

고구마 끝순 추출물의 항산화 및 생리활성

이준설*[†] · 박양균** · 안영섭*** · 김학신**** · 정미남***** · 정병춘* · 방진기*

*작물과학원 목포시험장, **목포대학교 식품공학과 및 식품산업기술센터, ***작물과학원
****호남농업연구소, *****농촌진흥청

Antioxidative and Biological Activities of Extracts of Sweetpotato Tips

Joon-Seol Lee*[†], Yang-Kyun Park**, Young-Sup Ahn***, Hag-Sin Kim****
Mi-Nam Chung*****, Byeong-Choon Jeong*, and Jin-Ki Bang*

*Mokpo Experiment Station, National Institute of Crop Science, RDA, Muan 534-833 Korea

**Department of Food Engineering and Food Industrial Technology Research Center,
Mokpo National University, Jeonnam 534-729, Korea

***National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 441-857, Korea

****Honam Agricultural Research Institute, NICS, Iksan 570-080, Korea

*****Rural Development Administration, Suwon 441-707, Korea

ABSTRACT This study was conducted to increase sweetpotato utilization and to determine the vegetative value of sweetpotato tips by investigating the phenolic compounds, antioxidative effect in oil, electron donating ability, nitrite scavenging effect and ACE inhibition activities. The phenolic compounds present in sweetpotato tips are the gallic, chlorogenic, gentisic, caffeic, coumaric and ferulic acid, which are 16-122 times higher compared to other vegetables such as spinach, soybean sprout, and perilla leaves. In each solvent extract, the total phenolic compounds (175.8 mg/g) was composed of 55% EtOAc extraction and 39% BuOH extract, respectively. The results of induction period using the Rancimat method showed that the antioxidant activity of SP tips was higher than the tocopherol or BHT. The relative levels of each solvent extract in SP tips were as follows: EtOAc > BHT > BuOH > Tocopherol > Water > CHCl₃ > Hexane. The peroxide value was measured every 5 days for 25 days during storage and results showed that the peroxide value, the tips, tuberous root and tocopherol were lower compared to spinach, soybean sprout and perilla leaves. Nitrite scavenging effects were excellent in sweetpotato tips, perilla leaves and soybean sprout, especially, inhibition rate of perilla leaves (72%) were superior to the others. In process of solvent extraction, activity of BuOH and water extractions were the best. ACE inhibition activity in sweetpotato tips was 1.5 times higher than in

tuberous roots and 1.9~3.7 times higher than in spinach, soybean sprout, perilla leaves.

Keywords : sweetpotato, tips, phenolics, antioxidative activities, Biological activities

인간의 질병이 식품과 깊은 관련성이 있음이 밝혀지면서 영양만을 강조하던 과거와 달리 식품이 인체에 미치는 기능성에 대한 개념이 중요하게 인식되어지고 있다. 또한 최근 식품의 개념은 탄수화물, 지방, 단백질과 같은 1차대사산물의 양적인 정보뿐만 아니라 tocopherols, flavonoids, lycopene, phenolic diterpenes 등과 같은 biochemical의 생리적인 활성을 중요시하고 있다(John Shj *et al.*, 2002).

식품에서 생리활성을 가지는 기능성 물질은 생체방어계, 호르몬계, 신경계, 순환계 등의 기능을 조절해 줌으로써 질병으로부터 예방과 회복을 가능케 하는 것을 말하며 이와 관련하여 식품공학, 영양학, 의학 등 분야에서는 다양한 측정법을 이용한 기능성 연구가 보고되고 있다(Kumar *et al.*, 2006). 식품의 기능성을 측정하는 방법으로는 Rancimat, 과산화물가, 전자공여능 등을 이용한 항산화활성과 암유발원으로 보고되고 있는 아질산염(NO₂⁻)소거능, 고혈압원인물질인 Angiotensin I converting enzyme(EC 3.4.15.1, ACE)저해능, 미생물을 이용한 식품의 안전성 평가 등이 있다(Ahn *et al.*, 2007; Choi *et al.*, 1992; Kang *et al.*, 1996; Lee *et al.*, 2004). Rancimat법과 과산화물가법은 주로 유지의 산패

[†]Corresponding author: (Phone) +82-61-450-0143
(E-mail) jsl@rda.go.kr

<Received May 19, 2007>

정도 혹은 항산화 활성을 평가하는데 이용되고 있다. 유지나 유지가공식품에서 산화는 화학적 품질변화의 주요 원인 중 하나로(Chae *et al.*, 2000). 저장 혹은 유통과정 중 산소, 광선, 효소, 미생물 등의 작용으로 유리라디칼이 형성되고, 이들의 계속적인 반응 결과 hydroperoxides이 생성되면서 이취 발생, 색깔, 맛 등의 품질이 저하되는 산패현상이 일어나게 된다. 따라서 각종 식용유지 및 유지 가공산업에서 산패 방지를 위해 Butylated hydroxytoluene(BHT)와 같은 산화방지제를 첨가하는 경우가 많다. BHT는 분자 자체에 가지고 있는 활성 수소원자가 free radical이나 peroxy radical과 결합하여 hydroperoxide를 생성하는 속도를 억제하거나 안정한 화합물로 전환시킴으로써 산화를 억제할 수 있다. 그러나 이들 합성항산화제는 항산화 효과가 높은 반면 인체 안전성에 대한 문제가 제기되고 있어 금후 자원이 풍부한 식물체로부터 천연항산화제의 실용화가 필요하다. 국내에서 유지에 대한 천연항산화제 연구로는 Lee *et al.*(2004)은 돈지와 팜유에 죽초액추출물을 첨가할 경우 뚜렷한 산패억제 효과를 확인하였고, 산패된 유지의 재활용을 위하여 가열산패된 유지에 고구마, 감자, 당근, 우엉을 넣고 가열한 결과 고구마가 가장 높은 산패방지효과가 있음 보고하였으며, 이외에 울금, 로즈마리추출물의 항산화 효과를 보고하였다(Kang *et al.*, 1998; Kim *et al.*, 1999). 또한 항산화 활성을 평가하는데 흔히 전자공여능을 이용하고 있다. 식물계에 널리 분포되고 있는 phytochemical 중 페놀화합물은 phenolic hydroxyl 그룹을 가지고 있어 단백질 또는 효소단백질, 기타 2가 금속이온 및 거대분자들과 결합하는 성질을 가지며, 강한 항산화 효과를 나타낸다(Kumar *et al.* 2006). 때문에 페놀화합물이 함유된 과일이나 채소를 많이 섭취할 경우 심장 관련 질병, 뇌혈관질환, 악성 암을 감소시킬 수 있는 것으로 보고되고 있다(Hertog *et al.*, 1997). 지금까지 전자공여능을 이용한 항산화활성에 대한 보고로는, 생강, 매실, 더덕, 들깨, 대추, 매밀 등의 추출물이 천연항산화제로서 이용 가능성이 있음을 제시하였다(Kim *et al.*, 2006; Maeng *et al.*, 1991; Hwang *et al.*, 2006)

아질산염소거능은 각종 가공식품에 함유된 질산염이 질산환원효소나 환원세균의 작용으로 아질산염이 되고, 다시 아질산염은 아민류와 반응하여 발암물질인 니트로사민을 생성하게 되는데, 페놀화합물, 느릅나무 추출물의 아질산염소거능이 보고되었다(Kang *et al.*, 1996).

고혈압원인 물질인 Angiotensin I converting enzyme(EC 3.4.15.1, ACE) 저해능에 관하여는, Cushman *et al.*(1997)

은 신장으로부터 방출된 rennin은 angiotensinogen을 angiotensin I으로 분해하고, 불활성화된 angiotensin I은 angiotensin converting enzyme(AEC)에 의해 강력한 혈관 수축 호르몬인 angiotensin II를 생성하여 bradykinin의 dipeptide를 불활성화 시킴으로써 혈압이 상승하는 것으로 보고하였다. 식물추출물로부터 Angiotensin I converting enzyme(EC 3.4.15.1, ACE)저해능에 관한 연구로는 허브식물, 약용식물, 양과조미액의 추출물에 대한 활성이 보고되었다(Kwon *et al.*, 2006; Lee *et al.*, 2004).

본 연구는 고구마의 이용성을 증대하고, 고구마 끝순의 채소적 가치를 구명키 위해 페놀화합물의 함량과 지질산화 억제 효과, 전자공여능, 아질산염소거능, ACE 저해활성 등 생리활성을 조사하였다.

재료 및 방법

시약 및 유지

유지 시료는 대두유, 옥배유, 팜유 및 돈지의 4종을 (주) 웰가로부터 합성항산화제가 첨가되지 않은 것을 분양 받아 냉암소에 보관하면서 실험에 사용하였다. 산패억제 효과를 비교하기 위하여 합성항산화제인 α -tocopherol(Sigma Chem. Co., St. Louis., MO., USA), BHT(Sigma Chem. Co., Louis., MO., USA)를 사용하였다. 페놀화합물 분석을 위하여 gallic acid, chlorogenic acid, gentisic acid, caffeic acid, cumaric acid, ferulic acid, benzoic acid, syringic acid, salicylic acid, tannic acid 등 10종을 Sigma사로부터 구입하여 표준품으로 사용하였다.

추출 및 용매분획

본 실험에 사용할 시험재료는 작물과학원 목포시험장 포장에 높이 5 cm 폭 1 m의 평후를 만들고, 휴상에 서로 맞닿을 정도의 간격으로 고구마 하얀미 품종을 직파하여 2개월이 지난 후 괴근에서 자라난 싹 중 부드러운 잎과 잎자루를 포함한 줄기끝 10 cm 정도의 끝순을 수확하여 실험재료로 사용하였고, 고구마 괴근과 잎, 잎자루는 표준재배법에 의해서 재배한 동일품종에서 시료를 채취하였다. 또한 항산화 활성 정도를 비교하기 위하여 흔히 이용되고 있는 채소인 들깨잎, 콩나물, 시금치를 구입하여 동결건조(SFDSM12, Samwon Co., Korea)하였다. EtOH추출물은 각각의 건조시료 100 g 과 65~70°C로 가열한 80% EtOH 2,000 ml을 Homogenizer에서 3분 동안 10,000 rpm에서 마쇄한 후 감압여과(Whatman

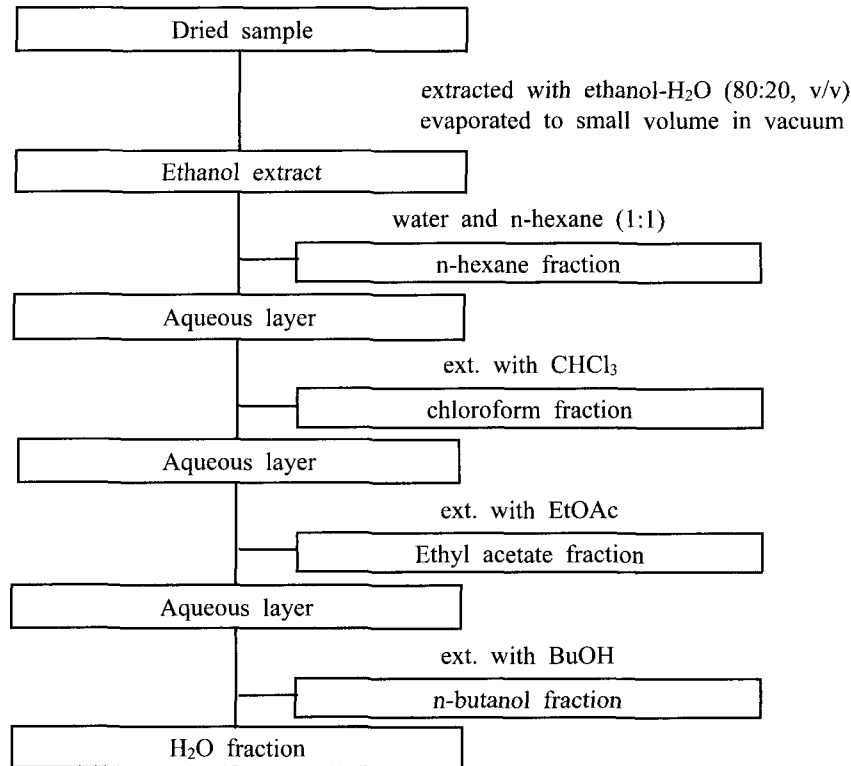


Fig. 1. Solvent extraction procedure from sweetpotato tips.

No. 6)하였고, 다시 남은 잔사에 80% EtOH 200 ml를 가하여 동일한 방법으로 2회 반복 추출하였다(Fig. 1). 또한 고구마 끝순의 EtOH추출물을 분액여두에서 n-hexane, CHCl₃, EtOAc, BuOH, water 등의 용매를 사용하여 극성도에 따라서 순차분획하고 저온감압원심분리기(UNIVAPO 100H, Uniequip Co., Germany)로 농축하여 용매별 획분을 얻었다(Fig. 1).

페놀화합물 분석

페놀화합물의 분석은 Fig. 1과 같은 방법으로 추출하여 0.45 μ m membrane filter (Millipore Co., U.S.A.)로 여과한 여액을 Table 1의 분석조건으로 HPLC를 사용하여 검량선을 작성하고 함량을 분석하였다.

산패 유도기간 측정

Rancimat(Metromhm679, Switzerland)의 측정조건은 반응관에 각 시료를 20 mg을 넣은 후 유지로 3.00 g이 되게 맞춘 다음 항산화제와 유지가 잘 혼합되도록 초음파처리를 하였고, 증류수 70 ml를 measuring vessel에 넣은 후 air flow rate 20 L/hr, 반응온도 120°C에서 추출물을 첨가하지 않는 유지를 대조구로 하여 유도시간(Induction period, IP, hr.min)

Table 1. Analytical conditions of HPLC for phenolic compounds

Item	Condition
Instrument	Waters Associates 616 (U.S.A)
Detector	UV-VIS Detector
Column	μ Bondapak C ₁₈ Column (Waters Co., 3.9 mm \times 300 mm)
Wavelength (nm)	254 (313 nm)
Solvent	40% Methanol : 60% 0.03M phosphate buffer (pH 3.0)
Flow rate	1.0 ml/min
Injection volume	5 μ l

를 측정하였다. Antioxidant index(AI)는 각 분획별 추출물을 첨가한 실험구의 유도기간을 대조구의 유도기간으로 나눈 값으로 구하였다. 모든 측정치는 3회 반복 실험하여 얻은 값의 평균치로 표시하였다.

과산화물가 측정

과산화물가는 AOAC 방법에 의하여 측정하였다(AOAC, 1995). 유지 180 g에 분획물 400 ppm, 비교항산화제인 토

코페롤과 BHT를 각각 200 ppm을 첨가하여 초음파세척기로 녹여 잘 혼합한 후 50°C convection oven (J-300M, JISICO, KOREA)에 저장하면서 5일 간격으로 조사하였다. 과산화물가의 측정은 저장유지 1 g을 취해서 acetic acid : chloroform = 3 : 2 (v/v) 혼합액 25 ml에 용해시킨 후 포화 KI 용액 1 ml를 가하고 암소에서 10분간 방치 후 증류수 30 ml를 가하고 1% 전분용액을 지시약으로 하여 0.01 N Na₂S₂O₃으로 적정하였다.

전자공여능(Electron donating ability, EDA) 측정

분획물의 항산화력은 Brand *et al.*(1995) 방법을 이용하여 DPPH(1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl)에 대한 전자공여능(EDA : Electron Donating Ability)을 측정하여 환원력을 계산하였다. 각 시료 0.2 ml에 4×10⁻⁴ M DPPH용액 2.8 ml씩을 첨가한 후 vortex mixer로 10초간 혼합하여 10분간 방치한 후 분광광도계(UV-160A, SHIMADZU, Japan)를 사용하여 516 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여효과는 시료첨가구와 무첨가구의 흡광도 차이를 백분율로 나타내었다.

아질산염 소거능

아질산염 소거작용은 Kato *et al.*(1987) 방법에 의하여 측정하였다. 즉 1 mM NaNO₂용액 1ml에 일정 농도의 시료(2 ml)를 첨가하고, 여기에 0.1N HCl 완충용액(pH 1.2)을 사용하여 반응 용액의 최종 부피를 10 ml로 하였다. 이 혼합액을 37°C에서 1시간 반응시킨 후 각 반응액을 1 ml씩 취하여 2% 초산용액 5 ml, Griess시약 0.4 ml을 첨가하여 잘 혼합하고 실온에서 15분간 방치한 후 분광광도계를 사용하여 520 nm에서 흡광도를 측정하여 잔존하는 아질산량을 구하였고, 아질산염 소거율은 추출물을 첨가하지 않은 대조구에 대한 추출물 첨가구의 흡광도 차이를 백분율로 나타내었다.

Angiotensin Converting Enzyme(AEC)의 저해능

ACE 저해활성은 Cushman *et al.*(1997)와 Cheung *et al.*(1997)의 방법을 변형하여 실험하였다. 추출액 50 ul에 300 mM NaCl을 함유한 100 mM sodium borate buffer (pH 8.3) 100 ul를 넣은 반응액에 기질인 5 mM Hippuryl-Histidyl-Leucine 50 ul를 넣고 37°C에서 10분간 preincubation 시킨 후 ACE 조효소액 100 ul을 넣어 37°C에서 1시간 incubation 시킨 다음 1 M HCl 200 ul를 넣어 반응을 정지시킨 후 ethyl acetate 2 ul를 넣어 15초간 vortexing하였다. Vortexing한 액을 1,000 rpm에서 5분간 centrifuge한 다음 ethyl acetate 층을 1.5 ml 취하여 끓는 물에 증탕으로 휘발시킨 후 1 M NaCl 1 ml를 넣고 vortexing하여 228 nm에서 흡광도를 측정하였다.

결과 및 고찰

페놀화합물

고구마 부위별(괴근, 잎, 잎자루, 껍순) 및 들깨잎, 콩나물, 시금치의 phenolics를 분석한 결과는 Table 2와 같다. 10개의 표준페놀화합물 중 고구마에는 gallic, chlorogenic, gentisic, caffeic, coumaric, ferulic acid 등 6종의 phenolics가 함유되어 있었으며, 고구마에는 다른 채소와 달리 항산화 면역조절능력, 항암, 간독성 회복 및 항산화 효능이 큰 것으로 보고되고(KHDI, 1999)있는 chlorogenic acid, gentisic acid, caffeic acid가 많이 함유되어 있었다. 부위별로는 괴근에 비하여 잎과 껍순의 함량이 월등히 많았고, 콩나물이나 들깨잎, 시금치에 비해서도 높은 함량이었다. 이와 같은 결과는 Islam *et al.*(2002)이 고구마에 polyphenols가 일반채소류 보다 많이 함유되었다는 보고와도 유사하였다. 용매분획 중에는 EtOAc > BuOH > Water > CHCl₃ > Hexane순으로

Table 2. The contents of phenolic compounds in sweetpotato tips (mg/100g, dw)

Samples	Gallic acid	Chlorogenic acid	Gentisic acid	Caffeic acid	Coumaric acid	Ferulic acid	Total
Roots	5.40	33.16	0.26	0.45	-	-	39.27
Sweet potato leaves	-	213.19	34.31	2.99	0.46	6.48	257.43
Petiole	-	66.62	10.72	1.89	-	1.71	80.94
Tips	2.21	215.57	12.11	10.28	0.03	4.60	244.8
Perilla leaves	0.13	7.16	7.13	0.89	0.03	-	15.34
Soybean sprout	-	0.05	2.06	0.00	0.00	-	2.11
Spinach	-	6.44	4.32	0.14	0.01	-	10.91

함유되었고, 총 페놀화합물 함량 175.8 mg/g 중에서 EtOAc 층에 55%, BuOH층에 39%가 함유되었다(Table 3).

산패 유도기간에 의한 항산화 활성

식용유지는 제조 후 일정 기간이 지나면서 자동산화가 진행되는데, 이 과정에서 필수아미노산, 각종 지용성비타민 등이 파괴되고 이취나 맛의 변질 등 급격한 품질변화를 가져온다. 고구마 부위별(괴근, 잎, 잎자루, 끝순) 및 들깨잎, 콩나물, 시금치 등의 추출물과 항산화제인 토코페롤, BHT와의 유지산패 억제정도를 조사 비교한 결과는 Table 4와 같다. 고구마 끝순의 항산화력은 옥배유, 팜유 및 돈지에서 토코페롤이나 BHT보다 높았고, 콩나물이나 시금치의 추출물은 항산화제를 첨가하지 않은 대조구와 별다른 차이가 없

었을 정도로 항산화력이 낮았다. 고구마 부위별로는 대두유에서는 괴근이 13.2 (I.P)로써 가장 높은 항산화력을 나타냈으나, 옥배유, 팜유, 돈지에서는 끝순 추출물의 항산화력이 가장 높았다. 이와같은 결과는 금후 유지의 산패방지를 위해 식물에서 추출한 천연 항산화제의 산업화 가능성을 시사하고 있다.

또한 용매분획별 항산화력(Table 5)을 조사한 결과 ethyl acetate층이 다른 분획물층에 비하여 높았고, 토코페롤이나 BHT보다 우수하였다. Rhi *et al.*(1996)은 동결건조 커피를 극성도의 크기에 따라 9가지 용매로 추출하여 항산화효과를 시험한 결과 acetone > ethanol > ethyl acetate > water 분획물 순이었다는 보고와 같이 시료에 따라 분획별 항산화 활성도가 다를 수 있었다.

Table 3. Phenolic compound contents of solvent fractions from sweetpotato tips

(mg/g)

Fraction	Gallic acid	Chlorogenic acid	Gentisic acid	Caffeic acid	Cumaric acid	Ferulic acid	Total
Hexane	0.005	0.209	0.008	0.050	0.001	-	0.214
CHCl ₃ ¹⁾	0.019	0.592	0.463	0.195	-	-	0.611
EtOAc ²⁾	0.933	10.340	4.056	79.083	0.060	1.139	11.273
BuOH ³⁾	0.752	40.457	3.476	22.755	0.10	1.755	41.209
Water	-	7.933	0.493	0.928	-	-	7.933
Total	1.709	51.598	8.003	102.083	0.161	2.894	53.307

¹⁾Chloroform, ²⁾Ethyl acetate, ³⁾Buthyl alcohol

Table 4. Antioxidative activities of ethanol extracts from sweetpotato tips and other vegetables

(unit : I. P)[†]

	Soybean oil	Corn oil	Palm oil	Lard oil
Control	9.5±0.7	12.9±0.5	34.9±1.2	3.4±0.4
BHT	12.7±1.1	16.0±0.7	39.4±1.0	6.8±1.6
Tocopherol	10.7±0.5	14.3±1.0	37.5±3.4	6.3±1.1
Sweetpotato tuberou roots	13.2±0.5	15.3±0.5	38.6±1.3	5.3±0.4
Sweetpotato tips	12.9±0.4	16.6±0.4	40.4±2.0	6.1±0.4
Perilla leaves	12.5±0.4	13.4±0.4	36.7±2.6	4.2±0.3
Soybean sprout	9.6±0.4	13.9±0.6	35.4±2.5	3.6±0.5
Spinach	9.9±0.7	13.7±0.5	37.1±2.7	4.0±0.4

[†]I. P (Induction period), Temperature : 110°C, air flow rate : 20 l/h, α-Tocopherol; 200 ppm, BHT; 200 ppm

Table 5. Antioxidative activities of solvent fractions from sweetpotato tips

	Control	BHT	Tocopherol	Hexane	CHCl ₃	EtOAc	BuOH	Water
I.P [†]	9.59	12.0	11.2	9.64	9.72	12.73	11.25	10.97
A.I [‡]	1.00	1.25	1.17	1.01	1.01	1.33	1.17	1.14

[†]Induction period

[‡]Antioxidant Index (Induction period of oil containing solvent extract / Induction period of soybean oil)

Temperature : 110°C, air flow rate : 20 l/h, α-Tocopherol; 200 ppm, BHT; 200 ppm

과산화물가

유지 중에 존재하는 과산화물가를 측정함으로써 유지 산화초기의 산패정도와 유도기간을 알 수 있다. 고구마 부위(괴근, 잎, 잎자루, 껍순) 및 들깨잎, 콩나물, 시금치 등의 항산화 효과를 조사하기 위해 대두유에 각 시료 ethanol 추출물을 첨가하여 25일간 저장하면서 5일 간격으로 과산화물

가를 측정된 결과는 Fig. 2, 3과 같았다. 전체적으로 보면 저장 후 5일까지 과산화물가의 생성량이 완만하게 증가하다가 5~15일 사이에서는 급격히 증가하였고 다시 15~25일에서는 완만하게 증가하였다. 이와 같은 반응은 유지의 자동산화이 진행되는 동안 산패로 인해 생성되는 hydroperoxide의 함량이 일단 최고조에 달한 후 다시 감소하는 것과 비슷

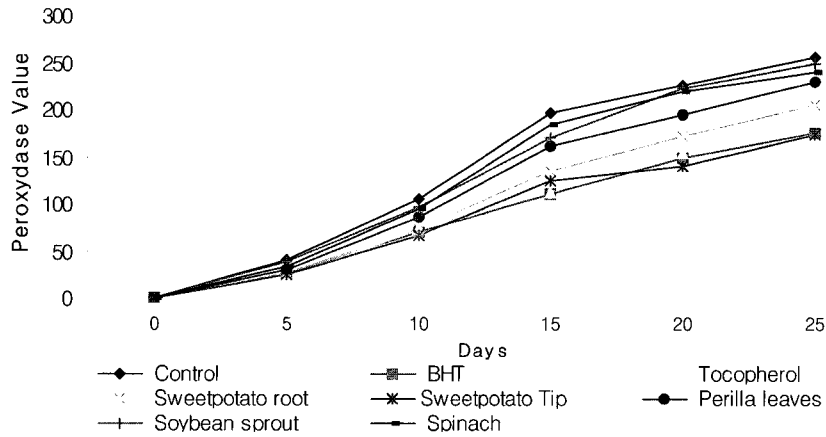
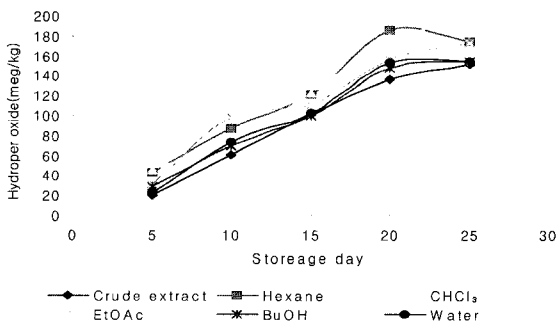
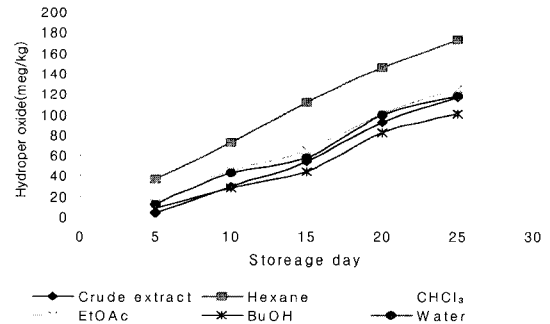


Fig. 2. Peroxide values of the ethanol extracts from sweetpotato tips and other vegetables.

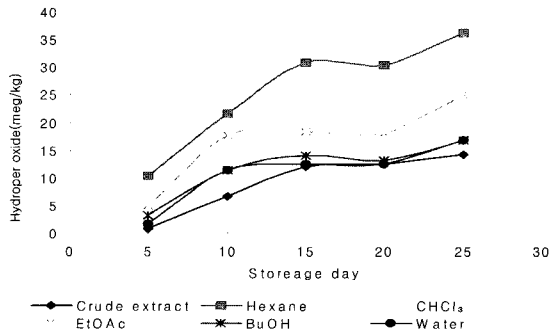
Soybean oil



Corn oil



Palm oil



Lard oil

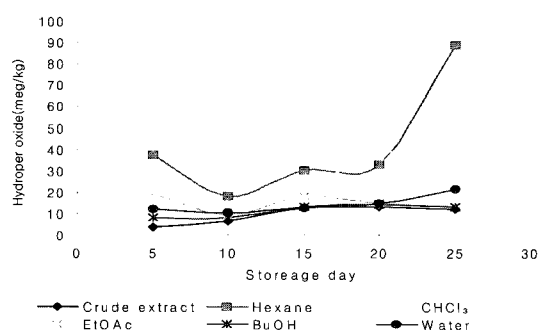


Fig. 3. Changes of peroxide value of solvent fractions from sweetpotato tips.

한 것으로서 유지산패의 일반적인 경향으로 사료된다(Chae *et al.*, 2000).

각 추출물별로는 들깨잎, 콩나물, 시금치보다 끝순, 괴근, 토코페롤이 낮은 과산화물가를 나타냈고, 이중 끝순은 토코페롤보다 더 높은 항산화성을 나타냈다. 이와 같은 결과는 Lee *et al.*(2004) 등이 팜유와 돈지에 죽초액 추출물을, 우나리아 등이 대두유에 알로에추출물을, Kim *et al.*(1993)이 대두유에 phenolic acids를 많이 함유하는 산사 추출물을 첨가하여 항산화 활성을 비교한 결과 토코페롤이나 BHA, BHT등에 비하여 우수하였다는 보고에서처럼 식물의 추출물이 유지 산패억제를 위한 항산화제로 사용될 수 있음을 보여주고 있다.

또한 고구마 끝순의 용매분획별 항산화활성은 돈지에서는 ethyl acetate와 butanol층이 높았으나, 그 외의 대두유와 옥배유 및 팜유에서는 butanol과 water층의 항산화활성이 높았다. 그러나 Choi *et al.*(1992)은 대두유 등 3종의 유지에 불나무추출물을 용매분획별로 첨가한 결과 ethyl acetate층이 가장 높은 항산화활성을 보였고, 환삼덩굴의 용매분획물의 경우 CHCl₃, Hexane층이(Park *et al.*, 1994), 울피추출물의 용매분획의 경우 butanol층의 항산화력이 높았다고 보고하였는데(Oh *et al.*, 2005), 이와 같이 용매분획별로 항산화활성이 다르게 나타나는 것은 원료식물에 함유된 성분들이 추출용매의 극성도에 따라 성분의 용출정도가 다르기 때문이다. 따라서 금후 식물로부터 천연항산화제를 추출하여 각종 유지제조에 첨가제로 사용하기 위해서는 용매분획별 항산화원인물질들을 구명하여 분리할 필요가 있다.

전자공여능(Electron donating ability, EDA)

식품의 기능성 평가 중 항산화능에 대하여 흔히 DPPH법

의 환원력을 이용하고 있는데, Brand *et al.*(1995)은 분자내 free radical을 가지고 있는 DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)를 이용하여 시료의 항산화 활성을 측정하였다.

고구마 부위별(괴근, 잎, 잎자루, 끝순), 들깨잎, 콩나물, 시금치 추출물의 free radical 소거능을 조사한 결과 Fig. 4와 같았다. 고구마 끝순의 항산화 활성은 78.2%로 괴근 42.3%에 비하여 매우 높았고, 들깨잎, 시금치, 콩나물은 28.9~18.0%로 낮았다. 이와 같은 결과는 식용유지에 주로 사용되고 있는 BHT가 페놀계 화합물인것과 같이 고구마 끝순이나 잎에 페놀화합물의 함량이 높기 때문으로 생각된다. 또한 용매분획별로는 괴근과 끝순 공히 EtOAc와 BuOH층에서 높은 활성을 나타냈다(Fig. 5). 이와 같은 결과는 Bang *et al.*(2001)이 생강 MeOH 추출물을 EtOAc, n-BuOH, H₂O로 용매분획하여 각분획별로 전자공여능을 측정한 결과 EtOAc 추출물이 가장 우수하였고, Han *et al.*(2001)은 매실 MeOH 추출물을 n-hexane, ethyl acetate, butanol, H₂O로 용매분획하여 측정한 결과 butanol추출물이 가장 높은 활성을 보였다는 보고와 비슷하였다.

아질산염소거능

한국인의 1일 질산염(NO₃⁻) 섭취량이 WHO의 질산염 일일 섭취허용량인 ADI(Acceptable Daily Intake) 219 mg/60 kg b.w.보다 1.77배 내지 3.37배나 많고, 일일 NO₃⁻섭취량의 90.6~95.1%를 채소를 통해 섭취한다는 보고(Sohn, 1996)가 있다.

실험결과 아질산염소거능은 끝순, 들깨잎, 콩나물이 우수하였고 그중 들깨잎이 저해율 72%로 가장 높았다(Fig. 6). 이와 같은 결과는 Rhi and Shin(1996)이 커피에 함유된 페놀화합물 중 caffeic acid와 ferulic acid가 아질산염과 반응하여 nitrosamine의 생성을 억제한다는 보고와 차이를 보인다

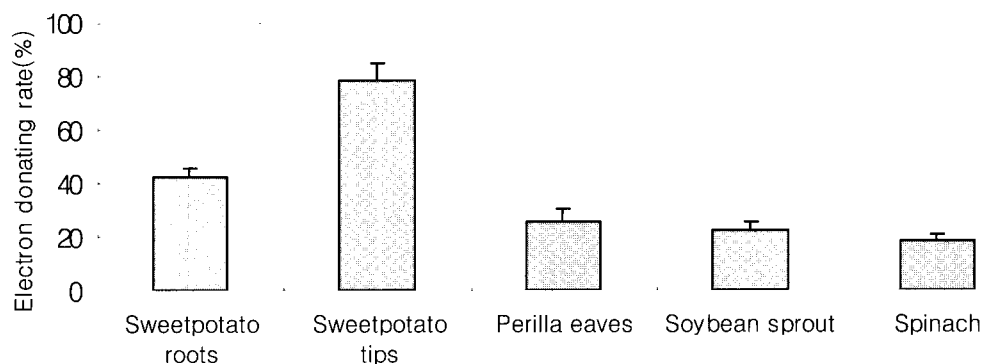


Fig. 4. Electron donating ability of ethanol extraction from sweetpotato tips and other vegetables.

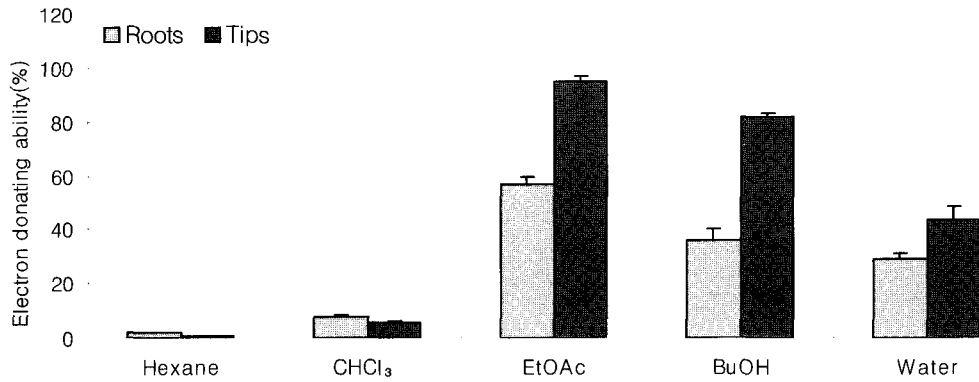


Fig. 5. Electron donating activity of solvent fractions from sweetpotato tips and Roots.

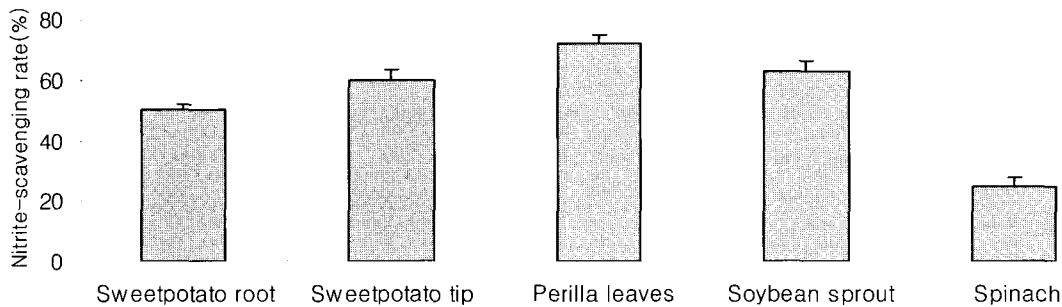


Fig. 6. Nitrite scavenging effects of ethanol extraction sweetpotato tips and other vegetables.

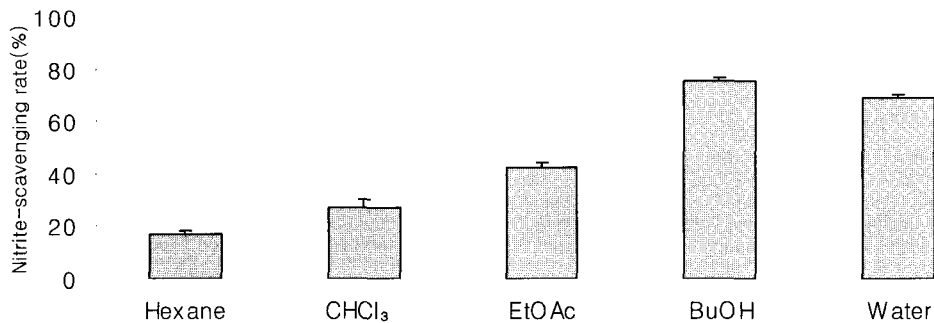


Fig. 7. Nitrite scavenging effects of solvent fractions from sweetpotato tips.

것으로 caffeic acid와 ferulic acid의 함량이 높은 끝순(Table 3)이 아질산염 반응에서 들깨잎보다 낮은 것으로 보아 페놀화합물 중 caffeic acid와 ferulic acid은 아질산염 소거반응에 영향이 크게 관여하지 않은 것으로 판단된다. 또한 이와 같은 결과는 용매분획별 아질산염소거능에서도 관찰되었는데 caffeic acid가 많이 함유된 EtOAc 추출물보다도 BuOH과 water추출물에서 높은 활성을 보임으로써 같은 영향을 나타냈다. 그러나 한편으로 catchin이나 quercetin은 아질산염 소거능이 매우 높음을 보고한 것으로 보아(Ahn et al. 2007)

모든 페놀화합물이 아질산염 소거능과 무관한 것은 아닌 것으로 판단된다.

Angiotensin Converting Enzyme(ACE) 저해 효과

고구마 끝순 ethanol추출물의 ACE저해활성을 조사한 결과는 Fig. 8과 같았다. 고구마 부위별로는 끝순이 괴근에 비하여 1.5배 높았고, 들깨잎, 콩나물, 시금치보다 1.9~3.7배 높았다. 용매분획별로는 Fig. 9와 같이 EtOAc, BuOH, water추출물이 높은 활성을 보였다. 또한 ACE 저해활성에 관하

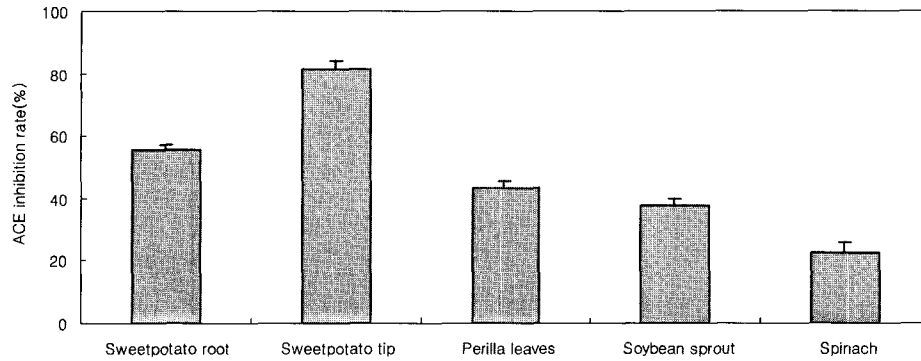


Fig. 8. Angiotensin I-converting enzyme (ACE) inhibitory effects of ethanol extracts from sweetpotato tips and other vegetables.

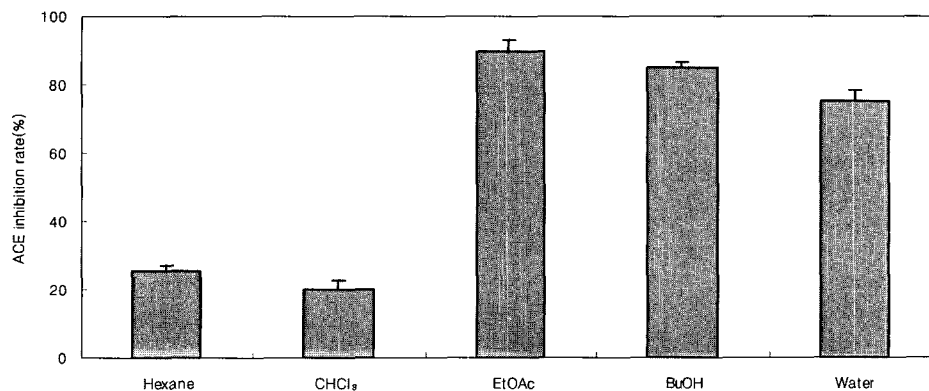


Fig. 9. Angiotensin I-converting enzyme (ACE) inhibitory effects of solvent fractions from sweetpotato tips.

는 요인으로는 *Bacillus pumilus*와 같은 미생물이나 알로에 아세틸만난 등이 관여함을 보고하였는데(Kim *et al.* 2001; Ruy and Shin, 1997) 금후 고구마 추출물로부터 ACE 저해 인자에 관한 탐색이 필요하다.

적 요

고구마의 이용성을 증대하고, 고구마 끝순의 채소적 가치를 구명키 위해 페놀화합물의 함량, 지질산화 억제 효과, 전자공여능, 아질산염소거능, ACE저해활성 등 생리활성을 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 고구마에 함유된 phenolics는 gallic, chlorogenic, gentisic, caffeic, coumaric, ferulic acid 등 6종이었고, 이중 간독성 회복 및 항산화 효능이 큰 것으로 보고되고 있는 chlorogenic acid, gentisic acid, caffeic acid가 많이 함유되어 있었다. 부위별로는 괴근에 비하여 잎과 끝순의 함량이 높았고, 고구마 끝순이 콩나물이나 들깨잎, 시금치보다 16~122배 높은 함량이었다. 용매분획별로는 총 함량 175.8 mg/g 중에서 EtOAc층

에 55%, BuOH층에 39%가 함유되었다.

2. Rancimat를 이용하여 산패 유도기간을 조사한 결과, 고구마 끝순의 항산화력은 옥배유, 팜유 및 돈지에서 합성 항산화제인 토코페롤이나 BHT보다 높았고, 용매분획별로는 EtOAc > BHT > BuOH > Tocopherol > Water > CHCl₃ > Hexane층 순으로 높았다.

3. 과산화물가에 의한 항산화 활성은, 각 추출물별로는 끝순, 괴근, 토코페롤이 들깨잎, 콩나물, 시금치보다 낮은 과산화물가를 나타냈고, 이중 끝순은 토코페롤보다 더 높은 항산화성을 나타냈다. 고구마 끝순의 용매분획별 항산화활성은 대두유와 옥배유 및 팜유에서 BuOH와 water층의 항산화활성이 높았다.

4. 전자공여능에 의한 항산화 활성은, 고구마 끝순의 항산화 활성은 78.2%로 괴근 42.3%에 비하여 매우 높았고, 들깨잎, 시금치, 콩나물은 28.9~18.0%로 낮았다. 이와 같은 결과는 고구마 끝순에 다량 함유된 페놀화합물과 관련된 것으로 사료된다. 용매분획별로는 EtOAc > BuOH > Tocopherol > Water > CHCl₃ > Hexane층 순으로 높은 활성을 나타냈다.

5. 아질산염소거능은 끝순, 들깨잎, 콩나물이 우수하였고 그중 들깨잎이 저해율 72%로 가장 높았으며, 용매분획 중에는 BuOH과 water추출물의 활성이 가장 높았다.

6. ACE 저해 효과는 고구마 부위별로는 끝순이 과근에 비하여 1.5배 높았고, 들깨잎, 콩나물, 시금치보다 1.9~3.7 배 높았다. 용매분획별로는 EtOAc, BuOH, water 추출물이 높은 활성을 보였다.

7. 이상을 종합하여 볼 때 고구마 끝순에는 페놀화합물이 다량 함유되어 있어 높은 항산화 활성을 가지며, 아질산염소거능 및 ACE저해활성과 같은 생리적 효과도 높아 기능성 채소로 이용하기에 충분한 가치가 있다고 판단된다.

인용문헌

- Ahn, S. I., J. H. Bok, and J. Y. Son. 2007. Antioxidative activities and nitrite-scavenging abilities of some phenolic compounds. *Korean J. Food Cookery Sci.* 23(1) : 19-24.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1995. 2(16). Arlington, VA, USA.
- Bang, M. H., J. C. Song, S. L. Kim, H. S. Hur, and N. I. Baek. 2001. Isolation of natural antioxidants from the root of *Zingiber officinale* R. *J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol.* 44(3) : 202-205.
- Brand, W., M. E. Cuvelier, and C. Berset. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm. Wiss. Technol.* 28 : 25-30.
- Chae, S. K., S. H. Kim, D. H. Shin, H. G. Oh, S. J. Lee, M. H. Jang, and U. Choi. 2000. *Food Chemistry*. Hyoil. Seoul. pp. 557-560.
- Choi, U., D. H. Shin, Y. S. Chang, and J. I. Shin. 1992. Antioxidant activity of ethanol extract from *Rhus javanica* Linne on edible oil. *Korean J. Food Sci. Technol.* 24(4) : 320-325.
- Cushman, D. W., H. S. Cheung, E. F. Sabo, and M. A. Ondetti. 1997. Design of potent competitive inhibitors of angiotensin converting enzyme, carboxyalkanoyl and mercaptoalkanoyl amino acids. *Biochem.* 16 : 54-84.
- Han, S. H., W. Nariyah, S. D. Lee, and M. H. Kang. 2006. Antioxidative and antibacterial activities of endemic plants extracts in Korea. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 14(1) : 49-55.
- Han, J. T., S. Y. Lee, K. N. Kim, and N. I. Baek, 2001. Rutin, antioxidant compound isolated from the fruit of *Prunus memu*. *J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol.* 44(1) : 35-37.
- Heo, J. C., J. Y. Park, S. M. An, J. M. Lee, C. H. Yun, H. M. Shin, T. K. Kwon, and S. H. Lee. 2006. Anti-oxidant and anti-tumor activities of crude extracts by *Gastrodia elata* blume. *Korean J. Food Preserv.* 13(1) : 83-87.
- Hertog, M. G. L., E. J. M. Feskens, and D. Kromhout. 1997. Antioxidant flavonols and coronary heart disease risk. *Lancet.* 349 : 699.
- Hwang, E. J., S. Y. Lee, S. J. Kwon, M. H. Park, and H. O. Boo. 2006. Antioxidative, antimicrobial and cytotoxic activities of fagopyrum esculentum moench extract in germinated seeds. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 14(1) : 1-7.
- John Shj, G. Mazza, and M. L. Maguer. 2002. *Functional foods*. Crc Press. USA.
- Kang, W. S., J. H. Kim, E. J. Park, and K. R. Yoon. 1998. Antioxidative property of turmeric (*Curcuma rhizoma*) ethanol extract. *Korean J. Food Sci. Technol.* 30(2) : 266-271.
- Kang, Y. H., Y. K. Park, and G. D. Lee. 1996. The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28(2) : 232-239.
- Kato, H., I. E. Lee, N. V. Chuyen, S. B. Kim, and F. Hayase. 1987. Inhibition of nitrosamine formation by nondialyzable melanoidins. *Agric. Biol. Chem.* 51 : 1333-1338.
- Kim, J. S., G. D. Lee, J. H. Kwon, and H. S. Yoon. 1993. Antioxidative effectiveness of ether extract in crataegus pinnatifida bunge and terminalia chebula retz. *Korean J. Agric. Chem. Soc.* 36(3) : 203-207.
- Kim, K. B., K. H. Yoo, H. Y. Park, and J. M. Jeong. 2006. Anti-oxidative activities of commercial edible plant extracts distributed in Korea. *Korean J. Soc.* 49(4) : 328-333.
- Kim, U. S., E. M. Choi, and S. J. Koo. 2002. Effects of the addition of vegetables on oxidized frying oil. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.* 18(6) : 557-561.
- Kim, Y. S., C. H. Rhee, and H. D. Park. 2001. Isolation and characterization of a bacterium from Korean soy paste *Doenjang* producing inhibition of angiotensin converting enzyme. *Korean J. Food Sci. Technol.* 33(1) : 84-88.
- Kumar A., P. pant, S. Basu, G. R. K. Rao, and H. D. Khanna. 2006. Oxidative stress in neonatal hyperbilirubinemia. *Journal of Tropical Pediatrics.* 53(2) : 95-102.
- Korea Health Industry Development Institute (KHDI). 1999. Provisions of functional foods for their effective management. Korean. p. 113.
- Kwon, E. K., Y. E. Kim, C. H. Lee, and H. Y. Kim. 2006. Screening of nine herbs with biological activities on ACE inhibition, HMG-CoA reductase inhibition, and fibrinolysis. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38(5) : 691-698.
- Lee, F. Z., K. H. Park, and J. B. Eun. 2004. Antioxidative

- effect of bamboo smoke distillates in palm oil and lard during storage. Korean J. Food Sci. Technol. 36(6) : 905-910.
- Lee, S. J., M. J. Chung, J. H. Shin, and N. J. Sung. 2000. Effect natural plant components on the nitrite-scavenging. Korean J. Fd Hyg. Safety. 15(2) : 88-94.
- Lee, Y. J. and J. P. Han. 2000. Antioxidative and nitrite scavenging abilities of extracts from *Ulmus davidiana*. Korean J. Soc. Food Sci. 29(5) : 893-899.
- Ma, S. J. 2000. Inhibitory effect of onion seasoning on angiotensin converting enzyme. Korean J Soc. Food Sci. 29(3) : 395-400.
- Maeng, Y. S. and H. K. Park. 1991. Antioxidant activity of ethanol extract from dodok (*Codonopsis lanceolata*). Korean J. Food Sci. Technol. 23(3) : 311-316.
- Islam, M. S., Y. Makoto, T. Norihiko, and Y. Osamu. 2002. Anthocyanin compositions in sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) leaves. Biosci. Biotechnol. Biochem. 66(11) : 2483-2486.
- Woo, N. R. Y., M. S. Ahn, and K. Y. Lee. 1995. Antioxidative effect of aloe (aloe arborescences) extracts on linoleic acid and soybean oil. Korean J. Food Sci. 11(5) : 536-541.
- Oh, S. H., Y. W. Kim, and M. A. Kim. 2005. The antioxidant activities of three solvent (ether, butanol, water) extrats from chestnut inner shell in soybean oil. Korean J. Food Culture. 20(6) : 703-708.
- Park, D. C., J. H. Park, Y. S. Gu, J. H. Han, D. S. Byun, E. M. Kim, Y. M. Kim, and S. B. Kim. 2000. Effects salted-fermented fish products and their alternatives on nitrite scavenging activity *kimchi* during fermentation. Korean J. Food Sci. Technol. 32(4) : 942-948.
- Park, S. W., C. J. Woo, S. K. Chung, and K. T. Chung. 1994. Antimicrobial and antioxidative activities of solvent fraction from *Humulus japonicus*. Korean J. Food Sci. Technol. 26(4) : 464-470.
- Rhi, J. W. and H.S. Shin. 1996. Physicochemical properties of antioxidant fractions extracted from freeze-dried coffee by various solvents. Korean J. Food Sci. Technol. 28(1) : 109-116.
- Ryu, I. W. and Y. S. Shin. 1997. Inhibition effect of ACE (angiotensin converting enzyme) and kinetics of aloe acetylmannan. Korean J. Food Sci. Technol. 29(6) : 1269-1274.
- Sohn, S. M. 1996. Nitrate and overuse of organic fertillzer. Organic Agriculture Copenhagen. Ifoam Sci. Conference. 11 : 36.