

시판 한약재에 대한 항산화 활성 검정

이승은[†] · 성낙술 · 박춘근 · 성정숙

작물시험장 특용작물과

Screening for Antioxidative Activity of Oriental Medicinal Plant Materials

Seung Eun Lee[†], Nak Sul Seong, Chun Geun Park and Jung Suk Seong

National Crop Experiment Station, RDA, Suwon 441-100, Korea

ABSTRACT : Antioxidative effect of 42 medicinal plant extracts was screened to search natural antioxidants. The extracts of *Terminalia chebula*, *Caesalpinia sappan*, *Sanguisorba officinalis*, *Rubus coreanus*, and *Alpinia katsumadai* showed strong inhibition effect on DPPH radical, and LDL oxidation. Those of *Eugenia caryophyllata*, *Alpinia officinarum*, *Zingiber officinale*, *Xanthium strumarium*, *Sophora japonica*, *Aristolochia contorta*, and *Alpinia katsumadai* exhibited potent antioxidative activity on linoleic acid peroxidation. Among 42 medicinal plant materials, the extract of *Terminalia chebula* showed the highest scavenging activity (3.08 $\mu\text{g/ml}$) on DPPH radical which was higher than that (13.52 $\mu\text{g/ml}$) of α -tocopherol. The extract of *Terminalia chebula* showed also stronger inhibition activity on LDL oxidation than that of α -tocopherol did.

Key words : antioxidant, medicinal plant, DPPH, peroxidation

서 언

산소를 소비하여 에너지를 획득하는 호기성 유기체인 사람은 산소에 의한 산화적 스트레스에 항상 노출되어 있으며 이러한 산화적 스트레스는 정상적인 경우 인체 안에 존재하는 항산화계에 의해 제거된다 (Evanco et al, 1995). 그러나, 산업화 이후 날로 증가하는 각종 환경오염물질, 흡연, 알콜 및 방사선 등은 인류에게 산화적 스트레스를 가중시키고 있으며 따라서 인체 내에 존재하는 항산화계의 역할만으로는 산화적 스트레스에 의해 야기될 수 있는 손상을 적절히 방어하지 못할 가능성이 더욱 높아지고 있다 (Sozmen et al, 1994). 산화적 스트레스가 제거되지 못하면 생체막의 손상, 고분자 단백질 및

DNA의 변형과 기능상실 등으로 인한 다양한 퇴행성 질환이 유발될 수 있으므로 (Frei, 1994) 산화적 스트레스와 이로 인해 유발되는 건강문제를 해결할 수 있는 물질로서 항산화제에 대한 관심이 집중되고 있다. 이러한 추세에 따라 효능이 우수한 항산화제를 개발하려는 노력이 이루어지고 있으며 효력이 높으나 독성이 문제시되는 BHT, BHA 등의 합성 항산화제 (Choe & Yang, 1982)에 대한 기피로 천연자원에 대한 관심이 고조되고 있다. 본 연구는 오랜 기간동안 한의학에서 질환 치료의 목적으로 사용되어 왔으며 그 어떤 자원보다 건강 증진, 질병 예방 및 치료의 가능성이 높은 한약재를 대상으로 천연 항산화제를 탐색하기 위한 기초연구를 수행하였으며 그 결과를 보고하고자 한다.

[†] Corresponding author (Phone) : 031-290-6718, E-mail : tahitie@rda. go. kr

Received 25 May 2002 / Accepted 22 August 2002

재료 및 방법

재 료

실험을 위해 2001년 5월 서울 소재 경동시장에서 구입한 42종의 건조 한약재(Table 1)를 분쇄, 추출하여 사용하

였으며 DPPH (1,1-diphenyl-picryl hydrazyl), TBA (thiobarbituric acid)와 LDL (low density lipoprotein) 등의 시약은 Sigma Chemical Co.에서 TCA (trichloroacetic acid)는 Fluka Co.에서 구입하였으며 그 외의 시약은 특급 시약을 사용하였다.

Table 1. List of medicinal plant materials

Material name	Scientific name	Part used	Origin
백부자	<i>Aconitum koreanum</i> R. Raymond	rhizome	China
곽향	<i>Agastache rugosa</i> O. Kuntz	whole plant	Korea
초두구	<i>Alpinia katsumadai</i> Hayata	seed	China
양강	<i>Alpinia officinarum</i> Hance	rhizome	China
초과	<i>Amomum taso-ko</i> Crevost et Lemaire	fruit	China
마두령	<i>Aristolochia contorta</i> Bunge	fruit	China
애엽	<i>Artemisia princeps</i> Pampan	leaf	China
소목	<i>Caesalpinia sappan</i> Linne	wood	China
결명자	<i>Cassia tora</i> Linne	seed	Korea
승마	<i>Cimicifuga heracleifolia</i> Kom	rhizome	China
진피	<i>Citrus unshiu</i> Markovich	peel of fruit	Korea
청피	<i>Citrus unshiu</i> Markovich	peel of fruit	China
황련	<i>Coptis chinensis</i> Franch	rhizome	China
한련초	<i>Eclipta prostrata</i> Linne	whole plant	Korea
향유	<i>Elsholtzia cliata</i> Hylander	whole plant	China
비파엽	<i>Eriobotrya japonica</i> Lindl.	leaf	China
정향	<i>Eugenia caryophyllata</i> Thunb.	flower	China
감초	<i>Glycyrrhiza uralensis</i> Fisch	rhizome/root	Korea
익모초	<i>Leonurus sibiricus</i> Linne	whole plant	Korea
자초	<i>Lithospermum erythrorhizon</i> S. et Zucc.	root	Korea
지골피	<i>Lycium chinense</i> Mill.	peel of root	China
박하	<i>Metha arvensis</i> Linne var. <i>piperascens</i> Malinv.	whole plant	China
백작약	<i>Paeonia lactiflora</i> P. var. <i>hottensis</i> Makino	root	Korea
목단피	<i>Paeonia suffruticosa</i> Andr.	peel of root	China
소엽	<i>Perilla frutescens</i> Britton var. <i>acuta</i> Kudo	leaf	China
황백	<i>Phellodendron amurense</i> Rupr.	bark	Korea
길경	<i>Platycodon grandiflorum</i> A. DC	root	China
행인	<i>Prunus aremeniaca</i> Linne	seed	China
오매	<i>Prunus mume</i> Sieb. et Zucc	unripe fruit	China
파고지	<i>Psoralea corylifolia</i>	fruit	China
갈근	<i>Pueraria thunbergiana</i> Benth	root	Korea
금앵자	<i>Rosa laevigata</i> Michx	fruit	China
복분자	<i>Rubus coreanus</i> Miq.	fruit	China
단삼	<i>Salvia miltiorrhiza</i> Bunge	root	China
지유	<i>Sanguisorba officinalis</i> Linne	rhizome/root	China
형개	<i>Schizonepeta tenuifolia</i> Briquet	whole plant	China
황금	<i>Scutellaria baicalensis</i> George	root	Korea
괴화	<i>Sophora japonica</i> Linne	flower	China
포공영	<i>Taraxacum mongolicum</i> H. Mazz.	whole plant	China
가자	<i>Terminalia chebula</i> Retz	fruit	China
참이자	<i>Xanthium strumarium</i> Linne	fruit	China
건강	<i>Zingiber officinale</i> Rosc.	rhizome	Korea

추출물 조제

시료 중량의 10배에 해당하는 70% 메탄올로 74℃에서 2시간씩 2회 환류냉각하여 모아진 추출액을 여과하고 rotary vacuum evaporator (EYELA, Japan)로 농축한 후 남은 용매 및 수분은 동결건조로 제거하여 추출물을 얻었고 이 추출물을 -20℃의 냉동고에 보관하면서 실험에 사용하였다.

Linoleic Acid 과산화저해 효능 측정

약용식물 추출물의 생체 막 지질에 대한 산화저해 활성을 Haraguchi 등이 사용한 ferrithiocyanate 법에 준해 다음과 같이 실험하였다. 반응액 중에서 25 µg/ml의 최종 농도가 되도록 조제한 시료 30 µl, 0.04 M-phosphate buffer 400 µl 및 99.9%의 에탄올에 녹인 2.51% linoleic acid 200 µl로 구성된 반응액을 만든 후 뚜껑을 닫아 40℃의 암소에서 반응시키고 이 반응액 100 µl를 취하여 75% ethanol 2,700 µl와 30%-ammonium thiocyanate 100 µl를 혼합한 다음 3.5% HCl에 녹인 0.02 M ferrous chloride 100 µl를 가하고 3분 후에 500nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조군은 시료대신 시료를 녹이는 데 사용한 DMSO를 사용하였고 결과는 대조군과 실험군의 흡광도의 차를 대조군의 흡광도로 나눈 값을 백분율로 하여 나타내었다.

DPPH 소거활성 측정

Blois의 방법에 따라 조제된 에탄올성 1.5×10⁻⁴ M DPPH 2,970 µl를 일정농도의 추출물 30 µl와 함께 vortex 하고 3분 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조군은 시료대신 시료를 녹이는 데 사용한 DMSO를 사용하였으며 결과는 각 농도별로 대조군과 실험군의 흡광도의 차를 대조군의 흡광도로 나눈 값을 백분율로 하여 소거율을 얻고 이를 다시 농도와 소거율의 상관관계에 의해 얻어진 방정식으로부터 50%의 소거율을 나타내는 추출물의 농도 (RC₅₀)를 산출하였다.

LDL 산화 저해 효과 측정

LDL의 산화에 대한 항산화 활성 측정은 Yang 등의 방법에 준해 실험하였다. DMSO에 녹인 시료 50 µl를 동량의 LDL (50-100 µg protein), 10 mM phosphate-buffered saline (PBS) 110 µl 및 0.25 mM CuSO₄ 80 µl를 가하여 혼합하고 37℃에서 22시간 동안 반응시킨 후 20% TCA 1 ml을 가해 반응을 중단시키고 vortex로 혼합하였으며 여기에 0.05 N NaOH에 녹인 0.67% TBA 1 ml를 가한 다음 혼합하였다. 이 혼합물을 95℃에서 15분 동안 가열, 발색시킨 후 얼음 중에서 냉각시킨

것을 600×g에서 15분 동안 원심분리하고 540 nm에서 분리된 상등액 1 ml에 대한 흡광도를 측정하였다. 한편, TBARS (thiobarbituric acid reactive substance) 검량선식은 Botsoglou 등의 방법에 따라 tetramethoxypropane을 표준물질로 사용하여 얻었으며 시료의 흡광도를 이 검량선식에 대입하여 TBARS의 함량을 구하였고 LDL 산화저해 효과는 대조군의 TBARS 함량과 시료의 TBARS 함량의 차이를 대조군의 TBARS 함량으로 나눈 값을 백분율로 하여 나타내었다.

결과 및 고찰

Linoleic Acid 과산화저해 효능

한약재 추출물의 linoleic acid 과산화 억제 효과를 25 µg/ml의 농도에서 반응 5일째에 측정한 결과 정향 (98.03%), 양강 (97.99%), 건강 (97.59%), 창이자 (94.24%), 괴화 (94.21%), 마두령 (92.40%) 그리고 초두구 (91.89%) 등이 90%이상의 높은 수치를 나타내었으며, 이외에도 실험된 18종의 한약재들이 천연 항산화제인 토코페롤 (0%)보다 높은 효과를 가지는 것으로 확인되었다 (Table 2). 이러한 결과는 Choi 등이 보고한 검색 결과에서 정향, 박하, 황백 및 포공영 등이 높은 산화유도기간을 나타낸 것 그리고 Saleem 등이 보고한 가자의 높은 지질과산화 저해 효능과도 일치되는 결과이다. 그런데 Lim 등이 수행한 약용식물 추출물의 팜유 산화유도기간에 의한 항산화력 실험결과는 건강, 목단피, 곽향, 금앵자, 복분자, 익모초, 지골피, 진피, 한련초, 행인, 향유, 형개 등에 있어 본 실험의 결과와 유사한 경향을 보였으나 괴화, 양강, 초두구, 황금, 파고지, 소목 및 감초 등은 상이한 결과를 나타내었는데 본 실험의 결과 양강, 괴화, 초두구 및 파고지는 약 98%, 94%, 91% 및 88%로 매우 높은 linoleic acid peroxidation 저해효과를 보인 데 비해 Lim 등의 실험에서는 유도기간이 비교적 짧았고 본 실험에서 낮은 항산화력 (67%와 0%)을 보인 소목과 감초는 긴 유도기간을 보였다 (Lim et al., 1996). 또한 Kim 등이 보고한 황금의 linoleic acid에 대한 유도기간이 BHA와 동일한 정도인 점도 본 실험에서 황금이 67% 가량의 항산화력을 나타낸 것과는 상이한 결과인데 이처럼 동일 재료의 연구결과가 상이한 것은 분석된 지질산화 단계의 차이 때문으로 사료된다. 한편, 한약재 추출물과 토코페롤의 경시적인 항산화 효과를 Fig. 1에 나타낸 바 한약재를 무첨가한 control이 3일째에 그리고 토코페롤이 4일째에 최대 흡광도를 나타낸 것과 달리 한약재 추출물의 경우 반응 6일째에도 낮은 흡광도를 보여 linoleic acid로부터의 과

Table 2. Antioxidative effect on DPPH radical and linoleic acid peroxidation of medicinal plant materials

Material name	Scientific name	Inhibition rate (%) [†]	RC ₅₀ (μg/ml)
백부자	<i>Aconitum koreanum</i> R. Raymond	0.00±0.00	696.77
곽향	<i>Agastache rugosa</i> O. Kuntz	0.00±0.00	312.26
초두구	<i>Alpinia katsumadai</i> Hayata	91.89±0.89	16.15
양강	<i>Alpinia officinarum</i> Hance	97.77±0.16	37.48
초과	<i>Amomum taso-ko</i> Crevost et Lemaire	85.39±6.52	38.16
마두령	<i>Aristolochia contorta</i> Bunge	92.40±0.19	350.99
애엽	<i>Artemisia princeps</i> Pampan	86.39±2.38	54.86
소목	<i>Caesalpinia sappan</i> Linne	67.05±1.22	5.36
결명자	<i>Cassia tora</i> Linne	58.75±7.37	306.18
승마	<i>Cimicifuga heracleifolia</i> Kom	0.00±0.00	147.61
진피	<i>Citrus unshiu</i> Markovich	0.00±0.00	131.21
청피	<i>Citrus unshiu</i> Markovich	64.04±16.51	184.03
황련	<i>Coptis chinensis</i> Franch	88.92±9.45	286.03
한련초	<i>Eclipta prostrata</i> Linne	84.34±0.34	157.65
향유	<i>Elsholtzia cliata</i> Hylander	76.29±4.05	127.08
비파엽	<i>Eriobotrya japonica</i> Lindl.	0.00±0.00	39.72
정향	<i>Eugenia caryophyllata</i> Thunb.	98.03±0.03	17.06
감초	<i>Glycyrrhiza uralensis</i> Fisch	0.00±0.00	540.17
익모초	<i>Leonurus sibiricus</i> Linne	66.72±13.94	370.36
자초	<i>Lithospermum erythrorhizon</i> S. et Zucc.	0.00±0.00	398.19
지골피	<i>Lycium chinense</i> Mill.	0.00±0.00	99.38
박하	<i>Metha arvensis</i> Linne var. <i>piperascens</i> Malinv.	91.47±0.63	30.90
백작약	<i>Paeonia lactiflora</i> P. var. <i>hottensis</i> Makino	0.00±0.00	70.79
목단피	<i>Paeonia suffruticosa</i> Andr.	87.02±1.68	35.56
소엽	<i>Perilla frutescens</i> Britton var. <i>acuta</i> Kudo	0.00±0.00	44.73
황백	<i>Phellodendron amurense</i> Rupr.	84.73±0.26	150.42
길경	<i>Platycodon grandiflorum</i> A. DC	0.00±0.00	121.16
행인	<i>Prunus aremeniaca</i> Linne	0.00±0.00	1,000 <
오매	<i>Prunus mume</i> Sieb. et Zucc	0.00±0.00	342.45
파고지	<i>Psoralea corylifolia</i>	88.46±0.78	635.67
갈근	<i>Pueraria thunbergiana</i> Benth	77.29±0.91	251.02
금앵자	<i>Rosa laevigata</i> Michx	0.00±0.00	100.01
복분자	<i>Rubus coreanus</i> Miq.	87.40±10.08	15.26
단삼	<i>Salvia miltiorrhiza</i> Bunge	0.00±0.00	90.58
지유	<i>Sanguisorba officinalis</i> Linne	0.00±0.00	11.45
형개	<i>Schizonepeta tenuifolia</i> Briquet	72.19±2.09	128.29
황금	<i>Scutellaria baicalensis</i> George	67.36±2.26	61.77
괴화	<i>Sophora japonica</i> Linne	94.21±0.16	33.17
포공영	<i>Taraxacum mongolicum</i> H. Mazz.	71.93±3.27	107.33
가자	<i>Terminalia chebula</i> Retz	72.37±6.33	3.08
창이자	<i>Xanthium strumarium</i> Linne	94.24±0.74	126.64
건강	<i>Zingiber officinale</i> Rosc.	97.59±0.41	204.08
α-토코페롤	-	0.00±0.00	13.52

† The values were mean ± standard deviation (n=2) which were obtained at 5th day of reaction.

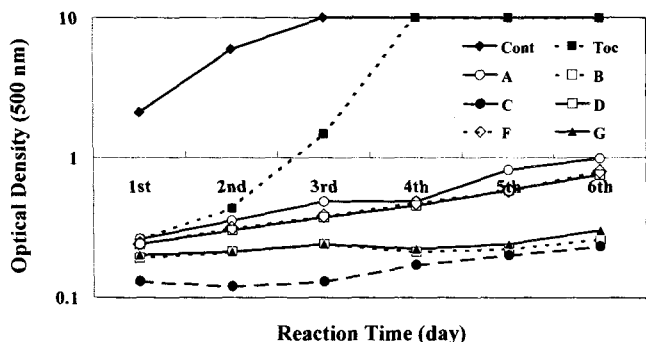


Fig. 1. Inhibition effect on linoleic acid peroxidation of medicinal plant materials. (Final concentration of each sample was 25 $\mu\text{g/ml}$. Cont, DMSO ; Toc, α -tocopherol ; A, *Alpinia katsumadai* Hayata (seed) ; B, *Alpinia officinarum* Hance (rhizome) ; C, *Eugenia caryophyllata* Thunb. (flower) ; D, *Sophora japonica* Linne (flower) ; E, *Xanthium strumarium* Linne (fruit) ; F, *Zingiber officinale* Rosc. (rhizome))

산화물 형성이 효과적으로 저해되었음을 알 수 있었다. 이상의 결과로부터 실험된 42종의 한약재 중에서 25종이 생체 막에서 연속적으로 진행되는 산화반응을 효과적으로 차단할 뿐만 아니라 지질과산화의 증가와 관련성이 높은 선천성 사구체염과 같은 질환의 완화에 이용될 수 있을 것으로 판단된다 (Halliwell & Gutteridge, 1985 ; Solin et al, 2001).

DPPH 소거활성

한약재 추출물의 DPPH에 대한 소거 활성을 여러 농도에서 실험하고 흡광도와 소거율과의 관계식으로부터 산출된 RC_{50} 을 Table 2에 나타내었다. 실험결과 가자, 소목, 지유, 복분자, 초두구 등의 RC_{50} 이 3.08, 5.36, 11.45, 15.26, 16.15 $\mu\text{g/ml}$ 로서 알파-토코페롤의 RC_{50} (13.52 $\mu\text{g/ml}$)보다 우수한 유리기 소거 효과를 보였다. 그리고 박하는 30.90 $\mu\text{g/ml}$ 의 RC_{50} 값을 나타내었는데 이러한 결과는 Chung 등의 연구에서 10 mg/ml 의 농도에서 62.22%의 소거율을 나타낸 것과 일치하는 결과이다. 높은 DPPH 소거능을 보이는 한약재에는 폴리페놀처럼 hydroxyl group을 구조 중에 포함하며 DPPH와 반응하기에 적합한 입체구조를 가지는 화합물이 존재하기 때문으로 생각된다 (Yoshida, 1989 ; Chen & Ho, 1997).

LDL 산화 저해 효과

강력한 DPPH 소거 효과를 보였던 가자, 소목, 지유, 복분자, 초두구 등을 알파-토코페롤과 함께 인간의 low

density lipoprotein (LDL) 산화에 대한 효과를 확인하고자 실험하였던 바 Fig. 2와 같은 결과를 얻었으며 실험에 사용된 5가지의 한약재들은 21.55 및 43.10 $\mu\text{g/ml}$ 의 농도에서 알파-토코페롤보다 우수한 산화억제효과를 나타내었다. 유해활성 산소류에 의한 LDL의 산화는 LDL 내에 함유되어 있는 고도불포화 지방질의 산화에 의한 것으로서 동맥경화의 원인이 된다고 보고되어 있으며 (Esterbauer et al, 1992) 알파-토코페롤, flavonoid 및 ascorbate와 같은 항산화제는 LDL의 산화를 방지하는 효과가 있다고 보고되어 있다 (Esterbauer et al, 1991 ; Crastes et al, 1990). 본 연구에서 실험된 한약재 중에서 특히 가자는 21.55 $\mu\text{g/ml}$ 의 낮은 농도에서도 2배 이상의 항산화 효과를 발휘하는 것으로 확인되어 LDL 산화와 밀접한 관련이 있는 동맥경화 (Haberland et al, 1988) 등의 질환 예방이나 치료에 유용한 재료로 개발될 가능성이 매우 높다고 판단된다.

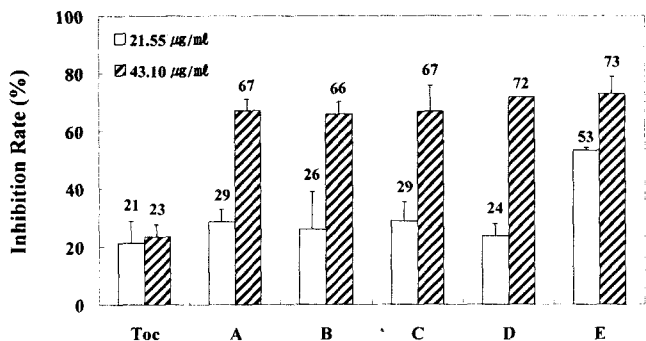


Fig. 2. Inhibition activity on LDL oxidation of medicinal plants. (Toc, α -tocopherol ; A, *Alpinia katsumadai* Hayata (seed) ; B, *Alpinia officinarum* Hance (rhizome) ; C, *Caesalpinia sappan* Linne (wood) ; D, *Sanguisorba officinalis* Linne (root/rhizome) ; E, *Terminalia chebula* Retz (fruit))

적 요

본 연구는 천연 항산화제를 찾아내기 위해 42종의 한약재를 대상으로 항산화능을 검색하였으며 그 결과 DPPH에 대해서는 가자, 소목, 지유, 복분자, 초두구 등이 Linoleic Acid 과산화에 대해서는 정향, 양강, 건강, 창이자, 괴화, 마두령, 초두구 등이 높은 항산화력을 나타내었다. 또한 DPPH에 대해 높은 소거활성을 보였던 가자, 소목, 지유, 복분자, 초두구 등의 LDL 산화에 대한 저해 효과를 실험한 결과 5가지 한약재 모두 알파

토코페롤보다 높은 효력을 나타내었다. 특히 가지는 실험된 42종의 한약재 중에서 DPPH 소거능 (3.08 $\mu\text{g/ml}$) 이 가장 높았으며 이 값은 알파-토코페롤의 13.52 $\mu\text{g/ml}$ 보다 4배 이상 높은 수치였고 LDL 산화 억제 효능에 있어서도 21.55 및 43.10 $\mu\text{g/ml}$ 의 농도에서 각각 53% 및 73%로서 알파-토코페롤의 21% 및 23%보다 2~3배 이상 높은 수치였다.

LITERATURE CITED

- Blois MS** (1958) Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 26 : 199
- Botsoglou NA, Fletouris DJ, Parageorgiou GE, Vassilopoulos VN, Mantis AJ, Trakatellis AG** (1994) Rapid, sensitive and specific thiobarbituric acid methods for measuring lipid peroxidation in animal tissues, food and foodstuffs. *J. Agric. Food Chem.* 42 : 1931
- Chen JH, Ho CT** (1997) Antioxidant activities of caffeic acid and its related hydroxycinnamic acid compounds. *J. Agric. Food Chem.* 45 : 2374-2378
- Choe SY, Yang KH** (1982) Toxicological studies of antioxidants, butylated hydroxy toluene (BHT) and butylated hydroxy anisole (BHA). *Korean J. Food Sci. Technol.* 14 : 283-288
- Choi U, Shin DH, Chang YS, Shin JI** (1992) Screening of natural antioxidant from plant and their antioxidative effect. *Korean J. Food Sci. Technol.* 24 : 142-148
- Chung IM, Kim KH, Ahn JK** (1998) Screening of Korean medicinal and food plants with antioxidant activity. *Korean J. Medicinal Crops Sci.* 6 : 311-322
- Crastes de P, Douste-Blazy L, Paoletti R (ed)** (1990) Free Radicals, Lipoproteins and Membrane Lipids. Plenum Press, New York. p. 239-247
- Esterbauer H, Martina DR, Striegl G, Waeg G** (1991) Role of vitamin E in preventing the oxidation of low-density lipoprotein. *Am. J. Clin. Nutr.* 53 : 314S-321S
- Esterbauer H, Gebicki J, Puhl H, Jrgens G** (1992) The role of lipid peroxidation and antioxidants in oxidative modification of low density lipoproteins. *Free Radical Biol. Med.* 13 : 341-390
- Evance CR, Halliwell B, Lunt GG** (1995) Free radicals and oxidative stress : environment, drugs and food additives. Portland Press, p. 1-31
- Frei B** (1994) Natural antioxidants in human health and disease. Academic Press, p. 25-55
- Haberland ME, Fong D, Cheng L** (1988). Malondialdehyde-altered protein occurs in atheroma of Watanabe heritable hyperlipidemic rabbits. *Science*. 241 : 215
- Halliwell B, Gutteridge JMC** (1985) Free radicals in biology and medicine. Oxford University Press, p. 147-154
- Haraguchi H, Hashimoto K, Yagi A** (1992) Antioxidative substances in leaves of *Polygonum hydropiper*. *J. Agric. Food Chem.* 40 : 1349-1351
- Lim DK, Choi U, Shin DH** (1996) Antioxidative activity of ethanol extract from Korean medicinal plants. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28 : 83-89
- Kim HK, Kim YE, Do JR, Lee YC, Lee BY** (1995) Antioxidative activity and physiological activity of some Korean medicinal plants. *Korean J. Food Sci. Technol.* 27 : 80-85
- Saleem M, Ahotupa M, Pihlaja K** (2001) Total phenolic concentration and antioxidant potential of extracts of medicinal plants of Pakistan. *Zeitschrift fur Naturforschung-Section C Journal of Biosciences* 56 : 973-978
- Solin ML, Ahola H, Haltia A, Ursini F, Montine T, Roveri A, Kerjaschki D, Holth fer H** (2001) Lipid peroxidation in human proteinuric disease. *Kidney International.* 59 : 481-487
- Sozmen EY, Tanyakin T, Onat T, Kufay F, Erlacin S** (1994) Ethanol-induced oxidative stress and membrane injury in rat erythrocytes. *European Journal of Clinical Chemistry and Clinical Biochemistry* 32 : 741-744
- Yang KS, Sim JM** (1997) Effect of *Arctii fructus* on low density lipoprotein oxidation. *Kor. J. Pharmacogn.* 28 : 275-279
- Yoshida T, Mori K, Hatano T, Okumura T, Uehara I, Komagoe K, Fujita Y, Okuda T** (1989) Studies on inhibition mechanism of autoxidation by tannin and flavonoids. V. Radical-scavenging effects of tannins and related polyphenols on 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical. *Chem. Pharm. Bull.* 37 : 1919-1921