

## 천년초 선인장 추출물의 항산화 효과

이경석 · 오창석 · 이기영\*

호서대학교 식품생물공학과

### Antioxidative Effect of the Fractions Extracted from a Cactus *Cheonnyuncho* (*Opuntia humifusa*)

Kyung-Seok Lee, Chang-Seok Oh, and Ki-Young Lee\*

Department of Food & Biotechnology Hoseo University

Antioxidative effects of several solvents extracts of cactus *Cheonnyuncho* (*Opuntia humifusa*) grown in Korea were investigated. Because 70% ethanol extract showed relatively high antioxidative activity and extraction yield, it was sequentially fractionated with hexane, chloroform, ethyl acetate, butanol, and water. Ethyl acetate fraction showed highest scavenging activity against free radical DPPH. Antioxidative activity of ethyl acetate fraction determined based on acid and peroxide values under accelerated oxidation condition of lard was similar to that of  $\alpha$ -tocopherol, but slightly lower than that of BHA. Similar results were observed using TBA method during peroxidation of linoleic acid.

**Key words:** cactus *Cheonnyuncho* (*Opuntia humifusa*), antioxidative activity

## 서 론

최근 세계화에 따라 육류섭취가 증가하는 등 식생활의 다양한 변화와 더불어 늘어나는 각종 성인병 퇴치를 위한 자연 건강식의 개발과 기능성을 갖는 식품에 대한 요구가 커지고 있다. 특히 식료품으로부터 유래하는 생리활성을 나타내는 기능성 식품에 대한 연구가 최대의 관심사가 되고 있다(1). 우리들이 일상적으로 섭취하고 있는 식용 식물에는 비타민, minerals, polyphenol류 등 건강유지에 중요한 광합성 대사산물이 포함되어 있으며(2), 이러한 식용식물을 대상으로 주로 항산화 활성이 보고되고 있고(3-5), 천연 식물에서부터 분리한 천연항산화제는 화장품과 의약품 등에 널리 이용되고 있다(6-8). 이와 같이 식용이나 약용식물 등의 천연생리활성물질에 대한 연구는 특히 기능성 식품의 개발 측면에서 그 의미가 크다고 할 수 있다.

지구상에는 4,000여종의 선인장이 있는데 그 중 열매가 달린 선인장은 손바닥 선인장으로 불리며 예로부터 식용이나 식품대용으로 사용되어 왔다. 식물도감(9)에 의하면 손바닥 선인장은 기관지, 천식, 기침, 폐질환, 위염, 변비, 장염, 신장염, 고혈압, 당뇨, 심장병, 신경통, 관절염 등에 효능이 있는 것으로 알려져 있다. 이들 손바닥 선인장 즙을 마시면 이뇨효과, 장운동의 활성화 및 식욕증진 효능이 있고, 민간요법으로 피부질환, 류마치스 및 화상치료에 사용되어 왔다.

하지만 이러한 효능에도 불구하고 아직 손바닥 선인장에 대한 연구는 많이 이루어지지 않고 있다. 지금까지의 연구결과를 보면 Amin 등(10), McGarvie 등(11)이 손바닥 선인장의 점성물질에 대해 보고하였고 Trachtenberg 등(12)은 점성물질의 조성을 보고하여 이는 arabinose, galactose, galacturonic acid, rhamnose 그리고 xylose 등으로 이루어져 있음을 알 수 있었다. Meyer 등(13)은  $\beta$ -phenyltyramine의 존재를 확인하였고 Nadra 등(14)은 Invertase를 분리해 냈으며 Forni 등(15)은 손바닥 선인장의 pectin의 특성을 보고하였고 Habibi 등(16)은 pectic polysaccharides의 특성을 보고하였다. Stintzing 등(17)은 taurine의 존재를 확인하였으며 Vignon 등(18)은 Arabinan-cellulose 복합체에 관하여 보고 하였다. 이와 같이 아직 손바닥 선인장에 관한 연구를 보면 주로 구성 성분에 관한 연구가 대부분이며 생리활성에 관한 연구는 미미한 편이다. 더군다나 지금까지 연구의 대부분은 과일로 먹고 있는 열매에 관한 연구가 대부분이며 손바닥 선인장의 대부분을 차지하고 있는 줄기에 관한 연구는 더더욱 미미한 실정이다.

한편, 제주산 손바닥 선인장의 효능과 성분에 대한 다양한 연구결과들이 보고 되고 있는데, 흰 쥐를 대상으로 한 면역계 세포의 활성화에 대한 연구(19), *Escherichia coli* 등 식중독 미생물 6종에 대한 항균 효과와 항산화 효과(20,21) 등이 발표된 바 있다. 하지만 이 또한 열매에 관한 연구이고 줄기에 관한 연구는 이루어지지 않고 있다. 더욱이 한국 토종의 내한성 손바닥 선인장인 천년초 선인장에 대한 생리활성 효과는 아직 보고 된 바가 없다. 천년초 선인장은 일반적으로 손바닥 선인장으로 널리 알려진 제주산 백년초와는 달리 영하 20°C의 혹한에서도 생존이 가능해 수년에서 수십 년 생의 경작이 가능한

\*Corresponding author: Ki-Young Lee, Hoseo University, 29-1 Sechul-ri, Baebang-myeon, Asan 336-795, Korea  
 Tel: 82-41-540-5641  
 Fax: 82-41-532-5640  
 E-mail: kylee@office.hoseo.ac.kr

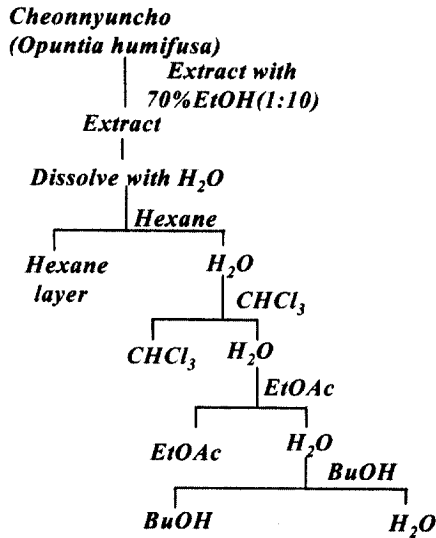


Fig. 1. Fractionation of antioxidant extracts from a cactus *Cheonnyuncho* (*Opuntia humifusa*).

다년생 식물이다. 본 연구에서는 천년초 선인장 줄기의 항산화 활성을 평가하기 위하여 용매 추출과 분획을 행하여 acid value (AV), peroxide value(POV), TBA에 의한 지질 과산화, DPPH에 의한 free radical 소거능 등을 측정, 기존의 시판 항산화제와 비교 하였다.

재료 및 방법

재료

천년초 선인장 줄기는 충남 아산시 소재 (주)여러분의 천년초에서 재배해 동결 건조한 것을 공급받아 분쇄해 사용하였다. 항산화효과를 측정하기 위해 기질로 사용된 유지는 항산화제가 첨가되지 않은 돈지를 사용하였고 추출 및 분획용 시약은 1급을, 나머지 시약은 특급을 사용하였다.

용매별 추출

검색용 생리활성 물질은 건조 시료 100 g당 시료 부피에 따라 각각 10배의 추출용매를 첨가해 환류냉각관을 부착한 80°C의 Heating mantle에서 3시간 추출시켜 여과(Whatman No. 2)하여 얻었다. 이렇게 2,3차 추출액을 얻어 모두 혼합한 후 rotary vacuum evaporator로 용매를 증발시킨 용액을 상압 가열 건조시켜 고형물 함량을 산출하였다(22).

70% ethanol추출물의 분획

용매별 추출물을 얻어 항산화 활성을 검증한 결과 우수한 활성을 보여준 70% ethanol추출물을 극성을 달리한 용매별로 분획하여 분획물을 얻었다(Fig. 1). 농축한 추출물을 증류수에 희석한 후 hexane, chloroform, ethyl acetate, butanol, 물 순으로 각각 분액여두에서 3회 반복 추출한 다음 rotary vacuum evaporator로 용매를 증발시킨 용액을 동결 건조시켜 고형물 함량을 산출하였다(22).

DPPH법에 의한 Free radical 소거능

DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)를 사용한 항산화활성 검

정법으로 여러 농도의 시료를 4 mL의 methanol에 녹여  $1.5 \times 10^{-4}$  M DPPH methanol 용액 1 mL를 첨가한 후, 30분간 실온에 방치하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료를 첨가하지 않은 대조군의 흡광도를 1/2로 감소시키는데 필요한 시료의 양(μg)을 RC(Reduction Concentration)<sub>50</sub>으로 나타냈으며, 기존 항산화제인 α-tocopherol 및 BHA와 비교하였다(23).

계산은 다음의 식과 같이 하였다.

$$R\% = (A - B/A) \times 100$$

A: blank

B: sample

Acid value(AV) 및 Peroxide value(POV)의 측정

Lard 100 g에 DMSO(dimethyl sulfoxide)용액에 녹인 시료를 500 ppm 농도가 되도록 가하여 60°C 항온기에 저장하여 30일 후 공전삼각플라스크에 평취해 분석하였다. 위 유지시료 5 g을 취해 ethylether와 ethanol 혼합액(1 : 2, v/v) 100 mL를 가한 다음 완전히 용해시킨 후, phenolphthalein을 지시약으로 0.1 N KOH ethanol 표준용액으로 적정하여 AV를 산출하였다(14). 위 유지시료에 1 g chloroform 10 mL, acetic acid 15 mL 및 KI 포화용액 1 mL를 가하여 1분간 진탕시킨 다음 0.01 N Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 용액으로 적정하여 POV로 하였다. 시료를 첨가하지 않은 대조군과 값을 비교하였다(24). 산가 및 과산화물가의 계산은 다음과 같이 하였다.

$$AV = (A - B) \times 5.611 \times F/S$$

A: 30일 후 시료의 0.1 N KOH 용액의 적정소비량(mL)

B: 실험 시작시 시료의 0.1 N KOH 용액의 적정소비량(mL)

F: 0.1 N KOH의 Factor

S: 시료 채취량(g)

$$POV(\text{meq/kg}) = (A - B) \times 0.01 \times F/S \times 1000$$

A: 30일 후 시료의 0.1 N Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 용액의 적정소비량(mL)

B: 실험 시작시 시료의 0.1 N Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 용액의 적정소비량(mL)

F: 0.01 N Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 Factor

S: 시료 채취량(g)

TBA가 측정

기질 용액은 0.1 M phosphate buffer(pH 7.0)와 ethanol을 4 : 1로 혼합한 용매에 linoleic acid를 0.03 M이 되도록 첨가하였다. 이 기질 용액 20 mL에 0.1 M phosphate buffer(pH 7.0) 19.2 mL, 시료를 500 ppm되게 0.8 mL 첨가한 후 시료액 2.0 mL를 취하여 분석하였다.

위 시료액 2 mL에 35% trichloroacetic acid 1 mL와 0.75% TBA시약 2 mL를 가한 다음 30초 동안 진탕시킨 후 95°C 수욕 상에서 40분 동안 반응시켰다. 이 반응액을 실온까지 냉각시켜 acetic acid 1 mL, chloroform 2 mL를 가하여 진탕시킨 후, 3,000 rpm에서 5분 동안 원심 분리하여 상정액의 흡광도를 532 nm에서 측정하여 TBA값을 산출하였다(25). 계산은 다음의 식과 같이 하였다.

$$\text{Inhibition}(\%) = (1 - A/B) \times 100$$

A: absorbance of sample

B: absorbance blank

**Table 1. Extraction yields from cactus *Cheonnyuncho* (*Opuntia humifusa*) by various test solvent**

Solvent	Chloroform	Ethyl acetate	Ethanol	70% Ethanol	Water
Extraction yield (%)	2.2	0.8	11	12.2	16

**Table 2. Comparison of DPPH free radical scavenging activities of each solvent extracts from cactus *Cheonnyuncho* (*Opuntia humifusa*) and commercial antioxidants**

Solvents used	RC <sub>50</sub> (μg/mL) <sup>1)</sup>
Chloroform	227.7 <sup>e</sup>
Ethyl acetate	20.6 <sup>b</sup>
Ethanol	59.8 <sup>d</sup>
70% Ethanol	49.5 <sup>c</sup>
Water	269.4 <sup>f</sup>
BHA	4.8 <sup>a</sup>
α-Tocopherol	3.7 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Amount required for 50% reduction of DPPH after 30 min.

### 통계처리

본 연구의 결과는 평균으로 나타내었고, 각 실험군 간의 비교 분석은 SAS system을 이용하여 ANOVA 분석 후  $\alpha=0.05$ 에서 Duncan's multiple range test를 사용하여 유의성을 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 용매별 추출수율 및 항산화활성

천년초 선인장의 항산화효과를 검토하기 위해 동결 건조하여 마쇄한 시료를 각각 chloroform, ethyl acetate, ethanol, 70% ethanol과 증류수로 추출하였다. 이것의 일부를 110°C에서 건조시킨 후 고형분 함량을 추출수율로 계산한 결과추출 수율은 Table 1과 같다. 증류수 추출물이 16%로 가장 높은 추출 수율을 보였고 다음으로 70% ethanol과 ethanol 추출물이 비슷한 수율을 보여주었다. Chloroform과 ethyl acetate추출물은 아주 낮은 추출수율을 보여주었다. 전체적으로 극성이 높을수록 추출 수율이 높은 경향을 보여주고 있다. 제주도 순바닥 선인장 열매(26), 작두콩(27)등 에서도 추출용매의 극성이 높을수록 비교적 높은 추출수율을 보여주는데 이의 결과와 일치함을 보여주었다.

용매별 추출물의 항산화활성은 Free radical DPPH radical 소거법으로 측정하였다. 항산화활성을 비교한 결과는 Table 2와 같았다. DPPH를 50% 환원시키는데 필요한 추출물의 첨가 농도(RC<sub>50</sub>)를 보면 천년초 선인장의 ethyl acetate 추출물이 20.6 μg/mL로 가장 우수한 효과를 보여주었고 ethanol 추출물(59.8 μg/mL)과 70% ethanol추출물(49.5 μg/mL) 또한 우수한 효과를 보여주었다. Ethyl acetate추출물은 활성이 가장 좋지만 추출수율이 0.8%로 낮았다. 오미자(22)의 경우 높은 항산화 활성을 보여주는 추출용매와 분획용매가 서로 상이함을 보여주었으며 수율 또한 추출용매와 분획용매가 상이함을 보여주었다. 때문에 항산화 물질의 추출 수율을 높이고자 수율이 높은 70% ethanol을 추출용매로 선택하였다. 대상물에 따라 추출용매의

**Table 4. DPPH free radical scavenging activities of different solvent fraction from 70% ethanol extract of cactus *Cheonnyuncho* (*Opuntia humifusa*) and commercial antioxidants**

Solvents used	RC <sub>50</sub> (μg/mL) <sup>1)</sup>
Hexane	364.7 <sup>e</sup>
Chloroform	108.8 <sup>c</sup>
Ethyl acetate	4.9 <sup>a</sup>
Butanol	14.7 <sup>b</sup>
Water	294.2 <sup>d</sup>
BHA	4.3 <sup>a</sup>
α-Tocopherol	3.1 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Amount required for 50% reduction of DPPH after 30 min.

항산화활성에 상당한 차이가 있는 것으로 알려지고 있는데 sweet potato(28)와 붉나무(29)는 methanol, 석이버섯(30)은 diethyl ether, 산수유(31)는 물, 소목(32)은 ethyl acetate 등이 효율적인 용매로 사용되고 있어 용매의 극성에 따라 추출물질이 달라짐을 알 수 있다.

### 70% Ethanol 추출물의 용매별 분획물 수율

70% Ethanol 추출물을 극성에 따라 순차적으로 용매별로 추출한 분획물을 상기와 동일한 방법으로 계산한 수율은 Table 3과 같다. 70% ethanol 추출물의 용매별 분획물의 추출 수율을 보면 물 분획이 64%로 가장 높았으며 butanol, hexane, ethyl acetate, chloroform 순이었다. 거봉(33), 영경귀(34)등의 용매별 분획물의 수율 또한 hexane층을 제외하고 용매의 극성이 높을수록 분획물의 수율이 높은 것과 일치하는 결과를 보여주고 있다. Hexane층의 수율이 높은 것은 지질성분의 대부분이 hexane에 용해된 결과로 추정되어진다.

### DPPH법에 의한 free radical 소거 활성

70% Ethanol 추출물을 유기용매별로 분획한 분획물의 DPPH법에 의한 free radical 소거 활성을 비교한 결과는 Table 4와 같다. DPPH를 50% 환원시키는데 필요한 추출물의 첨가 농도(RC<sub>50</sub>)를 보면 천년초 선인장 추출물의 ethyl acetate분획물이 4.9 μg/mL로 다른 분획물보다 월등히 우수한 효과를 보여주었다. Ethyl acetate 분획물은 상업용인 BHA(4.3 μg/mL)와 α-tocopherol(3.1 μg/mL)에 견줄만한 항산화활성을 보여주었다. 따라서 천년초 선인장의 항산화 성분은 ethyl acetate에 잘 용해되는 것으로 추정된다.

### Acid value(AV)와 Peroxide value(POV)에 의한 항산화력

DPPH법에 의해 항산화효과가 우수하게 나타난 ethyl acetate 분획물의 lard에 대한 항산화성을 평가하기위해 가속시킨 자동 산화조건에서 AV를 측정된 결과는 Table 5와 같고 POV를 측

**Table 3. Fraction yields from 70% ethanol extract of cactus *Cheonnyuncho* (*Opuntia humifusa*) by various solvents**

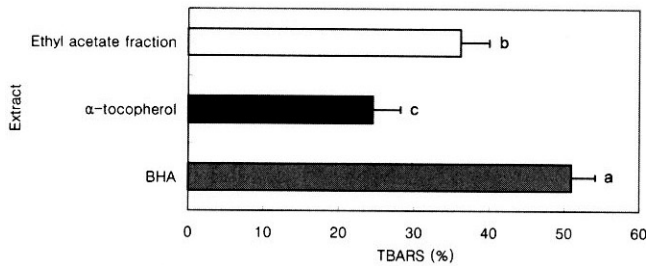
Solvent	Hexane	Chloroform	Ethyl acetate	Butanol	Water
Fraction yield (%)	5.4	0.9	1.4	27.8	64.6

**Table 5. Acid value of lard containing ethyl acetate fraction of 70% ethanol extract from cactus *Cheonnyuncho* (*Opuntia humifusa*) during storage at 60°C**

	Storage period (day)	
	0	30
Control	0	3.3 <sup>c</sup>
Ethyl acetate fraction	0	1.9 <sup>b</sup>
BHA	0	1.5 <sup>a</sup>
$\alpha$ -tocopherol	0	1.9 <sup>b</sup>

**Table 6. Peroxide value of lard containing ethyl acetate fraction of 70% ethanol extract from cactus *Cheonnyuncho* (*Opuntia humifusa*) during storage at 60°C (meq/kg)**

	POV (meq/kg)	
	Storage period (day)	
	0	30
Control	0	177 <sup>c</sup>
Ethyl acetate fraction	0	148 <sup>b</sup>
BHA	0	77 <sup>a</sup>
$\alpha$ -tocopherol	0	151 <sup>b</sup>



**Fig. 2. Comparison of TBA value in linoleic acid substrates containing ethyl acetate fraction of 70% ethanol extract from cactus *Cheonnyuncho* (*Opuntia humifusa*).**

정한 결과는 Table 6과 같다. 60°C 항온기에 30일간 방치 후 AV는 BHA가 1.5로 가장 낮게 나타났고 천년초 추출물의 ethyl acetate 분획물은  $\alpha$ -tocopherol과 비슷한 값을 보여 주었다. POV는 BHA가 77 meq/kg로 control의 절반에도 미치지 못하는 가장 낮은 값을 나타냈고 천년초 추출물의 ethyl acetate 분획물은 BHA 다음으로 좋은 값을 보여주었으나  $\alpha$ -tocopherol과 큰 차이를 보여주지는 않았다.

**TBA가 측정에 의한 지질 과산화 측정**

Ethyl acetate 분획물의 항산화성을 가속시킨 linoleic acid 자동산화조건에서 TBA가로 측정한 결과는 Fig. 2와 같다. BHA가 51%로 가장 우수한 결과를 보여주었고 천년초 추출물의 ethyl acetate 분획물(36%)과  $\alpha$ -tocopherol(25%) 순으로 활성이 높게 나타났다. DPPH법에 의한 항산화 활성평가에서 가장 좋은 활성을 보여준  $\alpha$ -tocopherol이 TBA가에서 가장 낮은 활성을 보여주는 이유는  $\alpha$ -tocopherol이 매우 효과적인 산소 소거제(singlet oxygen quencher)로 작용함으로써 free radical의 소거능은 우수하나 linoleic acid의 자동산화에 있어서는 일정 농도 이상에서 오히려 산화 촉진제로서 작용할 수 있기 때문이라고 생각되어진다(35,36). 천년초 ethyl acetate 분획물은 TBA가에서도 BHA보다 낮은 활성을 보여주어 전체적으로 BHA에 조금

못미치는 활성을 보여주었으나  $\alpha$ -tocopherol과 비교해 비슷한 활성을 보여주어 천연의 항산화제로 개발이 가능하리라 생각되어진다.

**요 약**

본 연구에서는 천년초 손바닥 선인장 추출분획물의 항산화 활성을 비교, 검토하고자 하였다. 추출용매별 수율 및 항산화 활성을 알아본 결과 70% ethanol로 추출 하였을 경우 추출 수율 및 항산화 활성이 우수하게 나타났다. 70% ethanol 추출물을 hexane, chloroform, ethyl acetate, butanol, water로 순차 분획하여 BHA,  $\alpha$ -tocopherol과 항산화 활성을 비교하여 보았다. DPPH를 측정하여 free radical 소거활성을 검토한 결과 ethyl acetate 분획물이 가장 우수한 항산화 활성을 나타내었고 BHA와  $\alpha$ -tocopherol의 활성과 견줄만한 효과를 보여주었다. 항산화 활성이 높게 나타난 ethyl acetate 분획물을 취하여 촉진된 자동산화조건에서 AV, POV, TBA 등을 측정하여 항산화 활성을 비교하였다. BHA,  $\alpha$ -tocopherol과 비교하여 AV와 POV 측정결과 BHA가 가장 우수한 활성을 보여주었으며  $\alpha$ -tocopherol과 ethyl acetate 분획물은 비슷한 정도의 항산화 활성이 나타났다. TBA가에 의한 지질 과산화를 측정한 결과 BHA가 가장 우수한 활성을 보여주었으며 ethyl acetate 분획물은  $\alpha$ -tocopherol 보다 우수한 활성을 보여주었다. 전체적으로 천년초의 ethyl acetate 분획물은  $\alpha$ -tocopherol과 비슷한 항산화 활성을 보여주었다.

**감사의 글**

본 연구는 2004년도 호서대학교 산학협동연구소의 연구비 지원에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

**문 헌**

- Miquel J, Quintanilha AT, Weber H. Handbook of Free Radicals and Antioxidants in Biomedicine. CRC Press. Boca Raton, FL, USA. Vol. I, pp. 223-244 (1989)
- Kang YH, Park YK, Oh SR, Moon KD. Studies on the physiological functionality of pine needle and mugwort extract. Korean J. Food Sci Technol. 27: 978-984 (1995)
- Yoon JY, Song MR, Lee SR. Comparison of antithiamine activities of wild vegetables. Korean J. Food Sci. Technol. 20: 808-811 (1990)
- Lee YK, Lee HS. Effects of onion and ginger on the lipid peroxidation and fatty acid composition of mackerel during frozen storage. J. Korean Soc Food Sci. Nutr. 19: 321-329 (1990)
- Park PS, Lee BR, Lee MY. Effect of onion juice on ethanol induced hepatic lipid peroxidation in rats. J. Korean Soc Food Sci. Nutr. 23: 750-756 (1994)
- Kim HK, Kim YE, Do JR, Lee YC, Lee BY. Antioxidative activity and physiological activity of some Korean medicinal plants. Korean J. Food Sci. Technol. 27: 80-85 (1995)
- Choi U, Shin DH, Chang YS, Shin JL. Screening of natural antioxidant from plants and their antioxidative effect. Korean J. Food Sci. Technol. 24: 142-148 (1992)
- Jamal NB, Ibrahim AW. Citric acid and antimicrobial affect microbiological stability and quality of tomato juice. J. Food Sci 59: 130-134 (1994)
- Kim TJ. A Pictorial Book of the Korean Flora. Publishing department of Seoul National University, Seoul, Korea. pp. 140-141 (1996)
- Amin ES, Olfat MA, El-Sayed MM. The mucilage of *Opuntia ficus-indica* mill. Carbohydr. Res. 15: 159-161 (1970)
- McGarvie D, Parolis H. The mucilage of *Opuntia ficus-indica*.

- Carbohydr. Res. 69: 171-179 (1979)
12. Trachtenberg S, Alfred MM. Composition and properties of *Opuntia ficus-indica* mucilage. Phytochem. 20: 2665-2668 (1981)
  13. Meyer BN, Mohamed, YA, McLaughlin, JL.  $\beta$ -phenylethylamine from the Cactus genus *Opuntia*. Phytochem. 19: 719-720 (1980)
  14. Nadra KO, Rachid G, K H Di ep Le, Florence L. Invertase from *Opuntia ficus indica* fruits. Phytochem. 31: 59-61 (1991)
  15. Forni E, Penci M, Polesello A. A preliminary characterization of some pectins from quince fruit (*Cydonia oblonga* Mill.) and prickly pear *Opuntia ficus indica* peel. Carbohydr. Polymers 23: 231-234 (1994)
  16. Habibi Y, Heyraud A, Mahrouz M, Vignon M R. Structural features of pectic polysaccharides from the skin of *Opuntia ficus indica* prickly pear fruits. Carbohydr. Res. 339: 1119-1127 (2004)
  17. Stintzing FC, Schieber A, Carle R. Amino acid composition and betaxanthin formation in fruits from *Opuntia ficus indica*. Planta Med. 65: 632-635 (1999)
  18. Vignon MR, Heux L, Malaininea ME, Mahrouz M. Arabinan-cellulose composite in *Opuntia ficus indica* prickly pear spines. Carbohydr. Res. 339: 123-131 (2004)
  19. Shin TK, Lee SJ, Kim SJ. Effects of *Opuntia ficus indica* extract on the activation of immune cells with special reference to autoimmune disease models. Korean J. Vet. Pathol. 2: 31-35 (1998)
  20. Seo KL, Yang KH, Shim KH. Antimicrobial and antioxidative activities of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten* extracts. Korean J. Postharvest Sci. Technol. 6: 355-359 (1999)
  21. Jung HJ. Antioxidative and antimicrobial activities of *Opuntia ficus indica* var. *saboten*. Korean J. Soc. Food Sci. 2: 160-166 (2000)
  22. Jung GT, Ju IO, Choi JS, Hong JS. The antioxidative, antimicrobial and nitrite scavenging effects of *Schizandra chinensis* RUPRECHT (*Omija*) seed. Korean J. Food Sci. Technol., 32: 928-935 (2000)
  23. Naik GH, Priyadarsini KI, Naik DB, Gangabhairathi R, Mohan H. Studies on the aqueous extract of *Terminalia chebula* as a potent antioxidant and a probable radioprotector. Phytomedicine. 20: 530-538 (2004)
  24. Kwak HJ, Kwon YJ, Jeong PH, Kwon JH, Kim HK. Physiological activity and antioxidative effect of methanol extract from onion (*Allium cepa* L.). J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 29: 349-355 (2000)
  25. Wong SF, Holliwel B, Richimond R, Skoweroneck WR. The role of superoxide and hydroxyl radicals in the degradation of hyaluronic acid induced by metal ions and ascorbic acid. J. Inorg. Biochem. 14: 127-134 (1981)
  26. Chung HJ. Antioxidative and antimicrobial activities of *Opuntia ficus indica* var. *saboten*. Korean J. Soc. Food Sci. 16: 160-166 (2000)
  27. Cho YS, Seo KI, Shim KH. Antimicrobial activities of Korean sword bean (*Canavalia gladiata*) extracts. Korean J. Postharvest Sci. Technol. 7: 113-116 (2000)
  28. Hayase F, Kato H. Antioxidative components of sweet potatoes. J. Nutr. Sci. Vitaminol. 30: 37-41 (1984)
  29. Lee YJ, Shin DH, Chang YS, Kang WS. Antioxidative effect of *Rhus javanica* Linne extract by various solvents. Korean J. Food Sci. Technol. 25: 677-682 (1993)
  30. Jeong EJ. Antioxidative and nitrite scavenging effect of solvent extracts from *Gyrophora esculenta*. Korean J. Food Nutr. 11: 426-430 (1998)
  31. Seo KI, Lee SW, Yang KH. Antimicrobial and antioxidative activities of *Corni Fructus* extracts. Korean J. Postharvest. Sci. Technol. 6: 99-103 (1999)
  32. Lim DK, Chio U, Shin DH. Antioxidative activity of ethanol extract from Korean medicinal plants. Korean J. Food Sci. Technol 28: 83-89 (1996)
  33. Park SJ, Oh DH. Free radical scavenging effect of seed and skin extracts of black olympia grape (*Vitis labruscana* L.). Korean J. Food Sci. Technol. 35: 121-124 (2003)
  34. Lee HK, Kim JS, Kim NY, Kim MJ, Park SU, Yu C.Y. Antioxidant, antimutagenicity and anticancer activities of extracts from *Cirsium Japonicum* var. *ussuriense* KITAMURA. Korean J. Med. Crop Sci. 11: 53-61 (2003)
  35. Cillard J, Cillard P, Cormier M, Girre E.  $\alpha$ -Tocopherol Prooxidant effect in aqueous media: Increased autoxidation rate of linoleic acid. J. Am. Oil. Chem. Soc. 57: 252-254 (1980)
  36. Cillard J, Cillard P, Cormier M. Effect of experimental factors on the peroxidant behavior of  $\alpha$ -tocopherol. J. Am. Oil. Chem. Soc. 57: 255-258 (1980)

---

(2004년 12월 6일 접수; 2005년 2월 23일 채택)