee SK, Hong HD, Choi HS, Lee BY, Lee OH. 2012. Antioxidant effect of hot water and ethanol extracts from *Cheonnyuncho* (*Opuntia humifusa*) on reactive oxygen species (ROS) production in 3T3-L1 adipocytes. *Korean J Food Preserv* 19: 443-450.
- Lee KY, Lee KY. 2010. Biological activity of phenolic compound from a cactus *Cheonnyuncho* (*Opuntia humifusa*) in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1132-1136.
- Yoon JA, Hahm SW, Son YS. 2009. Nutrients contents in different parts of prickly pear (*Opuntia humifusa*) and possible anti-breast cancer effect. *Korean J Food & Nutr* 22: 485-491.
- Yoon JA, Hahm SW, Park J, 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. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 1679-1684.
- Kim HM, Hong GJ. 2009. Quality properties of Jeolpyun supplemented with *Cheonnyuncho* (*Opuntia humifusa*). *Korean J Food Cookery Sci* 25: 415-420.
- Kim JH, Lee HJ, Lee HS, Lim EJ, Imm JY, Suh HJ. 2012. Physical and sensory characteristics of fibre-enriched sponge cakes made with *Opuntia humifusa*. *LWT-Food Sci Technol* 47: 478-484.
- Cho Y, Choi MY. 2009. Quality characteristics of jelly containing added pomegranate powder and *Opuntia humifusa* powder. *Korean J Food Cookery Sci* 25: 134-142.
- Park YI, Jung B, Joo N. 2012. The antioxidative characteristics of *Opuntia humifusa* and its optimal conditions for pasta production. *Korean J Food Culture* 27: 710-718.
- Jung BM, Kim DS, Joo N. 2013. Quality characteristics and optimization of cookies prepared with *Opuntia humifusa*

- powder using response surface methodology. *Korean J Food Cookery Sci* 29: 1-10.
16. Yoon JA. 2013. Effects of *Opuntia ficus-indica* complex on lipid metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Food & Nutr* 26: 526-534.
 17. Shin JE, Han MJ, Lee IK, Moon YI, Kim DH. 2003. Hypoglycemic activity of *Opuntia ficus-indica* var. *sabotan* on alloxan- or streptozotocin-induced diabetic mice. *Kor J Pharmacogn* 34: 75-79.
 18. Hahm SW, Park J, Son YS. 2011. *Opuntia humifusa* stems lower blood glucose and cholesterol levels in streptozotocin-induced diabetic rats. *Nutr Res* 31: 479-487.
 19. Yamaki K, Mori Y. 2006. Evaluation of alpha-glucosidase inhibitory activity in colored foods: a trial using slope factors of regression curves. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi* 53: 229-231.
 20. Dewanto V, Wu X, Adom KK, Liu RH. 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50: 3010-3014.
 21. Jia Z, Tang M, Wu J. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem* 64: 555-559.
 22. Williams WB, Cuvelier ME, Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT—Food Sci Technol* 28: 25-30.
 23. Arts MJ, Haenen GR, Voss HP, Bast A. 2004. Antioxidant capacity of reaction products limits the applicability of the trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) assay. *Food Chem Toxicol* 42: 45-49.
 24. Benzie IF, Strain JJ. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Anal Biochem* 239: 70-76.
 25. Kim JH, Kim MU, Cho YJ. 2007. Isolation and identification of inhibitory compound from *Crataegi Fructus* on α -amylase and α -glucosidase. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 50: 204-209.
 26. Quesada C, Bartolomé B, Nieto O, Gómez-Cordovés C, Hernánandez T, Estrella I. 1996. Phenolic inhibitors of α -amylase and trypsin enzymes by extracts from pears, lentils, and cocoa. *J Food Prot* 59: 185-192.
 27. Lee SJ, Kim CH. 2007. Inhibitory effects of *Artemisia capillaris* Thumb. on α -glucosidase and α -amylase. *Korean J Medicinal Crop Sci* 15: 128-131.
 28. Standl E, Baumgartl HJ, Fuchtenbusch M, Stemplinger J. 1999. Effect of acarbose on additional insulin therapy in type 2 diabetic patients with late failure of sulphonylurea therapy. *Diabetes Obes Metab* 1: 215-220.
 29. Hong JH, Kim HJ, Choi YH, Lee IS. 2008. Physiological activities of dried persimmon, fresh persimmon and persimmon leaves. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 957-964.
 30. Han S, Baek H, Oh B, Lee K, Yeo J, Woo S, Kweon H, Nam S, Kim W, Jo Y, Kim G. 2009. Effect of venom collection using the method of electrical stimulation on antioxidant and antidiabetic activity of royal jelly. *Korean J Apiculture* 24: 121-126.
 31. Park HS. 2011. Comparison of antioxidant activities of wild grape seed (*Vitis coignetia* seed) extracts by solvents. *Korean J Culinary Res* 17: 270-279.
 32. Kim DJ, Jung JH, Kim SG, Lee HK, Lee SK, Hong HD, Lee BY, Lee OH. 2011. Antioxidants and anti-obesity activities of hot water and ethanolic extracts from *Chenonnyuncho* (*Opuntia humifusa*). *Korean J Food Preserv* 18: 366-373.
 33. Lee KS, Gim JC, Son SM, Lee KY. 2011. Antioxidative effect of *Suaeda japonica* ethanol extract and solvent partitioned fractions. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 804-808.
 34. Jung SJ, Lee JH, Song HN, Seong NS, Lee SE, Baek NI. 2004. Screening for antioxidant activity of plant medicinal extracts. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 47: 135-140.
 35. Yoo KM, Kim DO, Lee CY. 2007. Evaluation of different methods of antioxidant measurement. *Food Sci Biotechnol* 16: 177-182.
 36. Kim CY, Lee HJ, Jung SH, Lee EH, Cha KH, Kang SW, Pan CH, Um BH. 2009. Rapid identification of radical scavenging phenolic compounds from black bamboo leaves using high-performance liquid chromatography coupled to an online ABTS^{•+}-based assay. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 52: 613-619.
 37. Kim JH, Jeong CH, Choi JM, Kwak JH, Choi SG, Heo HJ. 2009. Antioxidant and neuronal cell protective effects of methanol extract from *Schizandra chinensis* using an *in vitro* system. *Korean J Food Sci Technol* 41: 712-716.