

Chemical compositions and antioxidant activities of Cheonnyuncho (*Opuntia humifusa*) stems and fruit

Dong-Sun Shin¹, Gwi-Jung Han^{2*}

¹Petitami R&D, Namyangju 12181, Korea

²National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

천년초의 성분특성과 항산화 활성

신동선¹ · 한귀정^{2*}

¹(주)쁘띠아미, ²농촌진흥청 국립농업과학원

Abstract

The purpose of this study was to investigate the chemical composition of the freeze-dried stems and fruit of the cactus Cheonnyuncho. The analysis showed that powdered stems have the highest fat content (1.91%) and the powdered fruits have the highest protein content (2.62%). The K content of the fruits higher than that of the stems, while the Ca, Mg, Na and P contents of the stems were higher than those of the fruits. Both the stems and fruits powders contained high levels of the amino acids glutamic acid and aspartic acid. The free sugars such as sucrose, fructose, and glucose were detected in both the stems and fruits. The 75% ethanol (EtOH) extract showed a relatively high antioxidative activity compared to those of the water and 75% methanol (MeOH) extracts. Furthermore, the 75% EtOH extract of the stem powder exhibited a total polyphenol content of 3.60 g/100 g, and a total flavonoid content of 2.00 g/100 g. The antioxidant activities of the stem and fruit powder extracts, measured in DPPH radical scavenging experiments, were higher than that of the control group.

Key words : Cheonnyuncho, chemical compositions, antioxidant activities

서 론

최근에는 경제적 수준의 향상에 따라 육류섭취 증가 등 서구화된 식습관의 다변화와 더불어 체내 활성산소가 상승되어 각종 성인병 질환이 한꺼번에 나타나는 대사증후군이 지속적으로 증가되고 있다(1). 이러한 대사증후군을 예방하기 위한 소비자들의 관심이 증대되고 천연소재의 건강기능성 식품에 대한 선호경향이 높아지면서 자연계 식물을 이용한 다양한 식품개발이 활기를 띠고 있다. 또한, 식용 가능한 식물들의 새로운 식품학적 가치가 인정되면서 새로운 재배방법을 개발하고 그들의 식품 이용도를 증진시키려

는 노력이 진행되고 있다(2). 이러한 시대적 환경변화에 맞추어 최근 식용 가능한 선인장의 약효와 기능이 부각되면서 충남 아산지역을 비롯하여 전국적으로 천년초 선인장이 재배되고 있으며 그 수요가 점차 증대되어 농가소득을 높일 수 있는 새로운 대체작물로서 주목받고 있다(3).

천년초 선인장(*Opuntia humifusa*)은 다년초 식물의 손바닥 선인장(*Opuntia*)과 식물로 부채선인장과(*Opuntioideae*)에 속하며 폴리페놀 화합물이 함유되어 있어 항산화성이 높으며 화상, 기관지, 천식, 위염, 변비, 장염, 신장염, 고혈압, 종양 등의 효능이 있는 한국토종 식용 선인장이다(4). 천년초와 유사한 국내 선인장인 백년초(*Opuntia ficus-indica* var *saboten*)와 비교해 보면 재배특성 및 이용부위가 다르다. 천년초는 기온 및 흙에 영향을 받지 않아 재배가 용이한 반면 백년초는 기온이 높은 제주도에서만 자생한다는 특성이 있고 천년초는 스텝가시가 있고 백년초는 길고 굵은 가시가 나있어 이용하는 부위도 천년초는 열매, 줄기, 뿌리가 이용되고 있지만 백년초는 주로 열매를 이용하고 있다.

*Corresponding author. E-mail : hgiaz@korea.kr
Phone : 82-63-238-3561, Fax : 82-63-238-3842
Received 18 September 2015; Revised 7 January 2016;
Accepted 7 January 2016.
Copyright © The Korean Society of Food Preservation. All rights reserved.

또한, 천년초 선인장과 유사한 국외 식용 선인장은 세계적으로 유명한 멕시코의 노팔 선인장(*O. ficus-indica*)으로 다이어트, 피부미용, 변비치료 등의 효과가 있어 젊은 여성들에게 큰 인기를 끌고 있으며 지역특산품과 다양한 소스류, 샐러드류 등의 가공품이 개발되어 판매되고 있다(5). 최근 노팔선인장 가공시설은 세계적인 제약회사 이상의 설비를 갖추며 지속적으로 발전하고 있다. 천년초 선인장에 연구는 활발하게 진행되어 항산화, 항균, 항암 등의 생리활성에 관한 연구(6-8), 임상실험 및 면역력에 관한 연구(9-10) 등이 보고되었으며 천년초를 이용한 가공제품에 관한 연구는 우리밀 국수(11), 와인(12), 생면(13), 젤리(4), 절편(14), 식빵(15), 음료(16) 등에 첨가하여 품질특성을 조사한 연구가 보고되었다. 또한, 천년초의 부위별 영양성분에 관한 연구(17)가 보고되고 있지만 아직 재배지역에 따라 다양한 연구는 미미한 실정이고 개발하고자하는 가공제품의 종류나 가공특성에 따라 재료의 선택이 달라질 수 있기 때문에 재배지역, 이용부위 및 시료형태 등에 따른 다양한 성분특성에 관한 연구가 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 가공제품의 주·부재료로 사용하는 시료형태 중 이용이 쉬운 분말형태의 천년초 가공적정을 검토하기 전에 기초자료로서 아산지역에서 재배한 천년초의 성분특성 및 항산화 활성을 조사하였다.

재료 및 방법

실험 재료

본 실험에서 사용한 천년초는 아산 천년초농장에서 구입하였으며 시료처리는 줄기와 열매를 흐르는 물에 깨끗이 수세한 다음 물기를 제거하여 -70℃에서 급속냉동 시킨 후 동결건조기(Ilshin Lab Co., Yangju, Korea)에서 48시간 건조시켰다. 건조된 시료를 분쇄기(DA505 lon power, Daesungartlon Co., Seoul, Korea)로 분쇄한 다음 100 mesh의 체로 통과시켜 진공포장기(SQ 101 fuji impluse, Saranasipu Co., Tokyo, Japan)로 밀폐하여 -20℃ 냉동고(CA-G11XZ, LG Electronics, Seoul, Korea)에 보관하면서 실험을 진행하였다.

일반성분 및 무기성분

일반성분 분석은 AOAC 방법(18)에 따라 수분 정량은 상압건조방법으로 105℃에서 건조하여 정량하였고, 조단백질은 semimicro-Kjeldahl법으로 자동 단백질 분석기(Kjeltec 2400 AUT, Foss Tecator, Eden Prairie, MN, USA)로 분석하였으며, 조지방은 Soxhlet 추출기(Kjeltec 2400 AUT, Foss Tecator, Eden Prairie, MN., USA)를 사용하여 diethyl ether로 추출하여 정량하였으며, 조회분은 건식 회화법으로 측정하였고, 탄수화물은 100에서 이들 값을 뺀 값을 표기하였다.

무기성분 함량 분석은 AOAC(18)의 무기성분 분석법 중 습식건식법을 기준으로 하여 분석하였다. 즉, 시료 약 0.5 g 정도를 취하여 nitric acid 5 mL와 H₂O₂ 1 mL를 넣어 습식분해기(high performance microwave)에서 분해시킨 후 Whatman No. 42 여과지(Whatman International Ltd., Maidstone, Kent, UK)에 여과하였다. 여과된 시료에 증류수를 가하여 100 mL로 정용하였다. 무기성분 분석에 사용된 분석기기는 ICP-AES(Integara XL Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy, GBC Co., Canberra, Australia)와 AA(Spectra AA-300A Atomic Absorption Spectrophotometer, Varian Techtron Co., Canberra, Australia)로 분석하였다.

아미노산 함량

총 아미노산 함량 분석은 천년초 줄기와 열매 분말 시료 1 g을 15 mL의 test tube에 취하여 6 N HCl 용액 1 mL를 넣어 균질화 한 다음 나머지 9 mL로 test tube의 기벽을 씻어 내리면서 첨가하였다. Test tube의 뚜껑을 닫고 105℃ dry oven에서 24시간 동안 가수분해 시켰다. 가수 분해된 시료를 원심 분리하여 상정액을 50℃에서 감압 농축기로 HCl과 물을 완전히 증발시킨 다음 sodium loading buffer solution(pH 2.2)로 용해하여 5 mL로 정용하였다. 전 처리된 시료 1 mL를 취하여 0.45 µm membrane filter로 여과한 후 아미노산 자동분석기(S433-H, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 이용하여 정량 분석하였다(17). 분석조건은 cation separation column(LCA K06/Na)으로 size는 4.6 mm×150 mm, 온도는 57~74℃, flow rate는 buffer 0.8 mL/min, reagent 0.25 mL/min, buffer pH range는 3.45~10.85, wavelength 440 nm와 570 nm로 분석하였다.

유리당 함량

유리당 정량은 식품공전(19)의 기기분석법에 의한 당류의 정성 및 정량 정성시료방법에 따라 Agilent Technologies 1200 series HPLC system(Palo Alto, CA, USA)를 이용하여 분석하였다. 천년초 선인장 줄기 및 열매 분말을 정확히 5 g을 칭량하여 80% MeOH 100 mL를 넣고 13,000 rpm에서 3분 동안 균질화 하였다. 이를 환류 냉각기가 부착된 추출장치에 옮긴 후 80℃에서 2시간 동안 추출한 후 여과하였다. 이 추출조작을 2회 반복하여 모은 여액을 45℃에서 감압 농축한 후 증류수를 넣어 100 mL로 정용하였다. 분석조건은 Sugar-Pak I column(4.6 mm×250 mm, Waters, Hercules, CA, USA)과 용출용매 Ca-EDTA(500 mg/L)를 조합하였다. 전 처리된 시료 1 mL를 취하여 0.45 µm membrane filter로 여과한 후 column에 20 µL씩 주입하였다. 이때 column의 온도는 85℃를 유지하였다. 용출용매는 1.0 mL/min로 흘러 보냈으며 검출은 refractive index(RI) detector를 이용하였

다. 표준품 용액과 시료의 유리당 peak를 직접 비교하여 확인하였으며 정량곡선은 각 표준품의 검량곡선을 따로 작성한 후 peak의 면적에서 산출하였다.

폴리페놀 및 플라보노이드

천년초 줄기와 열매의 항산화 활성을 측정하기 위한 시료의 추출물 제조는 물, 75% 에탄올, 75% 메탄올을 추출용매로 하여 실온에서 24시간 동안 추출한 후 Whatman No. 2(Whatman plc, Kent, UK) 여과지로 여과하여 얻은 여액을 분석용 시료로 사용하였다. 총 폴리페놀 함량은 Folin-Denies법(20)으로 추출물 시료 1 mg을 취하여 증류수 1 mL에 녹이고 10배 희석한 희석액 2 mL에 2배 희석한 Folin 시약 2 mL을 첨가하여 혼합하였다. 이 혼합액을 3분 동안 정치 후 20% Na₂CO₃ 2 mL을 넣고 1시간 동안 반응시킨 다음 분광광도계(JP/U-2000 spectrophotometer, Hitachi Ltd., Tokyo, Japan)를 이용하여 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이 때 검량선은 시료 1g 중의 mg gallic acid의 equivalent로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량(20)은 추출물 시료 1 mL을 시험관에 취하고 10 mL의 diethyleneglycol을 가하여 잘 혼합 한 후 1 N NaOH 1 mL 첨가하여 37°C에서 1시간 동안 반응 시킨 후 분광광도계(Hitachi Ltd.,)를 사용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이 때 표준품은 rutin을 사용하였으며 검량곡선에 의해서 총 플라보노이드 함량을 계산하였다.

항산화 활성

DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)에 의해 생성된 free radical 전자공여작용(electron donating ability, EDA) 측정은 Blois의 방법을 변형하여 측정하였다(21). 각 추출물 2 mL과 1.5×10⁻⁴ M DPPH 용액을 1 mL 가하고 암소에서 30분간 방치 한 후 분광광도계(JP/U-2000 spectrophotometer, Hitachi Ltd., Tokyo, Japan)를 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. RC₅₀은 각 농도에 따른 free radical 전자공여능으로 부터 시료를 첨가하지 않은 대조구의 흡광도를 1/2로 환원 시키는데 필요한 시료의 농도(50% reduction concentration, RC₅₀)로 표기하였다. 이 때 활성을 비교하기 위하여 기존의 항산화제로 많이 이용되고 있는 천연 항산화제인 L-ascorbic acid와 합성항산화제인 BHA를 사용하였으며 시료측정과 동일한 방법으로 항산화 활성을 측정하였다.

통계처리

실험에서 얻어진 결과에 대한 통계처리는 SPSS 통계프로그램(12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 분산분석을 실시하였으며, 유의성 검정(p<0.05)은 Duncan의 다중범위검정법(Duncan's multiple range test)을 이용하였다.

결과 및 고찰

일반성분 및 무기성분

천년초 줄기와 열매 분말의 일반성분을 분석한 결과 Table 1에 보는 바와 같이 줄기와 열매 모두에서 조회분의 함량이 가장 높았으며 그 다음으로 조단백질, 조섬유, 조지방 순으로 나타났다. 즉, 줄기의 경우 수분이 4.15%로 나타났으며 조단백질이 8.34%, 조지방이 1.91%, 조섬유가 7.63%, 조회분은 10.85%로 나타났다. 열매는 수분이 6.28%, 조단백질이 2.62%, 조지방이 1.82%, 조섬유가 2.11%, 조회분이 7.47%이었다. 특히, 조단백질의 함량이 줄기가 열매보다 약 3배 높은 함량을 나타내었다. Han 등(22)의 연구에서 천년초 줄기의 수분이 6.49%, 조단백질이 6.31%, 조지방이 2.44%, 조회분이 15.39%, 조섬유가 8.49%로 나타났으며 열매의 경우 수분이 11.26%, 조단백질이 8.79%, 조지방이 3.41%, 조회분이 9.98%, 조섬유가 7.36%로 열매가 조단백질이나 조지방의 함량이 높게 나타났다는 보고와 본 실험과는 다소 다른 경향을 나타내었다. 또한, Jan 등(23) 연구에서 천년초 열매분말의 수분 함량은 6.00%, 조단백질 함량은 5.63%, 조지방 함이 3.45%, 조회분이 4.20%로 나타났다고 보고한 결과와도 다소 차이는 있었다. 이러한 연구결과에서 차이를 보이는 것은 천년초는 제주도에서 자생하는 백년초와는 달리 내륙지방 어느 곳에서나 잘 자라는 생육 특성으로 기후 조건이나 지역, 채취시기 및 방법, 가공하는 방법, 시료처리 방법 등에 따라 다르기 때문에 서로 비교하는 것은 어려울 것으로 생각된다.

Table 1. Proximate composition of the cactus Cheonnyuncho (*Opuntia humifusa*)

Composition	(Unit: dry basis, %)		
	Cs ¹⁾ powder	Cf ²⁾ powder	t-value
Moisture	4.15±0.06 ³⁾	6.28±0.02	-59.42 ^{***}
Crude protein	8.34±0.01	2.62±0.03	313.30 ^{***}
Crude lipid	1.91±0.20	1.82±0.10	0.68 ^{***}
Crude fiber	7.63±0.05	2.11±0.06	65.89 ^{***}
Crude ash	10.85±0.06	7.47±0.05	-71.91

¹⁾Cs, cactus Cheonnyuncho (*O. humifusa*) stem.

²⁾Cf, cactus Cheonnyuncho (*O. humifusa*) fruit.

³⁾Values are mean±SD (n=3). Means in row with different letters are significantly different (p=0.05) by Duncan's multiple range test. ^{***}p<0.001.

천년초의 무기성분은 Table 2에서 나타났듯이 총 무기성분은 열매보다 줄기가 더 높게 나타났다. 다량 무기질의 경우 Ca은 줄기가 3,738.8 mg/100 g이었고 열매가 2,324.7 mg/100 g로 줄기가 더 높은 함량을 나타내었다. Mg 함량도 줄기가 841.2 mg/100 g, 열매가 491 mg/100 g로 줄기가 열매에 비해 높게 나타났으며 Na의 함량은 줄기가 35.30 mg/100 g, 열매가 14.8 mg/100 g로 줄기가 약 2배 이상

높았다. K은 줄기와 열매 모두 가장 함량이 높았는데, 각각 3,892.80 mg/100 g와 4,145.60 mg/100 g로 열매가 줄기보다는 높았다. P는 줄기가 352.20 mg/100 g이었고 열매가 17.30 mg/100 g로 높게 나타났다. 특히, 다량 무기질은 줄기와 열매 모두 K, Ca, Mg, P, Na 순으로 높게 나타났고 전체 무기질의 K, Ca 및 Mg의 세 가지 함량이 줄기는 95.20%, 열매는 96.39%를 차지하고 있음을 확인하였다. 미량 무기질의 경우 줄기는 Fe이 12.75 mg/100 g, Zn이 11.90 mg/100 g, Cu가 0.15 mg/100 g로 가장 적었고 Mn은 14.50 mg/100 g이었으며 Se는 검출되지 않았다. 열매도 비슷한 경향으로 Fe, Zn, Cu, Mn이 각각 13.48 mg/100 g, 2.50 mg/100 g, 0.21 mg/100 g, 22.34 mg/100 g이었으며 Se는 열매에서도 검출되지 않았다.

Table 2. Mineral contents of the cactus Cheonnyuncho (*Opuntia humifusa*)

(Unit: dry basis, mg%)

Component	Cs ¹⁾ powder	Cf ²⁾ powder	t-value	
Macro minerals	Ca	3,738.80±0.13 ³⁾	2,324.70±0.11	1,137.24 ^{***}
	Mg	841.20±0.09	491.00±0.09	428.53 ^{***}
	Na	35.30±0.05	14.80±0.02	36.03 ^{***}
	K	3,892.80±0.16	4,145.60±0.06	915.74 ^{***}
	P	352.20±0.03	173.30±0.07	53.24 ^{***}
Micro minerals	Fe	12.75±0.05	13.48±0.03	2.46 ^{***}
	Zn	11.90±0.01	2.50±0.02	28.54 ^{***}
	Cu	0.15±0.01	0.21±0.01	0.37
	Mn	14.50±0.02	22.34±0.02	5.64 ^{***}
	Se	ND ⁴⁾	ND	-
Total	8,899.60	7,187.93		

¹⁾Cs, cactus Cheonnyuncho(*O. humifusa*) stem.
²⁾Cf, cactus Cheonnyuncho(*O. humifusa*) fruit.
³⁾Values are mean±SD (n=3). Means in row with different letters are significantly different (p=0.05) by Duncan's multiple range test. *** p<0.001.
⁴⁾ND, Not detected.

이러한 결과는 천년초의 다량 무기질을 측정된 결과에서 줄기가 열매보다 함량이 많은 무기질은 K, Ca, Mg, Na 성분으로 나타났다고 한 보고(17)와 다소 차이는 있었지만 주요 무기질이 차지하는 비율은 유사한 결과를 나타내었다. 또한, Yoon(24)의 연구에서 천년초의 줄기가 열매보다 Ca 함량이 약 3배 정도 높았으며 Na이 약 4배 정도 높았다는 결과와 본 연구 결과와도 비교해 보면 천년초의 줄기가 열매보다 Ca 함량이 1.61%, Na 함량이 2.38%, P 함량이 2.03%가 더 높게 나타나 함량의 차이는 있었지만 유사한 경향이였다. 이러한 결과를 토대로 천년초의 가공 이용도는 아직까지 천년초의 많은 부분을 차지하는 줄기는 낮은 편이고 과일로 먹고 있는 열매가 더 높은 편이지만 앞으로 천년초 줄기도 열매와 더불어 천연소재로서 가공제품에

이용하려는 연구 및 많은 시도가 이루어진다면 그 이용 가치를 더 높일 수 있을 것으로 사료된다.

아미노산 함량

천년초 줄기와 열매의 아미노산 함량을 측정된 결과는 Table 3에 나타내었다. 총 아미노산 함량은 threonine 등의 필수 아미노산 8종을 포함해서 총 18종이 검출되었다. 아미노산의 총 함량은 열매가 1,858.19 mg%인 반면 줄기가 6,402.50 mg%으로 줄기가 열매보다 약 3.5배 정도 높게 나타났다. 즉, 줄기의 경우 glutamic acid가 1,397.93 mg%로 전체의 21.83%를 차지하였으며 그 다음으로 aspartic acid가 713.96 mg%(11.15%), arginine이 651.42 mg%(10.17%), alanine이 440.99 mg%(6.89%), leucine이 404.70 mg%(6.32%), lysine이 392.88 mg%(6.14%), serine이 338.41 mg%(5.29%), glycine이 323.51 mg%(5.05%) 순으로 나타났

Table 3. Total amino acid composition of cactus Cheonnyuncho (*Opuntia humifusa*)

(Unit: mg/100 g)

Composition	Cs ¹⁾ powder		Cf ²⁾ powder		t-value
	Content	Relative ratio (%)	Content	Relative ratio (%)	
Aspartic acid	713.96±1.65	11.15	176.75±5.41	9.51	5,107.32 ^{***}
Threonine	270.55±2.34	4.23	70.20±2.45	3.78	1,016.34 ^{***}
Serine	338.41±5.47	5.29	99.69±0.37	5.36	238.42 ^{***}
Glutamic acid	1,397.93±11.35	21.83	706.76±6.45	38.03	1,562.34 ^{***}
Proline	202.86±3.87	3.17	36.01±0.87	1.94	173.52 ^{***}
Glycine	323.51±3.62	5.05	105.49±0.96	5.68	68.46 ^{***}
Alanine	440.99±3.74	6.89	72.27±1.04	3.89	79.34 ^{***}
Cysteine	46.42±0.81	0.73	ND ⁵⁾	-	-
Valine	264.41±1.76	4.13	82.06±0.64	4.42	236.17 ^{***}
Methionine	102.18±0.66	1.60	21.75±0.23	1.17	142.68 ^{***}
Isoleucine	203.12±2.03	3.17	67.46±1.62	3.63	67.32 ^{***}
Leucine	404.70±3.46	6.32	124.78±1.37	6.72	431.05 ^{***}
Tyrosine	204.76±2.77	3.20	ND	-	-
Phenylalanine	182.72±1.06	2.85	ND	-	-
Histidine	160.15±1.18	2.50	37.15±0.84	2.00	69.53 ^{***}
Lysine	392.88±0.98	6.14	103.69±1.36	5.58	55.46 ^{***}
Arginine	651.42±4.73	10.17	94.70±2.39	5.10	135.36 ^{***}
Tryptophane	101.53±0.76	1.58	59.43±3.05	3.19	87.22 ^{***}
TAA ³⁾	6402.50	100.00	1858.19	100.00	
EAA ⁴⁾	1980.71	30.94	507.09	27.30	

¹⁾Cs, cactus Cheonnyuncho (*O. humifusa*) stem.
²⁾Cf, cactus Cheonnyuncho (*O. humifusa*) fruit.
³⁾Total amino acid.
⁴⁾Total essential amino acid (Thr+Val+Met+Ile+Leu+Phe+His+Lys).
⁵⁾ND, Not detected. *** p<0.001.

다. 그 외에도 threonine, proline, glycine, cysteine, valine, methionine, isoleucine, tyrosine, phenylalanine, histidine, tryptophane 등이 검출되었다. 열매의 총 아미노산 함량을 살펴보면, glutamic acid가 706.76 mg%로 전체의 38.03%를 차지하여 줄기와 마찬가지로 가장 높게 나타났으며 그 다음으로 aspartic acid가 176.75 mg%(9.51%), leucine이 124.78 mg%(6.72%), glycine이 105.49 mg%(5.68%), lysine이 103.69 mg%(5.58%), serine이 99.69 mg%(5.36%)순으로 높게 나타났다. 그 외 아미노산은 줄기와 마찬가지로 검출되었으며 그 중에서 cysteine, tyrosine, phenylalanine의 3종은 검출되지 않아 총 15종이 검출되었다.

이상의 결과에서 천년초 줄기의 주요 아미노산은 glutamic acid, aspartic acid 및 arginine등이며 열매는 glutamic acid, aspartic acid 및 leucine등이었다. 총 아미노산에서 필수 아미노산이 차지하는 비율은 천년초 줄기의 경우 30.94%이었으며 열매는 27.30%로 거의 비슷한 비율로 나타났다. 이러한 본 연구의 결과는 Cho 등(27)의 연구에서 백년초의 총 아미노산 함량이 열매보다 줄기가 높았으며 아미노산 중에서 glutamic acid의 함량이 가장 높은 비율을 차지하였다는 결과와 본 연구의 결과와 일치하였다. 한편 백년초 열매에서 아미노산 함량이 glutamic acid가 16.3%로 가장 많은 비율을 차지하였다고 보고한 연구 결과(28)가 있었는데, 본 실험 결과에서 천년초 열매의 glutamic acid가 차지하는 비율은 38%로 백년초 열매보다 더 높게 나타났다. 따라서, 천년초와 백년초의 아미노산 함유량은 다르지만 아미노산 조성은 비슷하게 구성하고 있음을 알 수 있었다.

유리당 함량

천년초 줄기와 열매의 sucrose, fructose, glucose, maltose, lactose 등 유리당 함량은 Table 4에서 보는 바와 같이 줄기는 614.00 mg%이었고 열매는 3,583.00 mg%로 나타났다. 줄기의 경우는 sucrose가 395.00 mg%로 전체 비율의

64.33%를 차지하여 가장 많았고 그 다음으로 fructose가 103.00 mg%(16.78%), glucose가 116.00 mg%(18.89%) 순으로 나타났으며 maltose와 lactose는 검출되지 않았다. 열매의 경우도 maltose와 lactose는 존재하지 않음을 관찰할 수 있었고 sucrose가 3,116.00 mg%의 함량을 나타내어 전체 총 당 비율로 보았을 때 86.97%로 상당히 많은 양을 차지하는 것으로 나타났다. 그 다음으로 fructose가 103.00 mg%(6.50%), glucose가 116.00 mg%(6.53%)로 비슷한 함량을 나타내었다.

본 연구의 결과를 종합해 보면 천년초 줄기와 열매의 유리당 함량은 대부분이 sucrose인 것으로 확인되었으며 줄기보다 열매의 유리당 함량이 더 높게 나타났다. 이것은 손바닥 선인장의 열매의 유리당은 주로 sucrose, fructose 및 glucose이었다고 보고한 연구(22,25)와 본 연구의 결과와 유사한 경향이었으나 유리당 함량의 차이는 있었다. 또한, Lee 등(27)의 연구에서 제주도 백년초 선인장의 유리당 함량을 측정된 결과 줄기에서 가장 함량이 많은 것은 fructose로 본 연구의 결과와 다르게 나타났으며, 열매는 sucrose로 본 연구 결과와 일치하였다. 유리당의 조성 및 함량의 차이는 생육특성, 재배특성, 재배지역, 품종 등에 다르며(27), 천년초에 함유된 sucrose, fructose, glucose 등의 유리당은 가공 이용 시 색을 유지시키고 노화를 방지하여 제품의 품질 및 저장성을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

폴리페놀 및 플라보노이드

천년초의 총 폴리페놀 함량을 측정한 결과 Table 5에서 보는 바와 같이 열매 추출물 보다 줄기 추출물이 다소 높은 함량을 나타내었다. 줄기는 추출물에 따라 물, 75% 에탄올 및 75% 메탄올이 각각 3.40 g/100 g, 3.60 g/100 g 및 3.46 g/100 g으로 나타났다. 각 용매별 함량은 줄기의 경우 75% 에탄올 추출물이 유의적으로 가장 높았으나 그 다음으로 75% 메탄올, 물 추출물 순이었는데 그 함량의 차이는 유의적으로 차이가 없었다($p < 0.001$). 열매는 물, 75% 에탄올 및 75% 메탄올 추출물이 각각 2.72 g/100 g, 2.90 g/100 g 및 2.68 g/100 g로 나타났다. 열매의 경우도 줄기와 마찬가지로 75% 에탄올 추출물이 가장 높은 함량을 나타내었으며 75% 메탄올 추출물과 물 추출물은 유의적인 차이는 없었다($p < 0.001$). 이러한 결과는 Yoon 등(29)의 연구에서 천년초 70% 메탄올 추출물의 총 폴리페놀 함량을 측정한 결과 과육이 4.49 g/100 g, 줄기는 4.26 g/100 g로 나타났다는 보고와 Han 등(22)의 연구에서는 천년초의 줄기를 75% 에탄올 추출물의 총 폴리페놀 함량은 2.93 g/100 g이었다는 결과가 보고되었다. 본 실험의 결과와 연구 보고의 총 폴리페놀 함량을 비교해 보면 다소 차이를 보이고 있는데, 이것은 지역에 따른 시료의 차이와 추출용매 및 방법에 차이 때문인 것으로 생각된다. 한편, 백년초의 총 폴리페놀 함량을 살펴보면 Cho 등(4)의 연구에서는 203.26 mg%이었다고

Table 4. Free sugar contents of cactus Cheonnyuncho (*Opuntia humifusa*) powder

Contents	(Unit: mg/100g)				
	Cs ¹⁾ powder		Cf ²⁾ powder		t-value
	Content	Relative ratio (%)	Content	Relative ratio (%)	
Sucrose	395.00±13.56	64.33	3,116.00±37.12	86.97	1,186.52***
Fructose	103.00±9.13	16.78	233.00±10.34	6.50	38.27***
Glucose	116.00±6.87	18.89	234.00±8.23	6.53	27.42***
Maltose	ND ³⁾	-	ND	-	-
Lactose	ND	-	ND	-	-
Total	614.00	100.00	3,583.00	100.00	

¹⁾Cs, cactus Cheonnyuncho (*O. humifusa*) stem.

²⁾Cf, cactus Cheonnyuncho (*O. humifusa*) fruit.

³⁾ND, Not detected. *** $p < 0.001$.

보고하였으며 Lee 등(26)은 80% 에탄올로 48시간 추출하였을 때 최고의 양을 얻었는데 함량은 4.97 mg%라고 하였다. 이렇게 이미 보고한 연구 결과와 본 연구의 결과에서 나타났듯이 천년초가 백년초보다 폴리페놀 함량이 더 많이 지니고 있음을 확인 할 수 있었다.

Table 5. Total polyphenol and total flavonoids contents of cactus Chounnyoucho (*Opuntia humifusa*) powder

Samples		(Unit: g/100 g)	
		Total polyphenols ³⁾ (mg/ GAEg)	Total flavonoids ⁴⁾ (%)
Cs ¹⁾ powder	Water	3.40±0.57 ^{5)ab}	1.41±0.07 ^c
	EtOH	3.60±0.41 ^a	2.00±0.11 ^a
	MeOH	3.46±0.41 ^b	1.71±0.48 ^b
Cf ²⁾ powder	Water	2.72±0.23 ^d	1.00±0.14 ^c
	EtOH	2.90±0.46 ^c	1.17±0.17 ^d
	MeOH	2.68±0.93 ^d	1.05±0.11 ^c
F-value		66.97 ^{***}	31.30 ^{***}

¹⁾Cs, cactus Chounnyoucho (*O. humifusa*) stem.

²⁾Cf, cactus Chounnyoucho (*O. humifusa*) fruit.

³⁾Milligrams of total polyphenol contents per gram of sample on tannic acid as standard.

⁴⁾Milligrams of total flavonoids contents per gram of sample on catechin as standard.

⁵⁾Values are mean±SD (n=3). Means in a column by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range test. p<0.001.

총 플라보노이드 함량은 Table 5에서 보듯이 추출 용매에 따라 다르게 나타났는데, 75% 에탄올 추출물이 가장 높았고 그 다음으로 75% 메탄올, 물 순으로 나타났다. 부위별로는 줄기가 열매 추출물보다 플라보노이드 함량이 더 높게 나타났다. Yoon 등(29)의 연구에서 천년초의 에탄올 추출물의 총 플라보노이드 함량은 줄기가 2.59 g/100 g, 열매가 1.31 g/100 g로 줄기의 함량이 더 높았다고 보고하여 본 연구와 다소 함량의 차이는 있었지만 비슷한 결과를 보였다. 또한, 앞서 실험결과와 총 폴리페놀 함량과 마찬가지로 총 플라보노이드 함량도 상당히 많은 양이 존재하고 있음을 확인 할 수 있었다. 따라서 이러한 페놀류 및 플라보노이드는 항산화 활성에도 관여하여 식품소재로 이용가치가 높을 것으로 생각된다.

항산화 활성

일반적으로 DPPH는 비교적 안정한 free radical으로서 유허아미노산과 ascorbic acid, BHA 등에 의해 환원되어 탈색되므로 다양한 천연소재로부터 항산화 물질을 검색에 이용되고 있다. Free radical은 인체 내에서 지질, 단백질 등과 결합하여 노화를 일으키기 쉬우며 폐놀성 화합물의 경우 free radical을 환원·상쇄시키는 능력이 강해 인체 내에서 free radical에 의한 노화억제 척도로 이용되고 있다(30).

DPPH 측정된 결과는 Table 6에서 보는 바와 같이 줄기와 열매의 경우 비슷한 경향으로 추출물의 농도가 증가함에 따라 소거 활성능력도 증가하는 경향으로 75% 에탄올 추출물이 가장 높은 소거 활성능력을 보였다. 천연 항산화제인 ascorbic acid는 92.00~93.93%, 합성 항산화제인 BHA는 91.25~93.13%으로 나타나 유의적인 차이는 없었다 (p<0.001). 또한, DPPH를 50% 환원시키는데 필요한 추출물의 첨가 농도를 RC50이라고 하는데 줄기의 RC50 값은 956.30~1,267.60 µg/mL로 우수한 항산화 작용을 나타내었으며 천연 항산화제인 ascorbic acid와 BHA는 각각 10.50 µg/mL, 35.05 µg/mL의 소거능력을 가짐을 확인할 수 있었다. 이러한 실험 결과는 Lee 등(27)의 연구에서 천년초 줄기를 70% 에탄올로 추출하여 항산화 효과를 측정된 결과 에탄올 fraction의 DPPH 항산화 효과가 우수한 것으로 보고하였고 Han 등(22)도 천년초 줄기의 DPPH 활성능력이 높았다고 보고하였다. 이러한 연구보고와 앞서 실험결과인 폴리페놀 및 플라보노이드 함량의 결과와 본 실험의 DPPH 결과와 서로 연관성이 있어 시너지 효과가 있을 것으로 사료된다.

Table 6. Comparison of DPPH radical scavenging effects of water, ethanol and methanol extracts of cactus Chounnyoucho (*Opuntia humifusa*)

		(Unit: %)				
Samples	Treatment concentration (ppm) ³⁾	RC ₅₀ (µg/mL)				
		250	500	1000	2000	
Cs ¹⁾ powder	Water	12.28±0.02 ⁶⁾⁴⁾	25.66±0.00 ^c	31.85±0.01 ^c	39.59±0.05 ^c	1105.10
	EtOH	16.00±0.01 ^b	29.36±0.01 ^b	37.72±0.01 ^b	46.93±0.01 ^b	956.30
	MeOH	13.36±0.02 ^d	27.20±0.01 ^c	35.01±0.01 ^c	45.20±0.01 ^c	982.40
Cf ²⁾ powder	Water	15.48±0.01 ^c	25.33±0.01 ^c	32.25±0.01 ^d	40.89±0.02 ^c	1105.30
	EtOH	16.05±0.01 ^b	26.12±0.01 ^d	31.22±0.01 ^c	41.62±0.01 ^d	1020.40
	MeOH	13.06±0.00 ^d	23.91±0.03 ^f	28.80±0.02 ^f	39.48±0.01 ^c	1123.50
Ascorbic acid		92.13±0.01 ^a	92.00±0.01 ^a	93.01±0.01 ^a	93.93±0.00 ^a	10.50
BHA		91.25±0.01 ^a	91.87±0.01 ^a	92.87±0.01 ^a	93.13±0.01 ^a	35.05
F-value		3,725.17 ^{***}	2,663.21 ^{***}	2,260.20 ^{***}	1,788.35 ^{***}	

¹⁾Cs, cactus Chounnyoucho (*O. humifusa*) stem.

²⁾Cf, cactus Chounnyoucho (*O. humifusa*) fruit.

³⁾Radical scavenging effect.

⁴⁾Values are mean±SD (n=3). Means in a column by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range test. p<0.001.

요 약

천년초 줄기와 열매의 성분특성을 알아보고자 일반성분, 무기성분, 아미노산 함량 및 유리당 함량과 폴리페놀 및 플라보노이드, 항산화 활성을 조사하였다. 천년초 줄기와

열매의 일반성분을 측정된 결과 줄기의 경우 조희분이 10.85%, 조단백질이 8.3%, 조지방이 1.91%이었으며 열매는 조희분이 7.47%, 단백질이 2.62%와 조지방이 1.82%로 나타났다. 무기성분은 K이 가장 높게 나타났으며 줄기보다 열매가 더 높게 나타난 반면 Ca, Mg, Na 및 P의 함량은 열매 보다 줄기가 더 높게 나타났다. 천연초의 주된 아미노산은 줄기의 경우 glutamic acid, aspartic acid, arginine이었고 열매는 glutamic acid, aspartic acid, leucine으로 나타났다. 유리당의 주된 성분은 sucrose, fructose, glucose로 확인되었다. 총 폴리페놀 총 플라보노이드의 함량은 추출 용매에 따라 다소 다르게 나타났으며 75% 에탄올 추출물이 가장 높았고 그 다음으로 75% 메탄올, 물 순으로 나타났지만 그 함량의 차이는 유의적으로 차이가 없었다($p < 0.001$). 항산화 활성으로 DPPH를 측정된 결과 추출물의 농도가 증가함에 따라 소거 활성능력도 증가하는 경향으로 75% 에탄올 추출물이 가장 높은 소거 활성능력을 보였다. 용매별 RC_{50} 값은 956.30~1,267.60 $\mu\text{g/mL}$ 로 우수한 항산화 작용을 나타내었으며 천연 항산화제인 ascorbic acid와 BHA는 각각 10.50 $\mu\text{g/mL}$, 35.05 $\mu\text{g/mL}$ 의 소거능력을 가짐을 확인할 수 있었다. 따라서, 천연초의 줄기와 열매의 영양성분 특성을 확인할 수 있었고 페놀류 및 플라보노이드 함량도 높았으며 항산화 효과가 있어 가공제품 개발이 식품소재로서 유익한 이용도를 높일 것으로 보인다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(PJ 010919)의 지원에 의해 이루어진 것임.

References

- Bashan N, Kovsan J, Kachko I, Ovadia H, Rudich A (2009) Positive and negative regulation of insulin signaling by reactive oxygen and nitrogen species. *Physiol Rev*, 89, 21-71
- Ha TY (2006) Development of functional food materials for healthy life. *Korean J Crop Sci*, 51, 26-39
- Lee DH (2011) The effect of (*Chunneyonho*) *Opuntia humifusa* extract on the atopy skin condition. MS thesis, Seokyeong University, Korea, p 10
- 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
- Barbera G, Inglese P, Pimienta BE (1995) Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear. FAO. Rome, Italy
- Jung BM, Shin MO (2011) Physiological activities of *Opuntia humifusa* petiole. *Korean J Food Cookery Sci*, 27, 523-530
- Kim YJ, Park CI, Kim SJ, Ahn EM (2014) Antioxidant and inflammatory mediators regulation effects of the roots of *Opuntia humifusa*. *J Appl Biol Chem*, 57, 1-5
- Jung BM, Shin MO, Kim HR (2012) The effects of antimicrobial, antioxidant, and anticancer properties of *Opuntia humifusa* stems. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 41, 20-25
- Hwang HJ, Kang MS, Kim BK, Jung BM, Kim MH (2012) The effect of *Opuntia humifusa* seed extracts on platelet aggregation and serum lipid level in ovariectomized rats. *J Life Sci*, 22, 1680-1687
- Park MK, Lee YJ, Kang ES (2005) Hepatoprotective effect of Cheonnyuncho (*Opuntia humifusa*) extract in rats treated carbon tetrachloride. *Korean J Food Sci Technol*, 37, 822-826
- Kim KT, Lee KS, Rho YH, Lee KY (2014) Quality characteristics of noodles made from domestic korean wheat flour containing cactus Cheonnyuncho (*Opuntia humifusa*) powder. *Korean J Food Culture*, 29, 437-443
- Song KJ, Kim JJ, Jung BO, Chung SJ, Yoon JA (2013) Quality characteristics of Cheonnyuncho (*Opuntia humifusa*) wine according to soluble chitosan with different viscosity-average molecular weight. *J Chitin Chitosan*, 18, 229-234
- Jung BM (2010) Quality characteristics and storage properties of wet noodle with added Cheonnyuncho fruit powder, *Korean J Food Cookery Sci*, 26, 821-830
- Kim MH, Hong GJ (2009) Quality properties of jeolpyun supplemented with Cheonnyuncho (*Opuntia humifusa*). *Korean J Food Cookery Sci*, 25, 412-420
- Kim KT, Choi AR, Lee KS, Joung YM, Lee KY (2007) Quality characteristics of bread made from domestic korean wheat flour containing cactus Cheonnyuncho (*Opuntia humifusa*) powder. *Korean J Food Cookery Sci*, 23, 461-468
- You SG, Kim SW, Jung KH, Moon SK, Yu KW, Choi WS (2010) Effect of *Astragalus radix* and *Opuntia humifusa* on quality of red ginseng drink. *Food Eng Progress*, 14, 299-306
- Jung BM, Han KA, Shin TS (2011) Food components of different parts of Cheonnyuncho (*Opuntia humifusa*) harvested from Yeosu, Jeonnam in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 40, 1271-1278

18. AOAC (2000) Official Methods of Analysis of AOAC International. 17th ed. rev2. Ch. 32, Association of Official Analytical Communities, Gaithersbrug, Maryland, USA, p 7-10
19. Korea Food & Drug Administration. 2011. Functional Food Code. KFDA, Seoul, Korea, p 37-105
20. Amerinem MA, Ough CS (1958) Method for analysis of musts and win. Wiley & Sons. New York, USA, p 176-180
21. Blois MS (1958) Antioxidant determination by the use of a stable free radical. Nature, 26, 1999-1200
22. Han IH, Lee KA, Byoun KE (2007) The antioxidant activity of Korean cactus (*Opuntia humifusa*) and the quality characteristics of cookies with cactus powder added. Korean J Food Cookery Sci, 23, 443-451
23. Jan SY, Kim MH, Hong GJ (2013) Quality changes of sulgidduk added Cheonnyuncho (*Opuntia humifusa*) fruit powder during storage. Korean J Food Cookery Sci, 29, 501-509
24. Yoon SJ (2010) Effect of irradiation and enzyme treatment on viscosity of cactus cladodes and its some biological activities (*Opuntia humifusa*). MS Thesis, Chonbuk National University, Korea, p 14-15
25. Cho IK, Seo KS, Kim YD (2009) Antimicrobial activities, antioxidant effects, and total polyphenol contents of extracts of prickly pear, *Opuntia ficus indica*. Korean J Food Preserv, 16, 953-958
26. Lee YC, Hwan KH, Han DH, Km SD (1997) Composition of *Opuntia ficus indica*. Korean J Food Sci Technol, 29, 847-853
27. Lee YC, Shin EH, Park SJ, Choi SK (2011) Component analysis and antioxidant activity of *Opuntia ficus-indica* var. saboten. J East Asian Soc Dietary Life, 21, 691-697
28. Kuti JO (1994) Sugar composition and invertase activity in prickly pear fruit. J Food Sci, 59, 387-390
29. 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
30. An BJ, Lee JT, Lee SA, Kwak JH, Park JM, Lee JY, Son JH (2004) Antioxidant effects and application as natural ingredients of Korean anguisorbae officinalis L. J Korean Soc Appl Biol Chem, 47, 244-250