pISSN 1225-4339 eISSN 2287-4992
Korean J. Food Nutr. Vol. 29. No. 5, 663~669 (2016)
http://dx.doi.org/10.9799/ksfan.2016.29.5.663

THE KOREAN JOURNAL OF
한국식품영양학회지
FOOD AND NUTRITION

보검선인장과 저단선인장의 열매와 줄기 영양성분 조성

서혜지 · 최용민 · 황인국 · 남진식[*] · 황진봉[**] · 이기택[***] · 이준수[****] · 이지윤[*****] · [†]김세나

농촌진흥청 국립농업과학원 기능성식품과, [*]수원여자대학교 식품영양과,
[**]한국식품연구원 식품분석센터, [***]충남대학교 식품공학과, [****]충북대학교 식품생명공학과,
[*****]서울대학교 농업생명과학대학 농생명과학공동기기원

Nutrient Composition in the Parts of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten* and *Opuntia humifusa*

Hye-Ji Seo, Young-Min Choi, In-Guk Hwang, Jin-Sik Nam[*], Jin-Bong Hwang[**], Ki-Teak Lee[***], Jun-Soo Lee[****], Jiyoon Lee[*****] and [†]Sena Kim

Functional Food & Nutrition Division, National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea
[*]Dept. of Food and Nutrition, Suwon Women's University, Suwon 16632, Korea
[**]Dept. of Food Analysis, Korea Food Research Institute, Seongnam 13539, Korea
[***]Dept. of Food Science & Technology, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea
[****]Dept. of Food Science and Biotechnology, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea
[*****]National Instrumentation Center for Environmental Management, College of Agriculture and Life Science, Seoul University, Seoul 08826, Korea

Abstract

This study was conducted to analyze the nutrient compositions of stem and fruit of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten* (OF) and *Opuntia humifusa* (OH). The results of the two-way analysis of variance test indicated that the parts, varieties and parts*varieties had influence on nutrient content except crude protein, soluble dietary fiber, Fe, Se, I, vitamin E, niacin and vitamin C. Moisture and crude ash content was higher in stem than in fruit, while crude lipid and insoluble dietary content was higher in fruit than in stem. Mineral content revealed that K (1,313.67 mg% in OF, 1,351.38 mg% in OH) was the highest in fruit and Ca (5,146.29 mg% in OF, 1,388.19 mg% in OH) was the highest in stem. Vitamin C was the most abundant vitamin in the fruit of OF (199.98 mg%) and OH (187.12 mg%). Polyunsaturated fatty acid was the highest among fatty acids (66.9~70.1%), with higher content in the stem (753.89 mg%) than fruit (578.01 mg%) in OF, while higher in the fruit (1,093.63 mg%) than stem (475.07 mg%) in OH. Moisture, crude protein, Mg, Se and riboflavin was higher in OF than OH; whereas, crude lipid, insoluble dietary fiber, total dietary fiber and monounsaturated fatty acid were higher in OH than OF. These results indicated that OF and OH could be a good food source for Ca, K and Vitamin C. Also, different nutrient content by parts and varieties, can be helpful in choice of parts or varieties for consumer purposes.

Key words: *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*, *Opuntia humifusa*, proximates, minerals, vitamins, fatty acids

서 론

선인장은 전 세계적으로 4,000여 종이 존재하며, 이 중 부채선인장속 선인장은 줄기가 손바닥 모양처럼 생겼다고 하여 손바닥선인장으로도 불리는 가장 흔한 종류이다. 주로 건조기후 또는 반 건조기후에서 잘 자라 미국, 지중해, 아프리카, 중동, 호주, 인도, 한국 등의 다양한 기후에서 생육하며, 멕시코, 칠레, 아르헨티나, 미국에서는 상업적으로도 재배되고 있

[†] Corresponding author: Sena Kim, Functional Food & Nutrition Division, National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea. Tel: +82-63-238-3681, Fax: +82-63-238-3844, E-mail: gasinali@korea.kr

다(Shin 등 2011; Park 등 2013). 국내에서 식용으로 이용되고 있는 손바닥선인장으로는 제주도에서 재배되며, 백년초라고도 불리는 보검선인장(*Opuntia ficus-indica* var. *saboten*)과 내륙지방에서 재배되며 천년초라고도 불리는 저단선인장(*Opuntia humifusa*)이 있다(Feugang 등 2006; Park 등 2014).

보검선인장(*Opuntia ficus-indica* var. *saboten*)은 열대지방이 원산지로, 우리나라에서는 연평균 기온이 높은 제주도에서 군락을 형성하면서 자생하고 있는 귀화식물(Naturalized plant)로 외관상으로 볼 때 길고 굵은 가시가 있고, 2 m 높이까지 자라는 특징이 있다. 본초강목에 의하면 변비치료, 이뇨작용, 염증 완화, 항 궤양 효과, 콜레스테롤 저하, 고혈압 · 당뇨 예방 효과가 있으며, 식욕을 증진시키고, 장운동의 활성화 등에도 효과가 있는 것으로 기록되어 있다(Chung HJ 2000; Park & Chun 2001; Kwon & Song 2005; In 등 2006; Seo 등 2012).

저단선인장(*Opuntia humifusa*)은 보검선인장과 달리 한국 토종 선인장이며, 작은 솜털가시가 있고, 30 cm 정도 높이까지만 자란다(Kim MJ 2008; Hwang 등 2011; Jang 등 2012; Park 등 2014). 폴리페놀 화합물이 함유되어 있어 항산화성이 높으며, 동의보감에 의하면 '한국 토종 선인장은 소염 진통 및 폐결핵, 화상 등에 사용하였으며, 기의 흐름과 혈액 순환을 좋게 하고, 열을 식히고 독을 풀어주며, 심장과 위의 통증 치료, 이질, 치질, 기침, 해열진정제, 기관지 천식, 가슴이 두근거리고 수면부족일 때 즙을 내서 복용하면 아주 좋다'고 되어 있다(Heo J 1991; Jung 등 2011; Shin & Han 2016).

두 품종에 이러한 차이가 있음에도 불구하고, 국내 보검선인장(Lee 등 1997; Cho 등 2009; Shin 등 2011)과 저단선인장(Yoon 등 2009; Jung 등 2011; Shin & Han 2016)의 성분 분석에 관한 연구는 개별로 이루어진 것이 대부분이며, 이를 동시에 비교분석한 연구는 보고되어 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 보검선인장과 저단선인장을 열매와 줄기로 구분하여 일반성분, 무기질, 비타민 및 지방산에 대한 영양성분을 비교분석하여 식품으로써의 영양적 가치를 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재료

보검선인장(*Opuntia ficus-indica* var. *saboten*)과 저단선인장(*Opuntia humifusa*)은 각각 2015년 제주시 한림읍, 전북 익산시에서 재배된 선인장을 사용하였다. 영양성분 손실 최소화를 위해 액체질소로 처리하여 균질기(Robot Coupe Blixer, Robot Coupe USA, Jackson, MS, USA)로 균질화 후 −70℃에서 보관 후 사용하였다.

2. 일반성분 분석

일반성분 함량은 AOAC법(1990)에 따라 분석하였다. 수분 함량은 105℃ 건조기(OF-12, Jeio Tech, Daejeon, Korea)에서 상압가열건조법으로, 조지방은 Soxhlet 추출법(Soxtec 1043, Foss Tecator AB)을 이용하여 분석하였다. 조단백질은 Kjeldahl 분해법으로 단백질추출장치(2300 Kjeltec Analyzer Unit, Foss Tecator AB, Hoganas, Sweden)를 이용하여 질소계수 6.25를 곱하여 퍼센트(%) 함량으로 표시하였다. 조회분은 550℃ 회화로(MF31G, Jeio Tech, Daejeon, Korea)에서 직접회화법으로 측정하였다. 식이섬유 함량은 AOAC법(1990)에 따라 분석하였다. 불용성 식이섬유는 α-amylase, protease, amyloglucosidase (Megazyme Internation Ireland, Wicklow, Ireland)를 이용한 효소처리를 통해 전분, 단백질 등을 분해한 후, 알코올(Daejung Chemical & metals Co., Ltd., Gyeonggi-do, Korea)로 침전시켜 여과한 후 증류수 95%, 에탄올, 아세톤 순으로 세척 및 건조한 다음 회분량과 단백질량을 측정하였다. 수용성 식이섬유는 불용성 식이섬유를 측정하는 과정에서 얻어진 여액 및 세척액에 95% 에탄올로 침전물을 형성시켜 여과한 다음, 증류수, 95% 에탄올, 아세톤 순으로 세척 및 건조한 다음, 회분량과 단백질량을 측정한 후 감하여 측정하였다. 총 식이섬유는 불용성 식이섬유와 수용성 식이섬유를 합산하여 구하였다.

3. 무기질 분석

무기질 함량은 식품공전(Ministry of Food and Drug Safety 2012a)에 따라 시료에 질산과 과산화수소를 가한 후, 마이크로웨이브 분해 장치(Multiwave ECO, Anton Paar, les Ulis, France)로 시료를 분해한 후 냉각한 다음 50 mL 플라스크로 옮겨 정용하였다. 칼슘, 인, 철, 칼륨, 마그네슘, 망간, 아연, 구리는 ICP-OES(Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry, JY 138 Ultrace, Jobin Yvon, France)로, 몰리브덴, 셀레늄, 요오드는 ICP-MS(Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry, ELAN DRC-e, PerkinElmer, USA)로 분석하여 함량을 구하였다.

4. 비타민 분석

베타카로틴은 Kim 등(2013)에 따라 시료 추출물을 비누화시켜 냉각한 후, 2% 염화나트륨 용액과 추출용매(Daejung Chemical & metals Co., Ltd., Gyeonggi-do, Korea)(hexane:ethyl acetate=85:15, BHT 0.01%)로 진탕 및 혼합하여 추출하였다. 추출액층을 무수황산나트륨으로 탈수한 후 질소 농축하고, 잔류물을 클로로포름으로 용해시킨 다음, HPLC(Younglin, Anyang, Korea)를 이용하여 함량을 측정하였다. 사용된 컬럼은 ODS 4 μm(Nova-Pak® C18, 150×3.9 mm I.d., Waters, Milford, MA, USA), 검출기는 UV detector(450 nm), 이동상으로는 ACN:MeOH:DCM=70:10:30와 ACN:MeOH:DCM=70:10:30을 사용하였다. 이동상의 유속은 1 mL/min이었으며, 분석시간은 40분이었다.

비타민 E는 식품공전(Ministry of Food and Drug Safety 2013)에 따라 시료를 60% 수산화칼륨으로 비누화 한 후, 0.01% BHT를 첨가한 hexane/ethyl acetate(85:15, v/v) 추출용매로 추출한 후 HPLC(Younglin, Anyang, Korea)를 이용하여 분석하였고, 형광검출기(FP-2020, Jasco Corporation, Tokyo, Japan, Ex λ=290 nm, Emλ=320 nm)로 검출하였다. HPLC 분석에 사용된 컬럼은 LiChrospher Diol 100 column(5 μm, 4.6×125 mm, Merck, Darmstadt, Germany)을, 이동상으로는 1.1% isopropanol을 함유한 n-hexane을 사용하였다. 이동상의 유속은 1 mL/min이었으며, 컬럼온도는 25℃이었다. 리보플라빈은 AOAC(1990)의 형광광도법에 따라 시료에 0.1 N 염산(Junsei Chemical Co. Ltd., Tokyo, Japan)을 가한 뒤 고압멸균기(SJ-220A110, Sejong Scientific Co. Bucheon, Korea, 121℃, 30분)를 이용하여 열처리한 후 추출액에 3% 과망간산칼륨 0.5 mL를 넣고 혼합하여 2분방치 후 3% 과산화수소수 0.5 mL를 넣고 혼합하였다. 침전물이 생기면 원심분리하여 시료 및 표준용액의 형광 광도를 측정하였다(Ex 435 nm, Em 545 nm). 나이아신은 Kim 등(2014)에 따라 5 mM Sodium 1-Hexanesulfonate 용액으로 균질화하여 30분간 저온에서 초음파추출 후 원심분리하여 얻은 상층액을 취하여 여과한 후, HPLC(Nanospace SI-2, Shiseido, Tokyo, Japan)를 이용하여 함량을 측정하였다. 사용된 컬럼은 Imtakt UK(Unison UK-C18, Imtakt, Kyoto, Japan, 4.6×150 mm, 3 μm), 검출기는 Accela PDA detector(Accela PDA 80 HZ Detector, Shiseido, Tokyo, Japan), 파장은 245 nm, 이동상으로는 0.25% 1-heptanesulfonic acid가 함유된 60% methanol의 혼합용액을 사용하였다. 이동상의 유속은 0.8 mL/min이었으며, 컬럼온도는 40℃이었다. 비타민 C는 Phillips 등(2010)에 따라 메타인산을 이용하여 환원형의 비타민 C를 추출한 후, HPLC(Nanospace SI-2, Shiseido, Tokyo, Japan)를 이용하여 분석하였다. 사용된 컬럼은 Phenomenex(4.6×250 mm, 4 μm, Torrance, CA, USA), 검출기는 Accela PDA detector(Accela PDA 80 HZ Detector, Shiseido, Tokyo, Japan), 파장은 245 nm, 이동상으로는 0.05% formic acid을 사용하였다. 이동상의 유속은 0.7 mL/min이었으며, 컬럼온도는 40℃이었다. 엽산은 DeVries 등(2005)에 따라 효소가수분해법을 이용한 미생물학적 분석법에 의해 실시하였다. 시료에 증류수와 0.1 M phosphate buffer(pH 7.8, 1% ascorbic acid 첨가)를 가한 다음 100℃에서 15분 동안 열처리한 후 protease, α-amylase, conjugase(Pel-freez Biologicals, Arkansas St. Rogers, AR, USA)를 각각 가하여 100 mL로 정용하였다. 추출액을 멸균하여 미리 활성화시킨 *Lactobacillus casei*(spp. *rhamnosus*, ATCC 7469)가 접종된 배지에 넣어 그 함량을 정량하였다.

5. 지방산 분석

지방산 함량은 식품공전(Ministry of Food and Drug Safety 2012b)에 따라 약 100~200 mg의 지방을 포함하는 양을 마조니어 관에 넣고, 산화방지를 위해 피로갈롤(50 mg/mL in EtOH)을 첨가하였다. 그 후 끓임 쪽을 넣고 클로로포름에 트리운데카노인(C:11:0)(NU-CHEK, T-125)을 녹여 제조한 내부표준용액 2 mL를 첨가하여 혼합한 다음, 8.3 M 염산용액을 첨가하여 밀봉 후 70~80℃ 수욕조(BS-21, Jeio Tech, Daejeon, Korea)에서 교반하면서 4분 간 분해한 후 냉각하였다. 그 다음 에테르(Junsei Chemical Co. Ltd., Tokyo, Japan) 추출하여 BF_3 메탄올 용액으로 지방산을 메틸 에스테르화하여 가스크로마토그래피(7890GC System, Agilent, Santa clara, CA, USA)로 분석하였다. 사용된 컬럼은 SP-2560(100 mm×0.25 mm, 0.2 μm)이었고, 검출기는 불꽃이온화검출기(FID, flame ionization detector), 검출기 온도 285℃, 주입구 온도 225℃, 주입량 1 μL이었다. Carrier gas는 질소를 이용하였고, 유량은 0.75 mL/min, Split ratio 100:1, 오븐 온도는 100℃에서 4분간 유지하였다(3℃/min의 비율로 240℃까지 상승 20분간 유지).

6. 통계처리

본 연구의 실험 결과는 PASW statistics 18.0(SPSS INC., Chicago, USA)을 이용하여 평균과 표준편차를 구하였고, 분석 결과에 대해 부위와 품종의 영향을 보기 위하여 이원분산분석(two-way ANOVA)을 수행하다. 시료 간 차이 검증을 위해 $P<0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test를 수행하였다.

결과 및 고찰

1. 일반성분

보검선인장 및 저단선인장의 부위별 일반성분 함량과 이를 이원분산분석한 결과는 Table 1과 같다. 수분, 조지방, 조회분, 불용성 및 총 식이섬유는 부위, 품종 및 교호작용의 영향을 모두 받았으며, 조단백질은 품종에 의해서만 영향을 받는 것으로 나타났다. 보검선인장 및 저단선인장의 부위별 일반성분 분석 결과, 수분은 보검선인장과 저단선인장 줄기에서 각각 89.81%, 79.86%, 열매에서 78.22%, 76.59%이었고, 조회분은 보검선인장과 저단선인장 줄기에서 각각 1.90%, 1.44%, 열매에서 1.09%, 1.22%로 수분과 조회분은 두 선인장 모두 열매보다 줄기에서 더 높은 함량을 보였다. 반면, 조지방은 보검선인장과 저단선인장 열매에서 각각 0.19%, 0.38%, 줄기에서 0.12%, 0.15%이었고, 불용성 식이섬유는 열매에서 각각 7.17%, 12.11%, 줄기에서 3.08%, 10.36%로 조지방과 불용성 식이섬유는 두 선인장 모두 줄기보다 열매에서 더 높은 함량을 보였다. 이러한 결과는 보검선인장의 부위별 일반성분을 분석한 Lee 등(1997), Cho 등(2009)의 연구 및 저단선인장의

Table 1. Proximate compositions of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten* and *Opuntia humifus* (%)

Variable	OF[1)]		OH		*F*-value		
	Fruit	Stem	Fruit	Stem	Parts	Varieties	Parts*Varieties
Moisture	78.23±1.00[c2)]	89.81±0.04[a]	76.60±0.36[d]	79.99±0.27[b]	370.75[***3)]	225.37[***]	116.27[***]
Crude lipid	0.19±0.00[b]	0.12±0.00[d]	0.38±0.00[a]	0.15±0.00[c]	1,534.22[***]	835.55[***]	451.18[***]
Crude protein	0.97±0.04[a]	1.03±0.05[a]	0.80±0.01[b]	0.75±0.00[b]	0.12	102.72[***]	5.99
Crude ash	1.09±0.00[d]	1.90±0.01[a]	1.22±0.02[c]	1.44±0.00[b]	401.17[***]	1.24[**]	804.18[***]
Soluble dietary fiber	6.52±0.10[b]	1.89±0.02[d]	2.63±0.10[c]	7.43±0.13[a]	8,981.15	816.09[***]	1,380.53[***]
Insoluble dietary fiber	7.17±0.05[c]	3.08±0.01[d]	12.11±0.26[a]	10.36±0.13[b]	1,780.44[***]	189.12[***]	575.76[***]
Total dietary fiber	13.69±0.15[c]	4.97±0.03[d]	14.74±0.36[b]	17.79±0.26[a]	1.34[***]	142.91[***]	4,667.97[***]

1) OF: *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*, OH: *Opuntia humifusa*
2) Superscriptive letters indicate significant difference at $p<0.05$ (Duncan's multiple range test).
3) $^{***}p<0.001$

부위별 일반성분을 분석한 Yoon 등(2009), Jung 등(2011), Shin & Han(2016)의 연구결과와 비교했을 때 함량의 차이를 보였다. 이는 시료 채취 및 처리 방법, 계절, 기후, 토질, 비료 등의 조건에 기인한 것으로 보인다. 한편, 각 선인장을 품종별로 비교했을 때 수분과 조단백질 함량은 저단선인장보다 보검선인장에서 더 높은 함량을 보였고, 조지방, 불용성 식이섬유, 총 식이섬유 함량은 보검선인장보다 저단선인장에서 더 높은 함량을 보였다.

2. 무기질

보검선인장 및 저단선인장의 부위별 무기질 함량과 이를 이원분산분석한 결과는 Table 2와 같다. Fe, Se, I를 제외한 무기질은 부위, 품종 및 교호작용의 영향을 모두 받았으며, Fe는 부위, Se는 교호작용에 의해서만 영향을 받는 것으로 나타났다. 보검선인장 및 저단선인장의 부위별 무기질 분석 결과, 대부분의 무기질은 두 선인장 모두 열매보다 줄기에서 높은 함량을 보였으며, 줄기의 무기질 함량은 Ca, K, Mg, P 순으로 높았다. 이 중 줄기에서 가장 높은 함량을 보인 Ca은 보검선인장이 5,146.29 mg%, 저단선인장이 1,388.19 mg%로, 이는 Lee 등(1997), Cho 등(2009)의 보검선인장 및 Yoon 등(2009), Jung 등(2011), Shin & Han(2016)의 저단선인장을 부위별로 분석한 결과, 줄기의 전체 무기질 함량 중 Ca가 가장 높은 함량을 보인 결과와 일치하였다. 특히 보검선인장 줄기의 Ca 함량은 저단선인장 줄기보다 4배 가까이 높았는데, 보검선인

Table 2. Mineral compositions of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten* and *Opuntia humifus* (mg%)

Variable	OF[1)]		OH		*F*-value		
	Fruit	Stem	Fruit	Stem	Parts	Varieties	Parts*Varieties
Ca	722.46±2.52[c2)]	5,146.29±279.56[a]	949.11±49.01[c]	1,388.19±70.51[b]	552.97[***3)]	142.91[***]	371.28[***]
P	122.18±2.36[c]	145.91±2.62[b]	252.84±14.25[a]	138.80±5.86[bc]	65.31[**]	122.27[***]	152.01[***]
Fe	2.05±0.02[b]	4.34±0.13[a]	1.62±0.02[b]	4.24±0.31[a]	438.13[***]	5.08	1.97
K	1,313.67±16.03[b]	3,099.75±47.69[a]	1,351.38±61.14[b]	1,324.12±48.86[b]	714.75[***]	697.85[***]	759.75[***]
Mg	368.23±6.12[b]	1,240.79±25.63[a]	267.66±17.45[c]	298.61±0.72[c]	1,634.07[***]	2,176.48[***]	1,417.84[***]
Mn	8.15±0.04[b]	4.65±0.10[d]	5.44±0.08[c]	24.93±0.54[a]	1,631.89[***]	1,967.98[***]	3,369.86[***]
Zn	2.85±0.01[c]	6.77±0.27[b]	2.98±0.10[c]	10.65±0.07[a]	3,088.89[***]	370.37[***]	322.23[***]
Cu	0.56±0.00[a]	0.42±0.01[b]	0.57±0.04[a]	0.26±0.01[c]	270.00[***]	30.00[**]	34.13[**]
Mo	0.01±0.00[b]	0.02±0.00[a]	0.02±0.00[d]	0.00±0.00[c]	18.81[*]	59.77[**]	560.10[***]
Se	0.03±0.00[b]	0.03±0.00[a]	0.01±0.00[d]	0.01±0.00[c]	59.94[**]	3,052.12[***]	0.05
I	0.02±0.01[a]	0.01±0.00[bc]	0.00±0.00[c]	0.01±0.00[ab]	0.09	7.76[*]	36.34[***]

1) OF: *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*, OH: *Opuntia humifusa*
2) Superscriptive letters indicate significant difference at $p<0.05$ (Duncan's multiple range test).
3) $^{*}p<0.05$, $^{**}p<0.001$, $^{***}p<0.001$

장 줄기의 경우 Ca 함량이 높은 채소로 알려진 케일(3,669.9 mg%), 무청(3,072.1 mg%)보다 높은 수준이었으며, 저단선인장 줄기 역시 미역(1,366.1 mg%), 치커리(1,316.7 mg%)보다 높은 함량을 나타내어(National Academy of Agricultural Science 2011) 두 품종의 줄기 부위가 훌륭한 칼슘 급원식품으로 이용될 수 있을 것으로 생각된다. 한편, 열매 또한 줄기의 무기질 함량과 비슷한 양상을 나타내었는데, 이 중 K 함량이 전체 무기질 함량 중 50% 가량으로 높은 함량을 나타내었으며, 다음으로 Ca, Mg, P 순으로 높게 나타났다. 보검선인장과 저단선인장 열매의 K 함량은 각각 1,313.67 mg%, 1,351.38 mg%로 K 함량이 높은 과일로 알려진 바나나(1,218.3 mg%)보다 높은 수준이었는데(National Academy of Agricultural Science 2011), 보검선인장 줄기의 K 함량(3,099.75 mg%)은 열매보다 높았고, 저단선인장 줄기의 K 함량(1,324.12 mg%)은 열매보다 낮았다. 이는 Lee 등(1997), Cho 등(2009)의 연구에서 보검선인장의 부위별 K 함량을 분석한 결과, 줄기보다 열매에서 높게 나타난 결과와는 달랐으나, Shin & Han(2016)의 연구에서 저단선인장의 부위별 K 함량을 분석한 결과, 줄기보다 열매에서 높게 나타난 결과와 일치하였다. 한편, 각 선인장을 품종별로 비교했을 때 Fe와 K 함량은 저단선인장보다 보검선인장에서 더 높은 함량을 보였고, Ca 함량은 보검선인장보다 저단선인장에서 더 높았다.

3. 비타민

보검선인장 및 저단선인장의 부위별 비타민 함량과 이를 이원분산분석한 결과는 Table 3과 같다. 비타민 E, 나이아신, 비타민 C를 제외한 비타민은 부위, 품종 및 교호작용의 영향을 모두 받는 것으로 나타났다. 보검선인장 및 저단선인장의 부위별 비타민 분석 결과, 두 선인장의 베타카로틴, 비타민 E, 리보플라빈, 엽산 함량은 열매보다 줄기에서 더 높게 나타난 반면, 비타민 C 함량은 보검선인장 및 저단선인장 각각 열매에서 187.12 mg%, 199.98 mg%, 줄기에서 119.44 mg%, 90.66 mg%로 줄기보다 열매에서 더 높게 나타났다. 이는 Lee 등(1997), Yoon 등(2009)의 연구에서 저단선인장 및 보검선인장의 비타민 C 함량이 줄기보다 열매에서 2배 가량 높게 나타났다는 결과와 일치한다. 또한 이러한 보검선인장 및 저단선인장의 비타민 C 함량은 애플망고(201.4 mg%), 금귤(192.1 mg%), 참외(190.9 mg%)와 같이 비타민 C 함량이 높다고 알려진 과일과 비슷한 수준(National Academy of Agricultural Science 2011)이었다. 한편, 각 선인장을 품종별로 비교했을 때 베타카로틴, 리보플라빈, 비타민 C, 엽산 함량은 저단선인장보다 보검선인장에서 더 높은 함량을 보였고, 비타민 E와 나이아신 함량은 보검선인장보다 저단선인장에서 더 높은 함량을 보였다.

4. 지방산

보검선인장 및 저단선인장의 부위별 지방산 함량과 이를 이원분산분석한 결과는 Table 4와 같다. 포화지방산, 단일불포화지방산, 다가불포화지방산 모두 부위, 품종 및 교호작용에 의한 영향을 받는 것으로 나타났다. 보검선인장 및 저단선인장의 부위별 지방산 분석 결과, 다가불포화지방산은 전체 지방산 함량의 66.9~70.1%를 차지하였는데, 보검선인장에서는 줄기가 753.89 mg%, 열매가 578.01 mg%로 나타나 열매보다 줄기에서 더 높은 함량을 보였고, 저단선인장에서는 줄기가 475.07 mg%, 열매가 1,093.63 mg%로 줄기보다 열매에서 더 높은 함량을 보였다. 전체 지방산 함량 중 3.6~16.6%로 가장 낮게 나타난 단일불포화지방산은 보검선인장에서 줄기가 331.83 mg%, 열매가 173.25 mg%로 열매보다 줄기에서 더 높은 함량을 보인 반면, 저단선인장은 줄기가 178.52 mg%, 열매가 207.55 mg%로 줄기보다 열매에서 더 높은 함량을 보였다. P/M/S 비율(Polyunsaturated fatty acid : Monounsaturated fatty acid : Saturated fatty acid)은 저단선인장에서 열매가 70:17:13, 줄기가 67:8:25의 비율을 보여 저단선인장 열매에서 54:25:21,

Table 3. Vitamin compositions of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten* and *Opuntia humifusa* (mg%)

Variable	OF[1)]		OH		*F*-value		
	Fruit	Stem	Fruit	Stem	Parts	Varieties	Parts*Varieties
β-Carotene	0.23±0.01[c2)]	3.07±0.41[a]	0.28±0.00[c]	0.91±0.01[b]	147.80[***3)]	54.35[**]	59.57[**]
Vitamin E	6.49±0.69[b]	8.42±0.13[b]	1.27±0.08[c]	16.26±1.56[a]	196.81[***]	4.71	117.12[***]
Riboflavin	0.53±0.02[c]	0.97±0.01[a]	0.41±0.01[d]	0.67±0.01[b]	1,120.22[***]	392.00[***]	72.00[**]
Niacin	1.13±0.25[b]	0.18±0.06[c]	1.48±0.17[b]	2.13±0.09[a]	1.78	105.35[***]	50.54[**]
Vitamin C	199.98±6.39[a]	119.44±7.02[b]	187.12±6.22[a]	90.66±3.58[c]	442.52[***]	24.48[**]	3.58
Folate	0.16±0.01[b]	0.41±0.03[a]	0.15±0.01[b]	0.16±0.01[b]	122.91[***]	132.35[***]	104.73[***]

1) OF: *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*, OH: *Opuntia humifusa*

2) Superscriptive letters indicate significant difference at $p<0.05$ (Duncan's multiple range test).

3) $^{**}p<0.001$, $^{***}p<0.001$

Table 4. Fatty acid compositions of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten* and *Opuntia humifus* (mg%)

Variable	OF[1](%)		OH(%)		*F*-value		
	Fruit	Stem	Fruit	Stem	Parts	Varieties	Parts *Varieties
SFA[2]	173.25±11.82[c3](20.8)	331.83±5.16[a](29.5)	207.55±0.06[b](13.3)	178.52±1.00[c](25.1)	200.47[***4]	169.18[***]	420.43[***]
MUFA	79.76±4.62[b](9.6)	40.92±0.81[d](3.6)	258.57±5.66[a](16.6)	56.45±1.52[c](7.9)	2,060.25[***]	1,340.14[***]	946.11[***]
PUFA	578.01±19.22[c](69.6)	753.89±27.10[b](66.9)	1,093.63±58.60[a](70.1)	475.07±5.20[d](66.9)	85.86[***]	24.57[**]	276.52[***]
Total	831.02±35.66(100.0)	1,559.74±64.32(100.0)	1,126.64±21.14(100.0)	710.04±4.69(100.0)			

1) OF: *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*, OH: *Opuntia humifusa*
2) SFA: Saturated fatty acid, MUFA: Monounsaturated fatty acid, PUFA: Polyunsaturated fatty acid
3) Superscriptive letters indicate significant difference at $p<0.05$ (Duncan's multiple range test).
4) $^{**}p<0.001$, $^{***}p<0.001$

줄기에서 51:14:24로 P/M/S 비율을 보고한 Jung 등(2011)의 연구와 비교했을 때 비율의 차이는 있었지만, 다가불포화지방산의 비율이 가장 높게 나타난 결과와는 일치하였다.

요약 및 결론

본 연구는 보검선인장과 저단선인장의 식품으로써의 영양적 가치를 알아보기 위하여 부위별 일반성분, 무기질, 비타민 및 지방산 함량을 비교 분석하였다. 보검선인장 및 저단선인장의 부위별 영양소 함량을 이원분산분석한 결과, 대부분 부위, 품종 및 교호작용의 영향을 모두 받았지만, Fe는 부위, 조단백질은 품종에 의해서만 영향을 받는 것으로 나타났다. 일반성분은 수분과 조회분의 경우, 열매보다 줄기에서 높게 나타났는데, 보검선인장과 저단선인장의 수분함량은 각각 줄기에서 89.81%, 79.86%, 열매에서 78.224%, 76.59%이었고, 조회분 함량은 각각 줄기에서 1.90%, 1.44%, 열매에서 1.09%, 1.22%이었다. 반대로 줄기보다 열매에서 높은 영양소는 조지방과 불용성 식이섬유였는데, 보검선인장과 저단선인장 열매에서 각각 0.19%, 0.38%, 줄기에서 0.12%, 0.15%이었고, 불용성 식이섬유는 열매에서 각각 7.17%, 12.11%, 줄기에서 3.08%, 10.36%이었다. 무기질은 보검선인장 및 저단선인장의 열매와 줄기 모두에서 K, Ca, Mg, P가 높은 함량을 보였으며, 특히 열매에서는 K, 줄기에서는 Ca의 함량이 가장 높았다. K의 경우, 보검선인장과 저단선인장 열매가 각각 1,313.67 mg%, 1,351.38 mg%이었으며, Ca는 보검선인장과 저단선인장 줄기가 각각 5,146.29 mg%, 1,388.19 mg%이었다. 비타민은 베타카로틴, 비타민 E, 리보플라빈의 경우, 열매보다 줄기의 함량이 더 높게 나타난 반면, 줄기보다 열매에서 더 높은 함량을 보인 비타민 C는 열매의 함량이 저단선인장 199.98 mg%, 보검선인장 187.12 mg%이었다. 전체 지방산 중 가장 높은 비율을 차지한 다가불포화지방산은 66.9~70.1%이었는데, 보검선인장에서는 줄기가 53.89 mg%, 열매가 578.01 mg%로 줄기에서 더 높았고, 저단선인장에서는 줄기가 475.07 mg%, 열매가 1,093.63 mg%로 열매에서 더 높게 나타났다. 한편, 이들을 품종별로 비교했을 때 수분, 조단백질, Mg, Se, 리보플라빈은 열매와 줄기 모두 저단선인장보다 보검선인장에서 유의적으로 높게 나타났고, 조지방, 불용성 식이섬유 및 총 식이섬유, 다가불포화지방산 함량은 열매와 줄기 모두 보검선인장보다 저단선인장에서 유의적으로 높게 나타났다. 이상의 결과에서 보검선인장 및 저단선인장은 무기질과 비타민을 풍부하게 함유하고 있으며, 특히 Ca, K, 비타민 C의 훌륭한 급원식품이 될 것으로 보인다. 또한, 품종 및 부위에 따라 영양성분 별 차이를 보여 보검선인장 및 저단선인장을 섭취 시 목적에 알맞은 품종 및 부위를 선택하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ0109962016)의 지원에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

References

AOAC. 1990. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists, 15th ed. Washington, DC. USA, pp. 788

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

Chung HJ. 2000. Antioxidative and antimicrobial activities of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*. *Korean J Soc Food Sci* 16:160-166

DeVries JW, Rader JI, Keagy PM, Hudson CA. 2005. Microbiological assay-trienzyme procedure for total folates in cereals and cereal foods: Collaborative study. *J AOAC Int* 88:5-15

Feugang JM, Konarski P, Zou D, Stintzing FC, Zou C. 2006. Nutritional and medicinal use of cactus pear (*Opuntia* spp.) cladodes and fruits. *Front Biosci* 1:2574-2589

Heo J. 1991. Donguibogam. Gukillmoonhsa Co., Seoul, Korea. pp. 56

Hwang HJ, Jung BM, Kim MH. 2011. ROS scavenging effect and cell viability of *Opuntia humifusa* extract on osteoblastic MC3T3-E1 cells. *J Life Science* 21:1752-1760

In JK, Lee BS, Kim EJ, Choi KS, Han SH, Shin CW, Yang DC. 2006. Analysis of the ITS (Internal Transcribed Spacer) region of *Opuntia ficus-indica*. *Korean J Plant Res* 19:161-168

Jang SY, Kim MH, Hon GJ. 2012. Quality characteristics of *sulgidduk* added with *cheonnyuncho* fruit powder. *J East Asian Soc Dietary Life* 22:365-373

Jung BM, Han KA, Shin TS. 2011. Food compnonts of dirrerent parts of *cheonnyuncho* (*Opuntia humifusa*) harvested from Yeosu, Jeonnam in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:1271-1278

Kim GP, Lee J, Ahn KG, Hwang YS, Choi Y, Chun J, Chang WS, Choung MG. 2014. Differential responses of B vitamins in black soybean seeds. *Food Chem* 153:101-108

Kim JY, Park SR, Shin JA, Chun JY, Lee JS, Yeon JY, Lee WY, Lee KT. 2013. β-Carotene and retinol contents in *bap*, *guk* (*tang*) and *jjigae* of eat-out Koreans foods. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:1958-1965

Kim MJ. 2008. Physicochemical characteristics of *jeung-pyun* by different addition ratios of prickly pear powder during storage. Master Thesis, Sung-Shin University, Korea

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 YC, Hwang KH, Han DH, Kim SD. 1997. Compositions of *Opuntia ficus-indica*. *Korean J Food Sci Technol* 29:847-853

Ministry of Food and Drug Safety. 2012a. Korean food standards codex. Korean Food Industry Association, Seoul, Korea. pp. 55-63

Ministry of Food and Drug Safety. 2012b. Korean food standards codex. Korean Food Industry Association, Seoul, Korea. pp. 40-49

Ministry of Food and Drug Safety. 2013. Korean food standards codex. Korean Food Industry Association, Seoul, Korea. pp. 95-99

National Academy of Agricultural Science. 2011. Food Composition Table. 8th ed. Rural Development Administration National Academy of Agricultural Science, Wanju, Korea

Park CM, Kwak BH, Park SH, Kim H, Rhyu DY. 2013. Comparison of biological activities of *Opuntia humifusa* and *Opuntia ficus-indica*. *Korean J Plant Res* 26:519-525

Park EH, Chun MJ. 2001. Wound healing activity of *Opuntia ficus-indica*. *Fitoterapia* 72:165-167

Park SY, Kim YA, LY SY. 2014. Antiproliferative effect of *Opuntia hymifusa* ethanol extract on human carcinoma HT-29 cells. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43:1827-1834

Phillips KM, Tarrago-Trani MT, Gebhardt SE, Exler J, Patterson KY, Haytowitz DB, Pehrsson PR, Holden JM. 2010. Stability of vitamin C in frozen raw fruit and vegetable homogenates. *J Food Comp Anal* 23:253-259

Seo YH, Han CH, Lee JM, Choi SM, Moon KD. 2012. Effects of *Opuntia ficus indica* extracts on inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* on fresh-cut apples. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41:1009-1013

Shin DS, Han GJ. 2016. Chemical compositions and antioxidant activities of *cheonnyuncho* (*Opuntia humifusa*) stems and fruit. *Korean J Food Preserv* 23:89-96

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

Yoon JA, Hahm SW, Son YS. 2009. Nutrients contents in different parts of pickly pear (*Opuntia humifusa*) and possible anti-breast cancer effect. *Korean J Food & Nutr* 22: 485-491

Received 31 August, 2016
Revised 08 September, 2016
Accepted 06 October, 2016