

植物 phenolic compounds의 抗酸化性

최홍식, 이창용*

부산대학교 식품영양학과, *코넬대학교 식품과학 및 공학과

Antioxidative Characteristics of Plant Phenolic Compounds

Hong-Sink Cheigh and Chang Y. Lee*

Dept. Food Sci. and Nutrition, Pusan National University, Pusan, 609-735, Korea,

*Dept. Food Sci. and Technology, Cornell University, Geneva, NY, 14456, USA

1. 서 언

식품 특히, 우리가 섭취하고 있는 식품에 널리 존재하고 있는 phenolic compounds는 simple phenols과 phenolic acids, hydroxycinnamic acid derivatives 그리고 flavonoids 등의 세가지 종류들로 보통 나누고 있다. 이들은 다양한 식품영양학적 특성을 가지면서 아울러 여러가지 생물학적 활성을 지니고 있다. 생물학적 활성중에서도 우리에게 특별히 주목되는 것은 이들 물질들이 일정수준의 항산화성, 항돌연변이원성, 항암성을 지니고 있다는 사실이다.^{1~3)}

최근에 항산화 특성을 갖고 있는 물질들이 항돌연변이 원성 및 항암성을 아울러 지님으로 해서 이들의 상호 관련성, 기본 메카니즘, 그리고 이들 물질들의 탐색에 관한 연구가 대단히 활기를 띠고 있다. 많은 연구결과들은 항산화 물질들이 지니고 있는 radical scavenger로서의 기능과 peroxides 및 singlet oxygen 생성억제 능력 등이 결국 항돌연변이원성 및 항암성에 깊이 관여하고 있다고 보고하고 있다.^{1,2)} 따라서 식물조직에 함유되어 있는 이러한 성질을 갖고 있는 특정 phenolic compounds들에 관한 지속적인 연구와 이들의 식품 및 의약품으로의 적극적인 활용이 앞으로 기대된다. 더우기 이들은 여러가지 생물활성 물질중에서도 안전성에 문제가 적다고 생각되는, 천연물질이라는 점에서 더 큰 관심의 대상이 되고 있다.

본 총설에서는 식물성 phenolic compounds의 특성, 산화작용과 항산화작용, phenolic compounds의 항산화 메카니즘, 그리고 식물성 phenolic compounds들의 항산화능

등에 대하여 차례로 살펴 보고자 한다. 특히, 우리가 일상적으로 섭취하고 있는 식품에서의 이들 물질과 그들의 항산화성에 대한 최근 연구결과들을 중심으로 고찰하고자 한다.

2. 植物 phenolic compounds의 특성

식물에 존재하는 4000여종의 phenolic compounds들은 식품의 영양학적 그리고 관능적 특성에 직접적인 영향을 주고 있다. 뿐만아니라 이들은 의약학적 특성 및 독성 등의 다양한 기능을 지니고 있다. 여러가지 식물성 식품에 존재하는 이들 물질중에서 hydroxycinnamic acid는 각종 식물에 광범위하게 분포되어 있고 또 함유농도 역시 높다. 중요한 acids들에는 *P*-coumaric, caffeic, ferulic, cinapic acids들이 있으며, 유리상태보다는 simple esters 형태로 더 많이 존재하고 있다.⁴⁾ Flavone(2-phenylchromone)의 기본구조(Fig. 1 참조)를 지니고 있는 flavonoids는 3-C link의

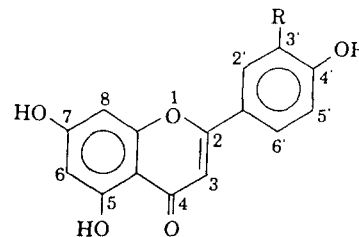


Figure 1. Flavons the basic structure of flavonoids.⁴⁾

산화양상에 따라 flavan-3-ols(catechins) 또는 3-hydroxy-flavones(querctetin과 같은 flavonols) 등이 있으며, 이외에 flavonones, anthocyanidins, chalcones 및 isoflavones들이 있다. 그리고 flavons 구조의 benzen rings에 치환된 hydroxyl, methoxyl, 기타 기능기의 종류와 수에 따라 다양한 물질이 존재하며, 또한 많은 종류의 flavone 및 flavonol의

glycosides 들이 알려져 있다. 그리고 simple phenols, hydroquinone derivatives들도 광범위하게 존재하고 있다.^{5,6)}

식물에 함유되어 있는 phenolic compounds 가운데 flavonoids 및 그 관련물질들은 여러가지 면에서 가장 중요한 것들이며, 이들의 상대적인 함유농도를 보면 Table 1과

Table 1. Relative concentration of flavonoids and related compounds in plant tissue¹⁵⁾

Tissue	Relative concentration
Fruit	Cinnamic acids>catechins~ leucoanthocyanins (flavan 3, 4-diols)>flavonols
Leaf	Flavonols~ cinnamic acids>catechins~ leucoanthocyanins>flavonols
Wood	Catechins~ leucoanthocyanins>flavonols>cinnamic acid
Bark	As wood but greater concentration

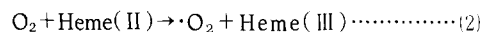
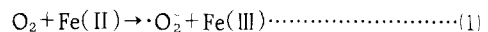
같다.^{7,15)} 과실에서는 cinnamic acids>catechins>leucoanthocyanins의 순위로, 잎부위에서는 flavonols>cinnamic acids>catechins의 순위로, 그리고 수목 및 그 껍질부에서는 catechins>leucoanthocyanins>flavonols 순위로 많이 함유되어 있다. 그러나 식물의 종류, 조직의 부위, 계절에 따라서 함유물질 및 함유량이 다르며, 품종 및 성숙도에 따라서도 다양한 양상을 나타내고 있다. 그리고 특수한 생물활성 특성을 지닌 물질들은 특정식물의 특정부분에 존재하고 있다. 예를 들면, sesaminol은 참깨기름 부분에 더 많이 함유되어 있고, quinnic acid esters들은 차잎에 많이 함유되어 있다.^{1,4,7)}

식물성 식품들에 함유되어 있는 이들 phenolic compounds들은 산화반응의 기질로 쉽게 이용되며, 공존하고 있는 여러가지 성분들인 환원당, 금속들, 단백질 그리고 다른 polyphenols들과 쉽게 반응한다. 또한 이들의 산화는 catechol oxidase, laccase, peroxidase 등의 효소들과 금속이온들에 의하여 촉진된다. *o*-Dihydroxyphenols들은 polyphenoloxidase에 의하여 *o*-quinones으로 산화되고 이것이 중합되어 갈색의 고분자 물질인 melanin이 된다. 어떤 종류의 phenolic compounds는 불포화지방산의 산화와 carotenoids의 cooxidation에 관여하는 효소인 lipoxygenase의 활성을 저

해하는 역할을 한다.^{4,7~9)}

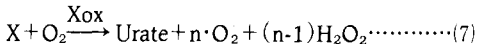
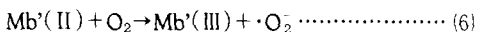
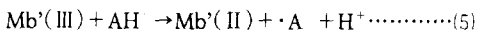
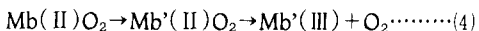
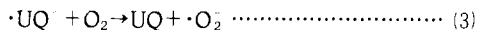
3. 지질 등의 산화와 free radicals 및 과산화물의 생성

지질의 산화반응은 free radical chain reaction으로 진행되며, 비교적 균질상태의 유지는 물론, 그렇지 않은 각종 micelles, liposomes, membranes들과 같은 불균일한 체계에도 일어나고 있다. 이 반응은 내재인자들(H₂O₂, LOOH)과 그 라디칼들($\cdot O_2$, LOO \cdot , $\cdot OH$, GS \cdot) 혹은 외적인자들(1O_2 , O₃, NO_x, SO₃, UV, ionizing radiation heat)에 의해 반응이 개시(LH→L \cdot +H \cdot)되며, 연쇄적으로 전파(L \cdot +O₂→LOO \cdot , LOO \cdot +LH→L \cdot +LOOH)된다. 그리고 반응개시 단계에 있어서 내재인자에 의해서 가장 쉽게 일어나는 유리 라디칼의 생성반응은 다음 (1), (2)반응과 같다.^{10,11)}



한편, superoxide radical은 다음 (3)의 반응식에서와 같이 hypoxic(isochemic) 조건에서 ubiquinone semiquinone radical을 통해서 생성되고 있는데, mitochondria가 이 반응에

관여한다고 알려져 있다. 그리고 어떤 특정의 조건에서 (4), (5), (6)의 반응식에서와 같이 myoglobin(Mb)에서, 또 (7)의 반응식에서와 같이 xathine oxidase(Xox)에 의해서도 생성된다.



생성된 superoxide radical은 다른 분자들과 다양하게 반응하며, superoxide dismutase에 의해서 hydrogen peroxide를 생성하기도 한다. 이 반응과 함께 다른 과정으로

부터 생성된 hydrogen peroxide는 금속이온(Fe, Cu)의 존재하에서 강력한 반응성을 지닌 hydroxy radicals 생성에 참여한다. 이에 관련된 잘 알려진 반응은 다음의 반응식(8)의 Harber-Weiss reaction 이다.



위 반응은 생체내에서 비교적 서서히 일어나지만 hydroxy radicals를 생성한다는 점에서 주목을 끌고 있다. Hydroxy radicals는 극히 반응성이 높으며 여러가지 생체성분들과 hydrogen abstraction, 이중결합이나 aromatic ring에 부가반응을 행함으로써 다양한 관련 화합물들의 유리 라디칼($\text{>C}\cdot$, $\cdot\text{S}\cdot$, $\text{>}\dot{\text{C}}-\text{C}\leq\text{OH}$, $-\text{N}-\dot{\text{C}}\leq\text{OH}$, $-\dot{\text{C}}_6\text{H}_5-\text{OH}$)들을 만든다. Table 2는 여러가지 종류의 반응기질에

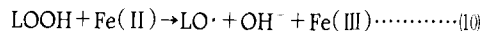
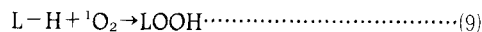
Table 2. Reaction rate constants for oxyl radicals with bio-related substrates in solutions at room temperature¹²⁾

Substrate, S	k(R·+S), M ⁻¹ s ⁻¹				
	ROO·	·O ₂ H	·O ₂	RO·	·OH
Stearic acid	10 ⁻³ ~10 ⁻⁴	low	low	2.3×10 ⁶	~10 ⁹
Oleic acid	0.1~1	low	low	3.3×10 ⁶	~10 ⁹
Linoleic acid	~60	1.2×10 ³	low	8.8×10 ⁶	9.0×10 ⁹
Linolenic acid	~120	1.7×10 ³	low	1.3×10 ⁷	7.3×10 ⁹
Arachidonic acid	~180	3.0×10 ³	low	2.0×10 ⁷	~10 ¹⁰
Aldehyde	2.7×10 ³	50	n.m. ^a	n.m.	~10 ⁹
GSH	<10 ⁵	1.8×10 ⁵	<15	n.m.	1.4×10 ¹⁰
BHT	10 ⁴	2.4×10 ³	n.m.	4×10 ⁷	~10 ¹⁰
BHA	2.6×10 ⁶	n.m.	n.m.	n.m.	~10 ¹⁰
QH ₂	1.2×10 ⁵	10 ⁴ ~10 ⁵	n.m.	n.m.	~10 ¹⁰
α-Tocopherol	5.7×10 ⁶	2.6×10 ⁵	6	n.m.	~10 ¹⁰
Ascorbate(AH ⁻)	2.2×10 ⁶	-	5.0×10 ⁴	n.m.	1×10 ¹⁰

^a n.m., not measured

대한 oxyl radicals의 reaction rate constants의 한 예를 보여 주고 있다.¹²⁾

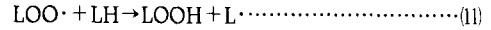
그리고 내외적 조건에 따라 여러가지 종류의 oxyl radical recombination이 일어나면서 singlet oxygen이 생성되고, 이는 다시 반응식(9)와 같이 지질의 과산화물(예: 5-α-cholesterol hydroperoxide) 생성에 직접 관여하여 있다. 그리고 생성된 과산화물은 반응식(10)과 같이 높은 반응성의 alkoxy radical(LO·) 등을 만든다



그리고 여러가지 외적요인들인 UV light, ionization radiation(X-ray, γ-ray, 고에너지 전자), 고온 등에 의하여 서로 각각 다른 종류의 라디칼을 만든다.^{10,13,14)}

전파단계에 있어서 지질의 산화반응은, 비교적 반응성이 높은 peroxy radicals, fatty acid radicals 및 산소의 존재와, 결합력이 약한 allylic 및 bisallylic C-H bonds의 존재로

인하여 연쇄적으로 진행된다. 불포화지방산(LH)의 경우 분자내 가장 약한 C-H bonds가 공격을 받게 되며, LOO· 라디칼과의 반응 예를 들면 반응식 (1)과 같이 진행된다.



이와 같은 일련의 반응을 linoleic acid의 예를 들어 보면 Fig. 2와 같다. 그리고 생체내에서 일어나는 catecholamine,

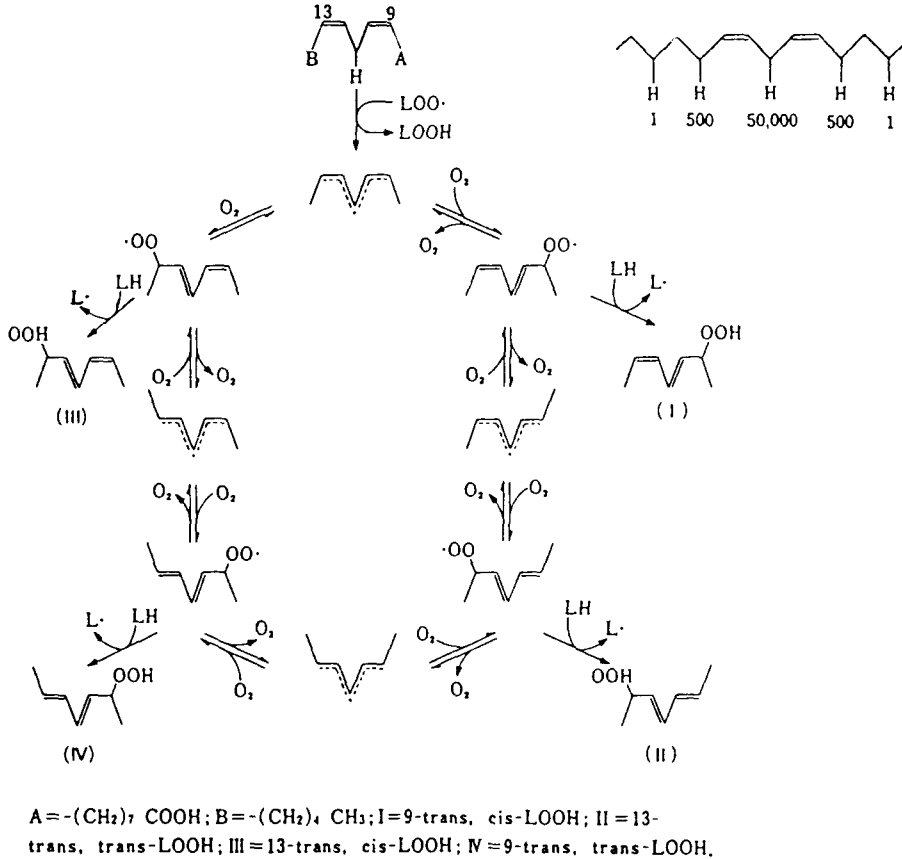


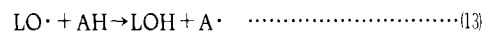
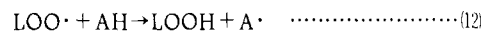
Figure 2. Peroxidation mechanism of linoleic acid (LH) and relative reactivity of its C-H bond with peroxy radical.²⁷⁾

thiols, quinones 등의 자동산화, oxyhemoglobin 및 myoglobin의 redox reactions, 활성산소에 대한 xanthine oxidase, NADPH oxidase 등의 작용, NADH-cytochrome P-450 reductase의 작용들과 지질의 과산화 메카니즘을 살펴보면 Fig. 3과 같다.^{16,17)}

4. Phenolic compounds의 항산화 메카니즘

항산화 작용의 기본 메카니즘은 주로 다음과 같이 세가

지로 설명되고 있다. 즉, i) free radical terminator로서의 작용, ii) oxygen scavenger 또는 peroxide decomposer로서의 작용 그리고 iii) synergists(metal chelator 또는 reducing agents)로서의 작용이다.^{2,3)} Free radical terminator의 역할을 하는 phenolic compounds(AH)는 hydrogen atom donor로서, 생성된 peroxy radical이나 alkoxy radical 등과 다음 반응식 (12), (13), (14), (15)와 같이 반응한다.



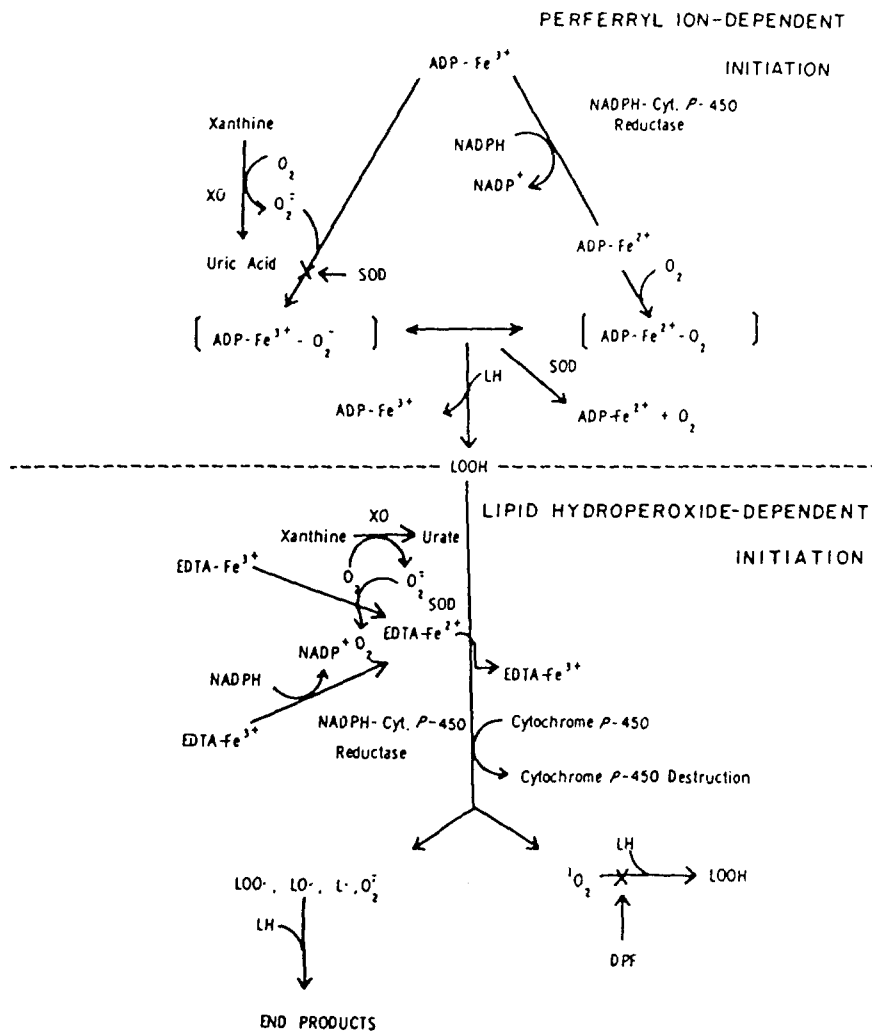
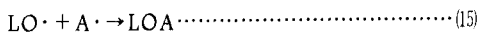
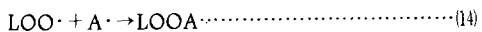


Figure 3. Proposed mechanism of lipid peroxidation *in vivo*.²⁸⁾



이 반응은 exothermic reaction이며 A-H 혹은 L-H 결합의 dissociation energy가 증가할 때 커진다. 그리고 반응으로 생성된 phenoxy radical (A·)은 지질 등과 반응하여 새로운 라디칼을 만들지 못하며, 연쇄반응에 직접 관여하지 않는다. AH는 수소 또는 전자 공여성을 지니면서 그 자신은 radical intermediary로서, Fig. 4에서와 같이 상대적으로 안정한

특정 공명현상을 나타낸다.^{2,3,10)}

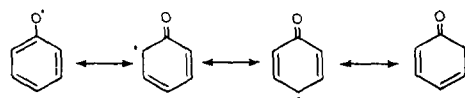


Figure 4. Delocalization of unpaired electrons around the aromatic rings in phenolic compounds.³⁾

화학구조면에서 볼 때, phenol은 활성이 거의 없고 *ortho*- 혹은 *para*- 위치에 있는 hydrogen atoms를 alkyl groups으로 치환했을 때 비로소 지질의 라디칼들과 반응성이 높아진다. 그리고 *para*-위치에 ethyl 혹은 *n*-butyl groups가 치환되었을 때 AH의 활성이 더 커진다. 또한, phenol의 hydroxy

group에 있어서 *ortho*- 또는 *para*- 위치에 second hydroxy group이 도입된 것은 항산화성이 더 증대된다.¹⁸⁾

Phenolic compounds로서 천연 항산화제의 하나인 tocopherols(AH₂)의 항산화 활성은 주로 Fig. 5에서 보는 바와 같이 tocopherol-tocopheryl quinone redox system에 의존

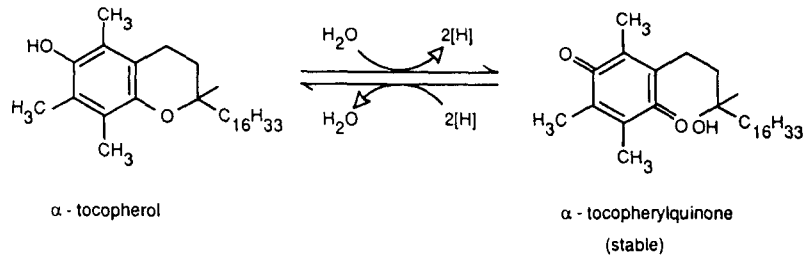
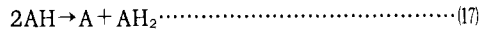
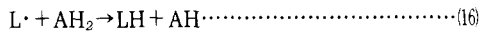


Figure 5. α -Tocopherol, α -tocopheryl quinone redox system.¹⁹⁾

된다. 이때 AH₂는 radical scavenger로서의 역할을 하고 그 자신은 tocopheryl semiquinone radicals가 되었다가, 안정한 tocopheryl quinone으로 전환된다(다음 반응식 (16), (17) 참조).¹⁹⁾



Phenolic compounds들이 지니고 있는 산화억제 기능의 다른 중요한 요인은 metal chelation에 의한 synergistic effect이다. Metal chelation은 보통 α -ring이 수산화된 3-hydroxy, 4-keto group에서 또는 5-hydroxy, 4-keto group에서 일어난다. 그러나 이는 2차적인 보조역할이지, 사실상의 항산화능은 앞에서 설명한 free radical scavenger에 의하여 이루어진다.¹⁵⁾

한편, 일부 phenolic compounds가 polyphenoloxidase에 의하여 촉매되어 생성된 고분자물질의 melanins 역시 과산화물 생성억제, 수소공여성 그리고 synergistic effect 등의 다양한 항산화작용 특성을 지니고 있음이 알려지고 있다.^{20~}

23)

5. 식물 phenolic compounds의 항산화능

여러가지 종류의 phenolic compounds들이 지니고 있는 항산화능의 한 예를 들어 보면 Table 3 및 4와 같다. Flavo-

nes, flavonols, flavonones, flavanonals, cinnamic acid 등이 대부분은 lipid aqueous system 또는 lipid system에서 강한 항산화성을 나타내고 있다. 이들은 화학적 구조에 따라 다양한 항산화능을 갖고 있으며, 각종 식물에 널리 존재하고 있는 물질들이다.¹⁵⁾

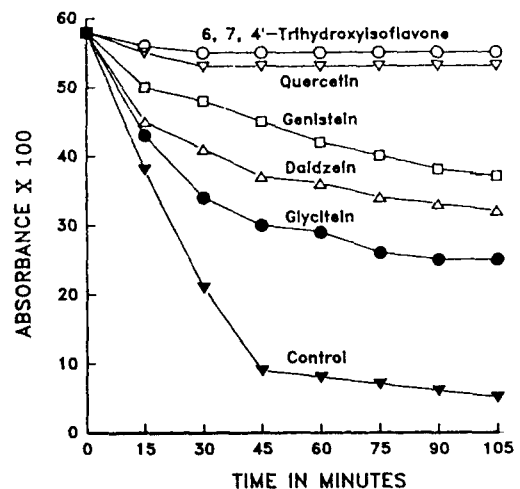


Figure 6. Antioxidant activity of soybean isoflavon (each $5 \times 10^{-4} M$).¹⁵⁾

(Measured by the bleaching time of β -carotene)

Table 3. Antioxiant activity of some flavonoids and related compounds¹⁵⁾

Compound ^a	Hours to reach a peroxide value of 50
Control(Stripped corn oil)	110
Hesperidin methyl chalcone	135
D-catechin	410
Chlorogenic acid	505
Caffeic acid	495
Quinic acid	105
Propyl gallate	435
p-Comaric acid	120
Ferrulic acid	145

^a5 × 10⁻⁴M in stripped corn oil.

Table 4. Antioxidate activity of some flavones¹⁵⁾

Compound ^a	Hrs to reach a peroxide value of 50
Control(stripped corn oil)	105
Aglycones :	
Quercetin (3, 5, 7, 3', 4'-pentahydroxy)	475
Fisetin (3, 7, 3', 4'-Tetrahydroxy)	450
Myricetin (3, 5, 7, 3', 4', 5'-Hexahydroxy)	552
Robientin (3, 7, 3', 4', 5'-Pentahydroxy)	750
Rhamnetin (3, 5, 3', 4'-Tetrahydroxy 7-Methoxy)	375
Glycosides :	
Quercitrin (Quercetin 3-Rhamnoside)	475
Rutin (Querecetin 3-Rhamnoglucoside)	195

^a5 × 10⁻⁴ M in stripped corn oil

콩에 함유되어 있는 항산화 성분들 중에 isoflavone glycosides 및 그 유도체들은 높은 항산화능을 지녔으며 isoflavones 중에 특히, 6, 7, 4'-trihydroxyisoflavone이 높다(Fig. 6 참조). 그리고 soybean quercetin, chlorogenic acid, caffeic acid, ferulic acid들도 모두 항산화능이 크며, 이러한 물질들은 콩류외에 다른 종실류에도 함유되어 있다.^{3,15)} 곡물류에도 다양한 phenolic compounds들이 존재하며, 특히 주목을 받고 있는 것은 C-glycosyl flavonoid인 isovitexin이다. 이 물질의 항산화능은, phenolic compounds 중에서 중요한 항산화제로 잘 알려진 α -tocopherol과 같은 수준이다.²⁴⁾ 참깨에 함유된 항산화 물질로는 sesamol, sesamol인들이며, 3,4-methylenediphenoxy phenol의 구조를 가진 sesamol은 강력한 합성 항산화제인 butylated hydroxyanisole(BHA)과 같은 수준의 항산화능을 지니고 있다.²⁵⁾ 녹차에 함유되어 있는 여러가지 종류의 catechins는 항산화능을 가진 대표적인 것으로, 이들의 항산화 활성은 (-)-epicatechin<(-)-epicatechin gallate<(-)-epigallocatechin<(-)-epigallocatechin gallate의 순위라고 한다.²⁶⁾ 기타 로즈매리 잎에서 rosmaridiphenol 등을 포함해서 많은 phenolic compounds들이 항산화 물질들로 알려져 있다.¹⁵⁾

6. 결 언

천연 항산화물질 특히, 잘 알려진 식물성 식품에 함유된 phenolic antioxidants들은 그 자체가 갖는 기능성의 특성과 안전성이라는 관점에서 많은 사람들이 계속적으로 관심을 갖게 될 것으로 사료된다. 더우기 이러한 물질들은 식품 및 생체내에서 일차적으로 항산화 작용에 관여하고, 더 나아가 노화과정, 돌연변이 및 발암과정에 직접 혹은 간접으로 깊이 관련하고 있음이 계속 보고되고 있다.

본 총설에서는 plant phenolic antioxidants들의 생성, 화학적 특성, 항산화 메카니즘, 항산화능에 대하여 살펴 보았다. 그러나 이 분야는 아직도 많은 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다. 특히, 이러한 물질들의 탐색·분리·확인·항산화성·작용 메카니즘·생체내 작용과 대사·노화방지 특성·항돌연변이원성·항암성·안전성 등에 대한 연구가 총체적으로 성취되어야 할 것으로 사료된다. 앞으로 이러한 연구가 적극적으로 수행됨으로써, 관련 물질들이 식품, 의약품, 사료산업에 널리 활용될 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. Ho, C. T., In *Phenolic Compounds in Food and Their Effects on Health(I), Analysis, Occurrence, & Chemistry*, Ho, C. T., Lee, C. Y., and Huang, M. T.(Eds.), pp 2-7, Am. Chem. Soc., Washington, DC (1992).
2. Namiki, M., *Critical Reviews in Food Sci. Nutr.*, **29**, 273-300(1990).
3. Shahidi, F. and Wanasundara, P. K. J. P. D., *Critical Reviews in Food Sci. Nutr.*, **32**, 67-103(1992).
4. Lee, C. Y., In *Encyclopedia of Food Science and Technology*, Hui, Y. H.(Ed.), pp. 2055-2061, John Wiley & Sons Inc., New York(1991).
5. Herrmann, K., *Critical Reviews in Food Sci. Nutr.*, **28**, 315-347(1989).
6. Harborne, J. B. and Williams, C. A., In *The Flavonoids*, Harborne, J. B.(Ed.), pp. 303-328, Chapman and Hall, London(1988).
7. Pierpoint, W. S., In *Annual Proceedings of the Phytochem. Soc. of Europe*, Vol. 25, Van Sumere and Lea, P. L.(Eds.), pp. 427-451, Clarendon Press, Oxford (1985).
8. Oszmianski, J. and Lee, C. Y., *J. Agric. Food Chem.*, **39**, 1050-1055(1991).
9. 김혜경, 최홍식, 생명과학, **2**, 91-96(1992).
10. Simic, M. G., Jovanovic, V., and Niki, E., In *Lipid Oxidation in Food*, Angelo, A. J. S.(Ed.), pp. 14-32, Am. Chem. Soc., Washington, DC(1992).
11. Simic, M. G., Tayler, K. A., Ward, J. F., and Von Sonntag, C.(Eds.). *Oxygen Radicals in Biology and Medicine*, Plenum Press, New York(1988).
12. Simic, M. G., *J. Environ. Sci. Health*, **C9**, 113-153 (1991).
13. Giamalva, D. H., Church, D. F., and Pryor, W. A., *J. Am. Chem. Soc.*, **108**, 6646-6651(1986).
14. Doleiden, F. H., Fahrenholtz, S. R., Lamola, A. A., and Trozzolo, A. M., *Photochem. Photobiol.*, **20**, 519-521 (1974).
15. Pratt, D. E., In *Phenolic Compounds in Food and Their*

- Effects on Health(II), Antioxidants and Cancer Prevention*, Huang, M. T., Ho, S. T., and Lee, C. Y.(Eds.), pp. 54-71, Am. Chem. Soc., Washington, DC (1992).
16. Fong, K. L., McCay, P. B., Poyer, J. L., Keele, B. B., and Misra, H., *J. Biol. Chem.*, **248**, 792-798 (1973).
 17. Gunstone, F. D. and Morris, F. A., *Lipids in Foods : Chem. Biochem. and Technol.*, Pergamon Press, Oxford (1983).
 18. Gordon, M. H., In *Food Antioxidants*, Hudson, B. J. F.(Ed.), p. 1, Elsevier, Amsterdam(1990).
 19. Schuler, P., In *Food Antioxidants*, Hudson, B. J. F.(ed.), p. 185, Elsevier, Amsterdam(1990).
 20. 최홍식, 이창용, 한국영양식량학회지, **23**, (1993), (인쇄중).
 21. 최홍식, 이정수, 문갑순, 박건영, 한국식품과학회지, **22**, 322-337(1990).
 22. 박건영, 이은숙, 문숙희, 최홍식, 한국식품과학회지, **21**, 419-424(1989).
 23. Omura, H., Sonda, T., Asada, Y., Inatomi, Y., and Tachibana, H., *Japanese J. Food Sci. Technol.*, **22**, 387-394(1975).
 24. Ramarathnam, N., Osawa, T., Namiki, M., and Kawakishi, S., *J. Agric. Food Chem.*, **37**, 316-321 (1989).
 25. Lyon, C. K., *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **49**, 245-250 (1972).
 26. Matsuzaki, T. and Hara, M., *Nippon Nogeikagaku Kai Shi*, **59**, 129-134(1985).
 27. Niki, E. and Shimazaki, E., *Kassei Sanso*(active oxygen), Ishiyaku Shuppan, Tokyo(1979).
 28. Aust, S. D. and Svingen, B. A., In *Free Radicals in Biology*, Vol. 5, Pryor, W. A.(Ed.), p. 1, Academic Press, Orlando(1982).

광고 모집

본 연구회에서 연간 4회 발행하는 생명과학지는 지역사회의 학문발전과 산업계의 발전을 동시에 촉진시킬 매체로 성장할 것으로 확신하고 있습니다.

또한 생명과학지는 부산지역의 관련분야에 종사하고 있는 모든 연구자들을 대상으로 배부될 예정이오니 광고효과도 지대할 것으로 생각합니다. 회원여러분과 관련 기업체, 단체 및 연구소의 적극적인 협조를 바랍니다.