

## Functional component analysis and physical property of *Cheonnyuncho* (*Opuntia humifusa*) powder

Dong-Sun Shin<sup>1</sup>, Gwi-Jung Han<sup>2\*</sup>, Se-Gwan Oh<sup>3</sup>, Hye-Young Park<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Petitami R&D, Namyangju 12181, Korea

<sup>2</sup>National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

<sup>3</sup>National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

### 천년초 분말의 기능성분 분석과 물리적 특성 연구

신동선<sup>1</sup> · 한귀정<sup>2\*</sup> · 오세관<sup>3</sup> · 박혜영<sup>3</sup>

<sup>1</sup>(주)쁘띠아미, <sup>2</sup>농촌진흥청 국립농업과학원, <sup>3</sup>농촌진흥청 국립식량과학원

#### Abstract

The purpose of this study was to perform a functional components analysis and investigate the physical properties of powders made from the stems or fruit of freeze-dried Cheonnyuncho cactus (*Opuntia humifusa*). The functional components analysis showed that the stem and fruit powders had vitamin C levels of 42.14 mg and 105.21 mg, respectively. The stem powder contained more lutein than the fruit powder. The fruit powder contained more vitamin C than the stem powder. The SDF (soluble dietary fiber) and IDF (insoluble dietary fiber) in the stem powder were 45.24% and 22.15%, respectively, which were higher than the values for the fruit powder. The stem and fruit powders contained 19.30 mg/g and 25.10 mg/g of crude saponin, respectively. The pH of the stem and fruit powders was 5.34 and 5.07, respectively, both indicating low acidity. The L, a and b values of the stem powder color were 78.28, -3.71, and 19.19, respectively. The L, a and b values of the fruit powder color were 55.56, 24.84, and -3.18, respectively. The stem powder had a higher bulk density, water holding capacity, and swelling power than those of the fruit powder, but water-retaining capacity of the stem powder was lower than that of the fruit powder. In addition, the stem powder had a higher viscous material content and water uptake compared to the fruit powder. Based on the above results, we determined that Cheonnyuncho (*Opuntia humifusa*) powder had potentially useful functional components and physical properties.

Key words : *Opuntia humifusa*, functional components, physical properties

### 서 론

천년초(*Opuntia humifusa*)는 다년초 식물의 선인장(*Opuntia*)과 식물로 부채선인장과(*Opuntioideae*)에 속하며 줄기의 형태가 손바닥과 비슷하여 손바닥선인장이라고도 불린다. 영하 20°C의 혹한에도 자체의 수분을 절반으로 감

소시켜 겨울 노지에서 얼어 죽지 않고 강한 생명력을 유지하는 특성을 가지고 있는 한국토종 식용 선인장이다 (1). 천년초 선인장의 재배는 인삼과 달리 땅에 한번 이식한 후 수십년을 한 자리에서 재배해도 흙에 영향을 주지 않고 오히려 뿌리와 줄기의 약리 효과가 높아지며 뿌리에는 삼 냄새가 나서 ‘태삼선인장’ 이라고 불리고 있다(2). 또한, 천년초의 영양 기능성 성분은 폴리페놀 화합물, 식이섬유, 비타민, 칼슘, 무기질, 아미노산, 복합다당류 등의 영양성분을 다량 함유하고 있으며 그 중에서 식이섬유와 칼슘은 다른 식물에 비해 다량 함유되어 있다(3). 이러한 식용 가능한 선인장의 약효와 기능성이 부각되면서 충남 아산지역을 비롯하여 전국적으로 천년초 선인장이 재배되고 있으며

\*Corresponding author. E-mail : hgiaz@korea.kr  
Phone : 82-63-238-3561, Fax : 82-63-238-3842  
Received 24 July 2015; Revised 19 October 2015; Accepted 11 November 2015.  
Copyright © The Korean Society of Food Preservation. All rights reserved.

그 수요가 점차 증대되어 농가소득을 높일 수 있는 새로운 대체작물로서 주목받고 있다(4). 천년초 선인장과 유사한 국외 식용 선인장인 세계적으로 유명한 멕시코의 노팔 선인장(*Opuntia ficus-indica*)은 다이어트, 피부미용, 변비치료 등의 효과가 있어 젊은 여성들에게 큰 인기를 끌고 있으며 그밖에 음료, 주류, 주스, 잼, 젤리 등의 지역특산품과 다양한 소스류, 샐러드류 등의 가공품이 개발되어 판매되고 있다(5).

천년초 선인장에 연구로는 주로 항산화(6), 항균(7), 항암 효과(8) 등의 생리활성에 관한 연구, 천년초에서 분리한 점질 다당의 면역 활성에 관한 연구(9) 등이 보고되었으며 천년초를 이용한 가공제품에 관한 연구는 쌀 막걸리(10), 쿠키(11), 우리밀 국수(12), 와인(13), 생면(14), 떡(15), 식빵(16), 음료(17) 등에 첨가하여 이용성 증진을 위한 품질특성을 조사한 연구가 보고되었다. 천년초 선인장은 가시를 제외한 파란색의 줄기, 붉은색의 열매, 노란색의 꽃, 흰색의 뿌리, 검은색의 씨앗 등의 오색을 갖추고 있으며 각각 영양 성분 및 약리 효능이 있어 선인장 전체가 상품가치가 뛰어나며 각각의 특성을 살려서 제품개발이 가능할 것으로 보인다. 천년초 분말의 물리적 특성 및 부위별 기능성 성분 관련 연구(18)가 보고되고 있지만 아직 미미한 실정으로 천년초를 이용한 가공제품 개발 시 제품의 종류나 특성에 따라 가공처리 방법이 달라질 수 있기 때문에 적절한 조건을 찾는 다양한 연구가 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 천년초 선인장의 줄기와 열매를 동결 건조하여 분말화 한 후 기능성 성분으로 Vit. B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, 루틴 및 베타카로틴 등의 비타민, 식이섬유, 조 사포닌을 분석하고, 물리적 특성으로 pH 및 색도, 보수력, 보유력, 팽윤력, 용적밀도, 점액물질 함량 및 수분흡수량을 조사하여 천년초를 이용한 가공식품 개발 시 기초 자료로 제공하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험 재료

천년초는 2011년 10월에 전라남도 장성군에서 재배한 것을 공급받아 천년초의 줄기와 열매 분말을 제조하였다. 천년초의 줄기와 열매는 흙과 잔가시를 제거하고 흐르는 물에 씻은 다음 물기를 제거하여 -70°C에서 급속냉동 시킨 후 동결건조기(Ilshin Lab Co., Yangju, Korea)에서 건조시켰다. 이를 분쇄기(DA505 lon power, Daesungartlon Co., Seoul, Korea)로 분쇄한 다음 100 mesh의 체로 통과시켜 진공포장기(SQ 101 fuji impluse, Saranrasipu Co., Tokyo, Japan)로 밀폐시켜 -20°C 냉동고(CA-G11XZ, LG Electronics, Seoul, Korea)에 보관하면서 실험을 하였다.

### 비타민 분석

비타민 분석은 비타민 B<sub>1</sub>는 Thiochrom 형광법, 비타민 B<sub>2</sub>는 Iumiflavin 형광법, 비타민 B<sub>3</sub>는 Konig 반응에 의한 비색법으로 분석하였다(19).

루틴 및 베타카로틴(Vit. A 전구체) 함량 측정(18)은 시료를 10-20 IU/mL 농도가 되도록 취하여 chloroform : MeOH : H<sub>2</sub>O(1 : 2 : 0.8, v/v/v)을 5배량을 가하여 균질화한 다음 여과하여 chloroform층을 감압농축 하였다. 농축액을 2 N KOH-EtOH용액으로 검화한 후 ethyl ether로 3회 반복 추출한 다음 ether를 제거하였다. 다시 MeOH에 용해시켜 0.45 µm membranc filter로 여과하여 HPLC로 분석하였다. 분석 조건은 컬럼은 µ-Bondapak C-18(300×3.9 mm, Waters Co., Milford, MA, USA)였으며 UV 검출기(UV-970, Jasco Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 325 nm에서 분석하였다. 컬럼의 온도는 40°C를 유지하였고, 이동상으로는 MeOH : H<sub>2</sub>O(90 : 10, v/v)혼합용액이었으며, 유속은 분당 1.0 mL이고 시료의 주입량은 10 µL이었다.

비타민 C 함량(18)은 시료를 추출용액 100 mL당 1.5~2.5 mg 되도록 시료를 취한 후 2% metaphosphoric acid를 50 mL가하여 저온에서 저으면서 추출하여 2분 동안 균질화 하였다. 균질화된 추출액을 원심분리한 후 0.45 µm membranc filter로 여과하여 HPLC(PU-980, Jasco Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 UV 검출기(UV-970, Jasco Co.)로 254 nm에서 분석하였다. 분석조건은 컬럼은 YMC-park polyamine II(4.6×250 nm, YMC Co., Ltd., Japan)이었고, 컬럼의 온도는 25°C를 유지하였다. 이동상으로는 acetonitrile : 50 mM NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>(70:30, v/v) 용액이었으며, 유속은 분당 0.6 mL, 시료의 주입량은 20 µL이었다.

### 식이섬유 분석

식이섬유 분석은 AOAC법(20)의 효소중량법(enzymatic gravimetric method)으로 분석용 Kit(TDF 100A, Sigma Chemical Co., NY, USA)를 이용하여 총 식이섬유(total dietary fiber, TDF), 불용성 식이섬유(insoluble dietary fiber, IDF), 수용성 식이섬유(soluble dietary fiber, SDF)를 각각 분석하였다. 시료 0.3 g에 MES-TRIS buffer 40 mL를 가하여 시료와 α-amylase 50 µL를 첨가한 다음 95°C water bath에서 35분 동안 교반하였다. 여기에 증류수 10 mL를 첨가하여 비이커 기벽을 깨끗이 씻어낸 후 사용 직전에 제조한 protease(50 mg/mL) 100 µL를 첨가하고 60°C에서 30분 동안 교반하였다. 교반된 시료에 0.561 N HCl 5 mL와 amyloglucosidase 300 µL를 첨가하여 60°C에서 30분 동안 교반 후 실온에서 1시간 방치하였다. Crucible에 1 g의 celite을 평량한 후 78% ethanol, 95% ethanol 및 acton을 각각 15 mL씩 2회 씻어낸 후 105°C에서 건조시켜 crucible celite 무게를 측정하였다. 건조된 시료를 단백질 분석기(Kjeltec 2400 AUT, Foss Tecator, Eden Prairie, MN, USA)를 이용하여 단백질 정량과

건식 회화법으로 회분 정량을 분석하여 총 식이섬유로 하였다. 이때, 효소를 반응시킨 시험용액을 여과하여 얻은 crucible 잔사는 불용성 식이섬유로 하였으며 여과액은 수용성 식이섬유로 하였다.

### 조 사포닌 분석

천년초 분말의 조 사포닌 분석은 시료 9 g를 90% methanol 100 mL를 첨가하여 3시간씩 3회 환류냉각 추출한 후 여과한 후 45°C에서 감압 농축시켜 methanol 추출물을 얻었다. 얻어진 methanol 추출물을 증류수 20 mL에 용해하여 diethyl ether 100 mL를 첨가하여 지용성 성분과 색소 등을 제거하고 diethyl ether로 색소 및 비극성 물질을 분리한 것을 ethyl ether 분획물로 하였다. Ethyl acetate로 분획하여 수층을 수포화 butanol(water-saturated n-butanol)로 3회 반복 추출하여 증류수로 2회 세척한 후 butanol 층을 polyamide와 alumina column을 통과시켜 남아 있는 색소를 제거하였다. 다시 수포화 butanol로 column을 통과시켜 내부에 부착되어 있을 crude saponin을 모아 첫 번째 butanol 층과 합하였다. 모아진 butanol 층을 45°C에서 감압 농축한 다음 건조하여 연황색 분말의 crude saponin을 얻었다. 이때 감압 농축물의 함량을 조 사포닌(crude saponin) 양으로 하였다(21).

### pH 및 색도

천년초의 줄기와 열매 분말의 pH 측정은 시료 3 g를 각각 취하고 여기에 증류수 27 mL를 가하여 균질화한 다음 pH meter(Orion 4 STAR, Thermo Scientific, Beverly, MA, USA)로 3회 반복 측정하여 평균값을 나타냈다. 색도의 측정은 색차계(Color-Eye 3100, Macbeth, New Windsor, NY, USA)를 이용하여 Hunter 값인 L값(명도, lightness), a값(적색도, redness), b값(황색도, yellowness)를 3회 측정한 뒤 평균값을 나타내었다.

### 보수력, 보유력, 팽윤력, 용적밀도

천년초의 줄기와 열매 분말의 보수력, 보유력, 팽윤력, 용적밀도는 Chen 등(22)과 Robertson 등(23)의 방법을 변형하여 측정하였다. 보수력(water holding capacity, WHC)측정은 항량된 원심 분리관 50 mL에 시료 0.1 g를 취하고 여기에 증류수 25 mL를 가하여 잘 섞은 후 교반(30°C, 2 hr, 200 rpm)하여 평형화시켰다. 이를 원심분리(15,000 rpm, 20 min)한 후 상정액은 버리고 원심 분리관을 흡수 종이에 거꾸로 세워 2시간 동안 방치하였다. 물기를 제거하고 무게를 잰 후 105°C에서 건조한 다음 항량을 구하여 시료 1 g당 잔류하는 수분의 양을 mL/g으로 나타내었다. 보유력(oil holding capacity, OHC)은 50 mL 원심 분리관에 분말 시료 0.1 g과 식용유(해표) 25 mL를 넣고 유리 막대를 이용하여 잘 섞은 후 교반(30°C, 2 hr, 200 rpm)하여 평형화 시켰

다. 이를 원심분리(15,000 rpm, 20 min)한 후 상정액은 버리고 원심분리관을 여과지에 거꾸로 세워 1시간 동안 방치하여 기름기를 제거하고 무게를 측정하였다. 보유력은 시료 1 g당 잔류하는 기름의 양(mL/g)으로 나타내었다. 팽윤력(swelling)은 눈금실린더 25 mL에 시료 1 g를 넣은 다음 증류수 20 mL를 가하여 실온에서 24시간 정도 평형화시키고 이때 나타나는 bed의 부피를 volume/g sample로 나타내었다. 용적밀도(bulk density)은 눈금실린더 25 mL에 시료 4 g을 넣은 후 실린더를 딱딱한 표면에 30초 동안 두드린 후 시료가 차지한 부피를 측정하였다. 용적밀도는 단위 용적 당 시료의 무게 g/mL로 표시하여 나타내었다.

### 점액물질 함량 및 수분흡수량

천년초의 줄기와 열매 분말의 점액물질 함량은 동결건조시킨 시료분말 10 g을 물 100 mL에 용해시켜 24시간 동안 방치시킨 후 침전물을 제거하였다. 여기에 acetone 100 mL을 첨가한 다음 5°C에서 24시간 동안 방치한 후에 여과지(Whatman No. 2)로 여과하여 응고물질을 105°C 건조기에서 건조한 다음 점액물질의 함량을 측정하였다(9). 점액물질의 수분흡수량은 105°C의 건조기에서 건조시킨 천년초 분말의 시료 1 g에 100 mL의 증류수를 가하여 실온에서 4시간 정도 방치한 다음 여과지(Whatman No. 2)로 여과한 후 응고물에 흡수된 수분함량을 측정하였다(9).

### 통계처리

실험에서 얻어진 결과에 대한 통계처리는 SPSS 통계프로그램(12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 분산 분석을 실시하였으며, 유의성 검정(p<0.05)은 t-test를 이용하였다.

## 결과 및 고찰

### 비타민 분석

천년초의 줄기와 열매 분말의 비타민을 분석한 결과는 Table 1에서 보는 바와 같이 비타민류 중에서 비타민 C(ascorbic acid)의 함량이 가장 많이 함유되어 있음을 확인하였는데, 줄기 분말에서 42.14 mg으로 나타났으며 열매 분말이 105.21 mg으로 줄기 분말의 약 2배 이상 더 높게 나타났다. 이러한 결과로 천년초의 비타민 C 함량이 상당히 많이 함유되어 있음을 확인할 수 있었다. Jung 등(18)의 연구에서 전남 여수지역에서 재배되는 천년초 선인장의 줄기와 열매의 비타민 C를 측정한 결과 줄기는 17.33 mg이었으며 열매는 32.55 mg로 열매가 줄기보다 높았다는 보고와 본 실험과 일치하였으나 비타민 C의 함량이 약 2~3배 정도 차이를 보였다. 이것은 천년초 선인장의 재배지역, 재취시기, 동결건조 분말화 과정 및 보관방법 등에서 비타

민 C의 손실로 인해 비타민 C 함량이 차이가 난 것으로 사료된다. 한편으로 Lee 등(24)의 연구에서 손바닥 선인장의 줄기와 열매, 씨, 알로에 등의 비타민 C의 함량을 분석한 결과 줄기가 71.2 mg, 열매가 163.8 mg로 줄기보다 열매가 약 2.3배 높았으나 씨의 경우 비타민 C의 함량이 검출되지 않았고 알로에는 33.2 mg으로 나타났다는 연구 보고가 있었다.

일반적으로 lutein과  $\beta$ -carotene은 carotenoid계의 황색 색소로 활성산소를 소거하는 항산화 효능, 시력보호, 면역증강 및 염증반응 억제 등을 가지고 있다고 하며  $\beta$ -carotene은 비타민 A의 전구체로 알려져 있다(25). 본 실험의 lutein의 함량을 측정된 결과 천년초 줄기에서 424.93  $\mu$ g으로 열매의 161.13  $\mu$ g보다 약 2.3배 정도 더 높게 나타났으며  $\beta$ -carotene의 함량은 줄기가 45.90  $\mu$ g이었으며 열매가 134.08  $\mu$ g으로 열매에서 약 2.9배 정도 높은 함량을 나타내었다. 비타민 B의 경우 줄기와 열매의 함량이 각각 비타민 B<sub>1</sub>(thiamin)는 0.16 mg 및 0.15 mg이었고 비타민 B<sub>2</sub>(riboflavin)은 0.08 mg 및 0.12 mg으로 아주 적은양이 함유되어 있었으며 비타민 B<sub>3</sub>(niacin)은 0.92 mg 및 1.01 mg으로 나타났다.

**Table 1. Total vitamin contents of Cheonnyuncho cactus (*Opuntia humifusa*) powder**

Vitamins	Cs <sup>1)</sup> powder	Cf powder	t-value
Lutein ( $\mu$ g/g)	424.93 $\pm$ 0.08 <sup>2)</sup>	161.13 $\pm$ 0.30	878.37 <sup>***</sup>
$\beta$ -Carotene ( $\mu$ g/g)	45.90 $\pm$ 0.17	134.08 $\pm$ 0.16	653.42 <sup>***</sup>
Thiamin (mg/g)	0.16 $\pm$ 0.03	0.15 $\pm$ 0.02	0.08
Riboflavin (mg/g)	0.08 $\pm$ 0.02	0.12 $\pm$ 0.06	0.42
Niacin (mg/g)	0.92 $\pm$ 0.04	1.01 $\pm$ 0.02	1.52
Ascorbic acid (mg/g)	42.14 $\pm$ 0.10	105.21 $\pm$ 0.12	716.23 <sup>***</sup>

<sup>1)</sup>Cs, cactus *Chounnyuncho* (*Opuntia humifusa*) stem; Cf, cactus *Chounnyuncho* (*Opuntia humifusa*) fruit.

<sup>2)</sup>Values are mean $\pm$ SD (n=3). \*\*\* p<0.001.

### 식이섬유 분석

식이섬유(dietary fiber)는 인체 내 소화효소에 의하여 소화되지 않는 식품성분을 말하며 식물의 벽을 구성하는 cellulose, hemicellulose, lignin, pectin, mucilages 등으로 이루어져 있다. 구조적으로 식이섬유는 복합다당류로서 전분이나 glycogen과 마찬가지로 포도당이 결합한 것으로 옆의 분자와 붙어서 micelle이 강하게 고정되어 섬유구조를 형성할 수 있어서 물과 함께 끊어지거나 끊어지지 않는 특성이 있다. 또한, 식이섬유는 식품 내에서는 보습성, 용해성, 점성, 흡착성 등의 물리화학적 특성을 지니며 인체 내에서는 변비억제, 혈당상승 억제, 혈중 콜레스테롤 저하, 장내세균총의 개선 등의 생리활성 기능을 갖는 물질이다(26).

천년초의 줄기와 열매에 존재하는 식이섬유 함량을 총

식이섬유(TDF)와 수용성 식이섬유(SDF), 불용성 식이섬유(IDF)를 각각 측정하여 건조물 기준(dry matter basis)으로 계산하여 Table 2에 나타내었다. 천년초의 줄기와 열매 분말의 식이섬유 함량은 건조물 기준 줄기의 경우 총 식이섬유 함량이 67.39%, 수용성 식이섬유가 45.24%, 불용성 식이섬유가 22.15%이었으며, 열매의 경우 총 식이섬유 함량이 44.51%, 수용성 식이섬유가 32.16%, 불용성 식이섬유 12.35%로 나타났다.

Hwang(27)의 연구에서는 녹황색 채소류, 버섯류, 과일류 및 해조류의 총 식이섬유의 함량을 측정된 결과 녹황색 채소류 중 건 고사리의 경우 38.36%로 가장 높았고, 버섯류는 말린 석이버섯이 52.87%, 과일류는 귤껍이 17.73%, 해조류는 미역이 37.77%로 가장 높은 함량을 보였다는 연구가 보고되었다. 이러한 연구와 본 실험의 결과와 비교해 보면 천년초의 줄기와 열매의 식이섬유 함량은 매우 높으며 천년초의 열매보다 줄기에 식이섬유가 함량이 더 높음을 확인할 수 있었다. 그러므로 천년초의 줄기와 열매에는 식이섬유가 많아 천연 식품소재로서 이용가치가 높을 것으로 생각된다.

**Table 2. Soluble dietary fiber, insoluble dietary fiber and total dietary fiber contents of Cheonnyuncho cactus (*Opuntia humifusa*) powder**

Part <sup>1)</sup>	Dietary fiber <sup>2)</sup>		
	SDF	IDF	TDF
Cs powder	45.24 $\pm$ 0.18	22.15 $\pm$ 0.19	67.39 $\pm$ 0.24
Cf powder	32.16 $\pm$ 0.11	12.35 $\pm$ 0.09	44.51 $\pm$ 0.34
t-value	127.13 <sup>***</sup>	131.79 <sup>***</sup>	354.15 <sup>***</sup>

<sup>1)</sup>Cs, cactus *Chounnyuncho* (*Opuntia humifusa*) stem; Cf, cactus *Chounnyuncho* (*Opuntia humifusa*) fruit.

<sup>2)</sup>SDF, soluble dietary fiber; IDF, insoluble dietary fiber; TDF, total dietary fiber.

<sup>3)</sup>Values are mean $\pm$ SD (n=3). \*\*\* p<0.001.

### 조 사포닌 분석

천년초의 줄기와 열매 분말로부터 분리한 조 사포닌 함량을 측정된 결과는 Table 3에서 보는 바와 같이 천년초의 조 사포닌 함량은 줄기가 19.30 mg/g이었고 열매가 25.10 mg/g으로 열매가 다소 높게 나타났다.

사포닌(saponin)은 glycoside라고 하는 화합물로 미세한 거품을 내는 특성을 지니며 사포닌을 함유하고 있는 식물은 소염, 강장, 거담, 진해 등 의약품에 사용되어 왔고 사포닌이 많은 인삼의 사포닌은 ginsenoside(Rg<sub>1</sub>, Rf, Re, Rd, Rc, Rb<sub>2</sub>, Rb<sub>1</sub>)라고 불리우며 여러 가지 화학적 구조가 밝혀져 그 가능성이 이미 알려져 있다(28). 따라서, 천년초의 사포닌의 종류와 화학적 구조에 관한 연구가 이루어진다면 앞으로 용도에 맞게 활용하게 되어 천년초의 부가가치를 더 높일 수 있고 기능성으로서의 그 이용가치가 더욱 더 증대 될

것으로 사료되었다.

**Table 3. Crude saponin contents of the Cheonnyuncho cactus (*Opuntia humifusa*) powder**

Part <sup>1)</sup>	Crude saponin (Unit: mg/g)
Cs powder	19.30±0.18 <sup>2)</sup>
Cf powder	25.10±0.15
t-value	-3.39

<sup>1)</sup>Cs, cactus *Chounnyuncho* (*Opuntia humifusa*) stem; Cf, cactus *Chounnyuncho* (*Opuntia humifusa*) fruit.

<sup>2)</sup>Values are mean±SD (n=3).

### pH 및 색도

천년초 분말의 pH 및 색도를 측정한 결과는 Table 4에서 보는 바와 같으며 pH의 경우 줄기 분말은 pH 5.34이었고 열매 분말은 pH 5.07로 줄기 분말이 더 높게 나타났다. 색도는 줄기 분말의 경우 명도를 나타내는 L값의 경우 78.28이었으며 적색도인 a값은 -3.71, 황색도인 b값은 19.19로 나타났다. 열매 분말의 경우 L값은 55.56로 나타났으며 a값과 b값이 각각 24.84 및 -3.18로 나타났다.

Lee 등(29)의 연구에서 pH에 따른 선인장 추출액의 색소의 변화를 보면 산성에서는 매우 밝은 적색을 유지하지만 알칼리로 갈수록 betalamic acid의 유리에 의해 색소의 탈색이 일어났으며, 색소의 안정성은 산성에서도 색소의 안정성 및 물성을 유지하는 다당류를 함유하고 있다고 보고하였다. 일반적으로 선인장과에 속하는 선인장 열매의 색소 주 성분은 베타레인(betalain)으로 적색의 베타시아닌(beta-cyanin)과 황색의 베타잔틴(beta-xanthin)으로 분류되며 다양한 색상으로 분포하는 천연색소로 알려져 있다(30). 따라서, 천년초의 줄기와 열매 색소는 천연색소로서 적절하게 이용된다면 제품의 기호성 증진시키는 유용한 식품소재가 될 것으로 생각된다.

**Table 4. pH and color values of Cheonnyuncho cactus (*Opuntia humifusa*) powder**

Part <sup>1)</sup>	pH	Color value		
		L	a	b
Cs powder	5.34±0.02 <sup>2)</sup>	78.28±0.17	-3.71±0.19	19.19±0.27
Cf powder	5.07±0.03	55.56±1.13	24.84±0.98	-3.18±0.05
t-value	4.58**	279.49***	-2.42	273.98***

<sup>1)</sup>Cs, cactus *Chounnyuncho* (*Opuntia humifusa*) stem; Cf, cactus *Chounnyuncho* (*Opuntia humifusa*) fruit.

<sup>2)</sup>Values are mean±SD (n=3). \*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001.

### 보수력, 보유력, 팽윤력, 용적밀도

천년초 선인장의 줄기와 열매 분말의 보수력, 보유력, 팽윤력, 용적밀도를 측정한 결과는 Table 5와 같다. 보수력

은 줄기가 20.65 g/g, 열매가 17.05 g/g로 줄기가 더 높게 나타났으며 보유력은 줄기가 2.22 g/g, 열매가 2.24 g/g로 나타나 열매가 높았으나 유의적인 차이는 없었다. 용적밀도는 줄기가 2.56 g/mL이었으며 열매가 1.86 g/mL로 나타났다. 팽윤력도 줄기가 5.95 mL/g이었고 열매가 2.77 mL/g로 줄기가 열매 보다 더 높게 나타났다. 이러한 결과로 줄기는 보습제와 팽윤제, 열매는 유화 안정제에 적합할 것으로 생각된다. 보수력은 수용성 식이섬유의 구성하는 성분과 비율에 따라 영향을 받고 불용성 식이섬유는 물을 잘 보호할 수 있는 미세구조에 따라 결정되어지며 용적밀도와 팽윤력이 중요한 요인으로 작용하기도 한다(31). 이러한 팽윤력은 천년초 분말의 보수력 및 보유력과 같이 수화 관련 중요한 성질로 값이 클수록 탈수 중 물리화학적 변화가 적고 건조의 손상이 적은 것으로 보고되었다(32,33).

따라서, 앞서 식이섬유 분석 결과에서 불용성 식이섬유가 줄기나 열매에서 모두 높았는데 이런 결과는 본 연구의 보수력의 결과와도 일치하는 경향이였다. 특히 앞의 실험 결과에서 천년초 줄기의 불용성 식이섬유가 더 높게 나타났고 보수력과 팽윤력이 높아 식품소재로서 줄기가 열매보다 더 가치가 클 것으로 기대된다.

**Table 5. Some physical properties of Cheonnyuncho cactus (*Opuntia humifusa*) powder**

Part <sup>1)</sup>	Physical properties			
	WHC <sup>2)</sup> (g water/g solid)	OHC (g oil/g sample)	Bulk density (g/mL)	Swelling (mL/g)
Cs powder	20.65±1.44 <sup>3)</sup>	2.22±0.66	2.56±0.01	5.95±0.12
Cf powder	17.05±0.14	2.24±0.64	1.86±0.03	2.77±0.04
t-value	4.42**	-0.057	38.01***	44.10***

<sup>1)</sup>Cs, cactus *Chounnyuncho* (*Opuntia humifusa*) stem; Cf, cactus *Chounnyuncho* (*Opuntia humifusa*) fruit.

<sup>2)</sup>WHC, water holding capacity; OHC, oil holding capacity.

<sup>3)</sup>Values are mean±SD (n=3). \*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001.

### 점액물질 함량 및 수분흡수량

천년초 줄기와 열매 분말의 점질물질 함량 및 수분흡수량을 측정한 결과는 Table 6과 같다. 점질물질 함량은 줄기에서 73.57%이었으며 열매에서는 24.81%로 줄기에서 점질물질이 더 많음을 확인할 수 있었다. 점질물질의 수분흡수량은 줄기와 열매가 각각 12.00 mL/g, 7.33 mL/g으로 수분흡수량을 나타내었다. 이러한 천년초의 점질물질에 관한 연구는 천년초에서 점질물질의 다당을 분리하여 면역자극활성을 측정한 결과 당류는 arabinose, galactose 및 xylose이 높은 비율로 함유하고 있었으며 rhamnose와 fucose는 미량 함유되어 있었고 이러한 점질 당류는 인체에 유익한 면역생리기능 역할을 한다고 보고하였다(9).

따라서, 천년초의 점질물질은 생리기능성을 가지고 있지만 높은 점도 때문에 식품가공 시 저해요인이 될 수 있으며

로 새로운 이용 방안이 모색되어야 하며 본 연구의 수분흡수량의 결과는 가공적성을 높이는 데 중요한 역할을 할 것으로 보인다.

**Table 6. The water absorption and content of mucilaginous substances of Cheonnyuncho cactus (*Opuntia humifusa*) powder**

Part <sup>1)</sup>	Physical properties	
	Mucilage substances (%)	Water absorption (ml/g)
Cs powder	73.57±1.06 <sup>2)</sup>	12.00±0.06
Cf powder	24.81±1.81	7.33±0.05
t-value	462.89 <sup>***</sup>	78.52 <sup>***</sup>

<sup>1)</sup>Cs, cactus *Cheonnyuncho* (*Opuntia humifusa*) stem; Cf, cactus *Cheonnyuncho* (*Opuntia humifusa*) fruit.

<sup>2)</sup>Values are mean±SD (n=3). \*\*\* p<0.001.

## 요 약

본 연구에서는 천년초의 줄기와 열매를 동결 건조하여 분말화 한 후 기능성 성분으로 Vit. B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, 루틴 및 베타카로틴 등의 비타민, 식이섬유, 조 사포닌을 분석하고, 물리적 특성으로 pH 및 색도, 보수력, 보유력, 팽윤력, 용적 밀도, 점액물질 함량 및 수분흡수량을 조사하였다. 천년초 분말의 비타민을 측정 한 결과 비타민 C(ascorbic acid)의 함량이 가장 많았으며 줄기가 42.14 mg, 열매가 105.21 mg으로 줄기의 약 2배 이상 더 높게 나타났다. Lutein의 함량은 줄기가 열매 보다 약 2.3배 정도 더 높게 나타났으며 β-carotene의 함량은 열매가 줄기보다 약 2.9배 정도 높은 함량을 나타내었다. 비타민 B의 경우 줄기와 열매의 함량이 각각 비타민 B<sub>1</sub>(thiamin)는 0.16 mg 및 0.15 mg, 비타민 B<sub>2</sub>(riboflavin)은 0.08 mg 및 0.12 mg으로 아주 적은 양이 함유되어 있었으며 비타민 B<sub>3</sub>(niacin)은 0.92 mg 및 1.01 mg으로 나타났다. 식이섬유는 줄기에서 수용성 식이섬유가 45.24%, 불용성 식이섬유가 22.15%로 열매보다 높게 나타났다. 조 사포닌은 줄기가 19.30 mg/g, 열매가 25.10 mg/g으로 나타났다. 물리적 특성의 pH는 줄기가 pH 5.34, 열매가 pH 5.07로 약산성이었고 보유력을 제외한 보수력, 용적 밀도 및 팽윤력은 줄기가 높게 나타났으며 점액물질의 함량과 수분흡수량도 줄기가 열매보다 더 높게 나타났다.

이러한 결과 보아 천년초에 함유되어 있는 비타민류, 식이섬유 등은 천연 기능성 소재로 이용 가능하며 물리적 특성을 잘 이용한다면 가공적성 및 제품의 기호성을 증진시키는 데 유용한 식품소재가 될 것으로 기대된다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(PJ 010919)의 지원에 의

해 이루어진 것임.

## References

1. 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
2. Lee DH (2011) The Effect of *Opuntia humifusa* extract on the atopy skin condition. MS thesis. Seokyeong University, Seoul, Korea
3. Choi JH (2010) Structural analysis and immuno-stimulating characteristics of *Opuntia humifusa*. MS thesis. Kyonggi University, Seoul, Korea
4. Ha TY (2006) Development of functional food materials for healthy life. Korean J Crop Science, 51, 26-39
5. Aguirre JJ, Toledo HG, Zugasti CA, Belmares CR, Aguilar CN (2013) The optimization of phenolic compounds extraction from cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) skin in a reflux system using response surface methodology. Asian Pacific J Tropical Biomedicine, 3, 436-442
6. Jung BM, Shin MO (2011) Physiological activities of *Opuntia humifusa* petiole. Korean J Food Cookery Sci, 27, 523-530
7. 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
8. 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
9. Seo YS, Shin KS (2012) Immune system-stimulating activities of mucilage polysaccharides isolated from *Opuntia humifusa*. J Korean Soc Food Sci Nutr, 41, 95-102
10. Jung BM, Shin TS, Kim HR (2013) Quality characteristics during storage of rice makgeolli added with Cheonnyuncho fermentative extract. Korean J Food Cookery Sci, 29, 679-690
11. Jung BM, Kim DS, Joo NM (2012) Quality characteristics and optimization of cookies prepared with *Opuntia humifusa* powder using response surface methodology. Korean J Food Cookery Sci, 29, 1-10
12. 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
13. 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
  14. Jung BM (2010) Quality characteristics and storage properties of wet noodle with added Cheonnyuncho fruit powder. Korean J Food Cookery Sci, 26, 821-830
  15. Kim MH, Hong GJ (2009) Quality properties of jeolpyun supplemented with Cheonnyuncho (*Opuntia humifusa*). Korean J Food Cookery Sci, 25, 412-420
  16. 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
  17. You SG, Kim SW, Jung KH, Moon SK, Yu KW, Choi WS (2010) Effect of astragali radix and *Opuntia humifusa* on quality of red ginseng drink. Food Eng Progress, 14, 299-306
  18. 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
  19. Park MK, Lee YJ, Kang ES (2005) Hepato protective effect of Cheonnyuncho (*Opuntia humifusa*) extract in rats treated carbon tetrachloride. Korean J Food Sci Technol, 37, 822-826
  20. 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
  21. Shibata S, Tanaka T, Ando T, Sado M, Tsushima S, Ohsawa T (1966) Chemical studies on oriental plant drugs (XIV) protopanaxadiol, a genuine sapogenin of ginseng saponins. Chem Pharm Bull, 14, 595-600
  22. Chen H, Bubenthaler GH, Leung HK, Baranowski JD (1998) Chemical physical and baking properties of apple fiber compared with wheat and at bran. Cereal Chem, 66, 224-247
  23. Robertson JA, Monredon FD, Dysseleer P, Guillon F, Amado R, Thibault JF (2000) Hydration properties of dietary fiber and resistant starch aeuropen collabroative study. Wiss u-Technol, 33, 72-79
  24. Lee YC, Hwan KH, Han DH, Km SD (1997) Composition of *Opuntia ficus indica*. Korean J Food Sci Technol, 29, 847-853
  25. Wintergerst ES, Maggini S, Hornig DH (2007) Contribution of selected itamins and trace elements to immune function. Ann Nutr Metab, 51, 301-323
  26. Chm HL, Haack VS, Janecky CW, Vollendorf NW, Marlett JA (1998) Mechanisms by which wheat bran and oat bran increase stool weight in humans. Am J Clin Nutr, 68, 711-719
  27. Hwang JK (1996) Physicochemical properties of dietary fibers. J Korean Soc Food Sci Nutr, 25, 715-719
  28. Shin JY, Choi EH, Wee JJ (2001) New methods for separation of crude ginseng saponins, Korean J Food Sci Technol, 33, 166-172
  29. Lee SP, Whang K, Ha YD (1998) Functional properties of mucilage and pigment extracted from *Opuntia Ficus-indica*. J Korean Soc Food Sci Nutr, 27, 821-826
  30. Kang JO, Lee SG (2008) Effect of *Opuntia Ficus-indica* pigment and sodium lactate on nitrite-reduced sausages. J Anim Sci Technol(Kor), 50, 551-560
  31. Weber CW, Kohlhepp EA, Idouraine A, Ochoa LJ (1993) Binding capacity of 18 fiber sources for calcium. J Agric Food Chem, 41, 1931-1935
  32. Femenia AP, Garcia P, Simal S, Rossello C (2003) Effects of heat treatment and dehydration on bioactive polysaccharide acemann and cell wall polymers from Aloe barbadensis Miller. Carbohydr. Polym, 51, 397-405
  33. Sima S, Femenia A, Llull P, Rosello C (2000) Dehydration of *aloe vera*: simulation of drying curves and evaluation of functional properties. J Food Eng, 43, 109-114