

## 느릅나무 추출물의 항산화 효과 및 아질산염 소거능

이영주 · 한준표<sup>†</sup>

대구가톨릭대학교 식품공학과

### Antioxidative Activities and Nitrite Scavenging Abilities of Extracts from *Ulmus davidiana*

Young-Joo Lee and Joon-Pyo Han<sup>†</sup>

Dept. of Food Science and Technology, Catholic University of Taegu, Kyungsan 713-702, Korea

#### Abstract

To measure antioxidative activities, the various extracts from *Ulmus davidiana* were examined in oil emulsion. Water, ethanol, methanol and butanol were used as extract solutions. The active oxygen species ( $H_2O_2$ ,  $\cdot OH$ ,  $KO_2$ ) bound the extracts for antioxidative activities were excellent. The extracts bound  $Fe^{2+}$  ion and  $Cu^{2+}$  ion showed effective antioxidative activities and strong chelating effects. The concentrations of  $Fe^{2+}$  ion and total iron in ethanol and methanol extracts from *Ulmus davidiana* root parts (Chinese) were higher than those of the other products. The highest superoxide dismutase-like activities showed butanol extracts from *Ulmus davidiana* root parts (Chinese) and water extracts from *Ulmus davidiana* bark parts (Korean). Electron donating abilities and nitrite scavenging abilities of ethanol, methanol and butanol extracts were higher than those of water extracts. The nitrite scavenging abilities also reached the maximum at pH 1.2 and the minimum at pH 6.0.

**Key words:** *Ulmus davidiana* extracts, antioxidative ability, nitrite scavenging ability

#### 서 론

식용 유지나 지방질 식품은 가공 및 저장 중에 여러 가지 원인에 의해 불쾌한 냄새, 맛을 내거나 독성을 나타 내기도 하며, 이런 유지의 변질은 주로 자동산화에 의해 일어나고 있다. 또한 생체 내에서 산화와 관련된 현상으로 인식되고 있는 노화의 원인 중에 하나로 산소에서 유래되는 superoxide anion radical, hydroxy radical, singlet oxygen 및  $H_2O_2$  등의 활성산소의 역할이 대두되어 이들의 제거에 대한 관심이 높아지고 있다(1). 활성산소는 강한 산화력이 있어 세포막 분해, 단백질 분해, 지방 산화, DNA 합성 억제, 광합성 억제, 엽록체 파괴 등 생체 내에서 심각한 생리적인 장애를 유발한다(2,3) 이러한 활성산소와 free radical 생성을 방지하기 위해 사용하는 항산화제는 tocopherol류, BHT(butylated hydroxytoluene), BHA(butylated hydroxyanisole), PG(propyl gallate), TBHQ(tertiarybutyl hydroxy quinone), ascorbic acid 등이 있으며(4), 그 중 항산화 효과가 뛰어난 BHT와 BHA는 변이원성 및 독성이 지적되어(5) 현재는 그 사용량이 격감되는 실정이다. 따라서 유지의 안전성과 관능상 문제가 되지

않는 우수한 효과가 있는 천연 항산화제 개발을 위해 많은 연구가 꾸준히 시도되고 있다. 천연 항산화제는 대부분 식물기원의 항산화성 화합물로서 나무, 수피, 줄기, 잎, 뿌리, 열매, 씨앗 등 모든 부분에서 존재하고 있으며(6,7), 이들에 관한 연구로는 더덕(8), 검은깨(9), 불나무(10), 알로에(11), 대두(12,13), 오미자(14), 버섯류(15,16), 솔잎(17-19), 구지뽕나무(20) 등에서 항산화력이 밝혀졌다.

본 실험에 사용한 느릅나무(*Ulmus davidiana* var. *japonica* Nakai)는 코르크층의 수피와 근피를 벗겨 건조시킨 것으로서, 예로부터 수종, 임질, 유선염, 소변불통, 늑막염에 복용하였으며, 외용으로는 환부에 붙여 소염제로 이용하여 왔다(21). 느릅나무에 관한 연구로는 Hong 등(22,23)의 약효성분, 진통, 소염 등 약리효과, Lee 등(24), Park 등(25) 항균효과에 관한 보고는 있었으나 항산화 및 아질산염 소거능에 대한 연구는 아직 미비한 실정이다. 따라서 본 연구는 느릅나무 수피(한국산), 근피(한국산, 중국산)로부터 항산화 물질 추출을 목적으로 여러 종류의 용매를 사용하여 각 용매별 추출물의 활성 산소종 및 금속이온 첨가에 따른 항산화능과 전자공여능 및 아질산염 소거능을 부위별로 측정하여 비교 검토하였다.

<sup>†</sup>To whom all correspondence should be addressed

## 재료 및 방법

### 느릅나무 수피, 근피 추출물의 조제

분쇄한 느릅나무 수피(한국산), 근피(한국산, 중국산)는 물, 에탄올, 메탄올 및 부탄올로 각각 추출하였다. 물 추출물은 1:200(w/v)로 100°C mantle heater에서 3시간 추출하고, 에탄올, 메탄올, 그리고 부탄올은 1:10(w/v)이 되게 하여 상온에서 24시간 정치시킨 후 Whatman(No. 2) 여과지로 여과한 후 잔사를 반복 추출하였다. 이것을 회전증발기로 감압농축시킨 후 동결건조하여 시료로 사용하였다.

### Oil emulsion 조제

Oil emulsion은 사용하기 직전에 만들고 pH 6.5로 보정한 0.1 M maleic acid buffer, 8 mL를 넣고 50  $\mu$ L의 Tween-20과 0.5 mL의 fish oil을 넣고 15분간 교반한 후 KOH 2~3조각을 넣고 교반하면서 0.1 N HCl로 pH 6.5가 되도록 제조하였다(17).

### 반응 시료 조제

산소종 시료는 40 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 40 mM potassium superoxide (KO<sub>2</sub>), 50 ppm FeCl<sub>2</sub>, 40 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>+50 ppm FeCl<sub>2</sub>(·OH), 50 ppm CuSO<sub>4</sub>로 제조하였다(17).

Oil emulsion 0.5 mL에 산소종 시료 0.1 mL, 각 추출물 0.1 mL 가하고 증류수로 전체가 1 mL이 되게 조정하여 실험에 사용하였다.

### Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) 분석

Buege와 Aust의 방법(26)에 따라 1 mL 반응혼합물이 채워진 시험관을 37°C water bath에서 1시간 동안 반응시켰다. 반응이 끝나자마자 7.2% BHT 50  $\mu$ L를 시료에 가하여 산화반응을 정지시키고, TCA/TBA 시약 2 mL를 가하여 끓는 물에서 15분간 가열시킨 후, 냉수에서 식힌 후 2000×g의 속도로 15분간 원심분리시켰다. 상등액을 531 nm에서 측정하였고, 콩시료는 시료 대신에 증류수를 가하여 동일한 방법으로 측정하였다. TBARS값은 L 반응혼합물에 대해서 mg malondialdehyde(MDA)로 표시하였다

### Nonheme iron(비헴 철) 측정

Ferrozine iron 분석 방법(27)을 약간 수정하여 측정하였다. Total iron 분석을 위해서 1 mL 시료를 사용하였고, 여기에 2% ascorbic acid (w/v) 0.1 mL를 가한 후 실온에서 5분간 반응시킨 후 11.3% TCA (w/v) 1 mL를 가하고 섞은 후 10% ammonium acetate 0.8 mL와 0.2 mL ferrozine color reagent 가한 후 562 nm에서 측정하

였다. Ferrous iron (Fe<sup>2+</sup>) 분석도 ascorbic acid 대신에 0.1 mL TCA를 가한 후 동일한 방법으로 실시하였다

### 전자공여능 측정

Biois의 방법(28)을 변형하여 측정하였다. 각 시료 2 mL에 2×10<sup>-4</sup> M DPPH 10 mL를 넣고 30분간 방치 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여능은 100 - [(시료 첨가구의 흡광도/무 첨가구의 흡광도)×100]으로 나타내었다.

### Superoxide dismutase (SOD) 유사활성 측정

Marklund와 Marklund의 방법(29)에 따라 각 시료 0.2 mL에 pH 8.5로 보정한 Tris HCl buffer 3 mL와 7.2 mM pyrogallol 0.2 mL를 가하고 25°C에서 10분간 방치 후 1 N HCl 1 mL로 반응 정지시킨 후 420 nm에서 측정하여 100 - [(시료 첨가구의 흡광도/무 첨가구의 흡광도)×100]으로 나타내었다.

### 아질산염 소거능 측정

Kato 등의 방법(30)으로 1 mM NaNO<sub>2</sub> 용액 2 mL에 각 시료 1 mL를 가하고 0.1 N HCl (pH 1.2), 0.2 M 구연산 완충액(pH 3.0, 6.0)으로 각각 pH 1.2, 3.0, 6.0으로 보정한다. 다음 반응 용액의 부피를 10 mL로 하였다. 이 용액을 37°C에서 1시간 반응시킨 후 각 반응액 1 mL를 취해 2% 초산용액 2 mL와 30% 초산용액으로 용해한 griss reagent 0.4 mL를 가한 후 실온에서 15분 방치 후 520 nm에서 측정하였다. 아질산염 소거능은 100 - [(시료 첨가구의 흡광도/무 첨가구의 흡광도)×100]으로 나타내었다.

### 통계분석

실험 결과의 평균치 간의 유의성은 SPSS PC+를 이용하여 Duncan's multiple range test에 의해 결정하였다.

## 결과 및 고찰

### 느릅나무 수피, 근피 용매별 추출물이 지방산화(TBARS)에 미치는 영향

Oil emulsion 상태에서 반응한 활성 산소종과 느릅나무 수피(한국산), 근피(한국산, 중국산) 각 용매 추출물 0.05% 첨가에 따른 영향을 TBARS로 측정하였다(Table 1,2). H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 첨가에 대한 추출물의 영향은 대조구 0.858 mg MDA/L에 비해 모두 낮은 TBARS 값을 나타내었다 BHT는 0.206 mg MDA/L으로 가장 항산화력이 우수하였고, 근피(한국산, 중국산)의 경우 물 추출물보다 다른 용매 추출물군에서 항산화력이 높았으며, 특히 한국산 근피는 부탄올 추출물이, 중국산 근피는 메탄올 추출물이 높은 항산화 활성을

**Table 1. Effect of *Ulmus davidiana* (root) extracts reacted with active oxygen species and metal iron on lipid oxidation in oil emulsion**

Sample <sup>2)</sup>	Element <sup>1)</sup>				
	KO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	·OH	Fe <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>
TBARS (mg MDA/L reaction mixture)					
CON	0.47 ± 0.01 <sup>3)4)</sup>	0.86 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.87 ± 0.02 <sup>f</sup>	2.50 ± 0.02 <sup>e</sup>	0.93 ± 0.01 <sup>f</sup>
BHT	0.06 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.21 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.26 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.15 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.12 ± 0.01 <sup>a</sup>
AHK	0.23 ± 0.00 <sup>af</sup>	0.55 ± 0.00 <sup>c</sup>	0.43 ± 0.02 <sup>cd</sup>	0.58 ± 0.02 <sup>e</sup>	0.46 ± 0.01 <sup>d</sup>
AEK	0.21 ± 0.00 <sup>d</sup>	0.28 ± 0.00 <sup>b</sup>	0.42 ± 0.01 <sup>cd</sup>	0.37 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.56 ± 0.00 <sup>e</sup>
AMK	0.24 ± 0.00 <sup>f</sup>	0.33 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.46 ± 0.00 <sup>c</sup>	0.40 ± 0.01 <sup>c</sup>	0.44 ± 0.01 <sup>cd</sup>
ABK	0.18 ± 0.00 <sup>c</sup>	0.27 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.30 ± 0.00 <sup>b</sup>	0.48 ± 0.02 <sup>d</sup>	0.45 ± 0.00 <sup>cd</sup>
BHC	0.24 ± 0.00 <sup>f</sup>	0.62 ± 0.01 <sup>f</sup>	0.40 ± 0.01 <sup>c</sup>	0.66 ± 0.00 <sup>f</sup>	0.33 ± 0.00 <sup>b</sup>
BEC	0.22 ± 0.01 <sup>de</sup>	0.33 ± 0.00 <sup>c</sup>	0.44 ± 0.02 <sup>de</sup>	0.46 ± 0.00 <sup>d</sup>	0.43 ± 0.02 <sup>cd</sup>
BMC	0.23 ± 0.00 <sup>cd</sup>	0.29 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.42 ± 0.01 <sup>cd</sup>	0.49 ± 0.02 <sup>d</sup>	0.43 ± 0.01 <sup>c</sup>
BBC	0.14 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.37 ± 0.01 <sup>d</sup>	0.28 ± 0.01 <sup>ab</sup>	0.37 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.44 ± 0.02 <sup>cd</sup>

<sup>1)</sup> 4 mM KO<sub>2</sub>; 4 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>; ·OH, 5 ppm FeCl<sub>2</sub>-4 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>; 5 ppm FeCl<sub>2</sub>; 5 ppm CuSO<sub>4</sub> (final concentration)

<sup>2)</sup> CON: Control, BHT: 0.02% added, AHK: *Ulmus davidiana* (root, Korean) hot water extracts, AEK: *Ulmus davidiana* (root, Korean) ethanol extracts, AMK: *Ulmus davidiana* (root, Korean) methanol extracts, ABK: *Ulmus davidiana* (root, Korean) butanol extracts, BHC: *Ulmus davidiana* (root, Chinese) hot water extracts, BEC: *Ulmus davidiana* (root, Chinese) ethanol extracts, BMC: *Ulmus davidiana* (root, Chinese) methanol extracts, BBC: *Ulmus davidiana* (root, Chinese) butanol extracts.

<sup>3)</sup> Values are the mean ± standard deviation of duplicate experiments

<sup>4)</sup> Means in the same column bearing different superscript are significantly different (p < 0.05)

**Table 2. Effect of *Ulmus davidiana* (bark) extracts reacted with active oxygen species and metal iron on lipid oxidation in oil emulsion**

Sample <sup>2)</sup>	Element <sup>1)</sup>				
	KO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	·OH	Fe <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>
TBARS (mg MDA/L reaction mixture)					
CON	0.47 ± 0.01 <sup>3)4)</sup>	0.86 ± 0.01 <sup>d</sup>	0.87 ± 0.02 <sup>f</sup>	2.50 ± 0.02 <sup>e</sup>	0.93 ± 0.01 <sup>d</sup>
BHT	0.06 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.21 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.26 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.15 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.12 ± 0.01 <sup>a</sup>
CHK	0.13 ± 0.00 <sup>b</sup>	0.54 ± 0.02 <sup>c</sup>	0.32 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.56 ± 0.01 <sup>d</sup>	0.44 ± 0.02 <sup>c</sup>
CEK	0.22 ± 0.01 <sup>e</sup>	0.27 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.38 ± 0.00 <sup>b</sup>	0.37 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.39 ± 0.02 <sup>b</sup>
CMK	0.20 ± 0.00 <sup>d</sup>	0.27 ± 0.00 <sup>b</sup>	0.36 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.45 ± 0.02 <sup>c</sup>	0.41 ± 0.00 <sup>c</sup>
CBK	0.18 ± 0.01 <sup>c</sup>	0.22 ± 0.01 <sup>d</sup>	0.28 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.44 ± 0.01 <sup>c</sup>	0.42 ± 0.00 <sup>bc</sup>

<sup>1)</sup> Abbreviations are the same as Table 1.

<sup>2)</sup> CON: Control, BHT: 0.02% added, CHK: *Ulmus davidiana* (bark, Korean) hot water extracts, CEK: *Ulmus davidiana* (bark, Korean) ethanol extracts, CMK: *Ulmus davidiana* (bark, Korean) methanol extracts, CBK: *Ulmus davidiana* (bark, Korean) butanol extracts.

<sup>3)</sup> Values are the mean ± standard deviation of duplicate experiments.

<sup>4)</sup> Means in the same column bearing different superscript are significantly different (p < 0.05).

나타내었다. 수피는 추출물 모두 높은 활성을 보였고 특히, 부탄올 추출물은 BHT와 활성이 거의 유사하였다 활성 산소종 중 지방산화를 일으키고, 노화를 촉진하는 역할을 하는 hydroxy radical(·OH)에 대한 영향을 보면 대조구에 비해 근피, 수피 각 용매 추출물군이 hydroxy radical(·OH) 과의 높은 포집능으로 항산화력을 나타내었고, 그중 부탄올 추출물군에서 가장 높은 활성을 보였으며, 부위로는 수피 부위가 우수한 포집능을 보였다 KO<sub>2</sub>에 대한 결과도 대조구 0.468 mg MDA/L로 다른 추출물군과 비교할 때 수피(한국산) 물 추출물, 근피(중국산) 부탄올 추출물이 각각 0.132, 0.120 mg MDA/L로 높은 항산화 활성을 나타내었다.

Fe<sup>2+</sup>이온에 의한 지방 산화 정도는 추출물의 Fe<sup>2+</sup>이온에 대한 결합능이 우수할수록 높은 항산화 활성을 나타내며, Fe<sup>2+</sup>이온은 그 자체가 강한 지방 산화 촉진작용을 나타낸다. 따라서 느릅나무 각 용매 추출물의 Fe<sup>2+</sup>이온에 대한 결합능은 대조구보다 모두 우수하여 높은 항산화 활성을 보였다. 특히 한국산 근피, 수피 에탄올 추출물의 경우 각각 0.366, 0.374 mg MDA/L로 가장 높은 항산화 효과를 나타내었다 이는 Kim 등(19)의 솔잎, 자초 에탄올 추출물이 Fe<sup>2+</sup>이온에 대한 TBARS 값이 각각 0.33, 0.32 mg MDA/L로 우수한 항산화 효과를 보였다는 결과와 일치하였다. Cu<sup>2+</sup>이온의 경우도 대조구에 비해 Cu<sup>2+</sup>이온과 근피, 수피 각 추출물군 모두 강한 결합능으로

높은 항산화력을 나타내었다.

**비헴 철 함량**

Fe<sup>2+</sup>와 Fe<sup>3+</sup>에 의한 과산화 정도는 Fe<sup>2+</sup>와 Fe<sup>3+</sup>이 1:1 일 때 최고로 나타난다는 보고(31)와 Fe<sup>2+</sup>에 의해 생성된 산소 라디칼은 H<sup>+</sup>이온과 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>를 형성하고 이들은 지질 과산화를 일으킬 수 있다는 보고(32)가 있어 추출물의 iron 함량을 측정하는 것은 중요하다.

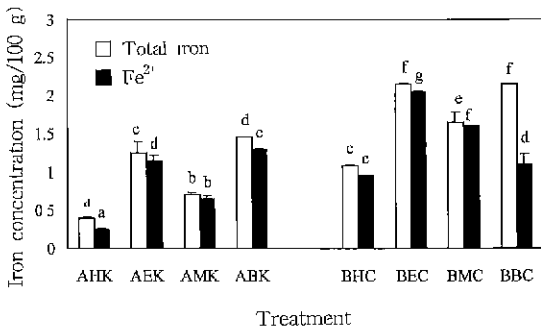
따라서 지방 산화 촉진작용을 갖는 ferrous ion(Fe<sup>2+</sup>)과 total iron 함량을 조사한 결과는 Fig. 1, 2와 같다. 각 추출물에 함유된 Fe<sup>2+</sup> 함량은 한국산 근피의 경우 에탄올, 부탄올 추출물이 각각 1.15, 1.30 mg/100 g으로 다른 용매 추출물보다 높았으며, 중국산 근피는 한국산 근피보다 에탄올 추출물이 2.05 mg/100 g으로 다른 군에 비해 높았으며, 수피의 경우는 부탄올 추출물이 0.9 mg/100 g으로 높은 함량을 보였다. 이는 솔잎과 도인 열수 추출물의 경우 각각 1.59, 0.62 mg/100 g으로 느릅나무 부위별

물 추출물과 비교할 때 높은 함량을 보였다(17). Total iron 함량도 전체적으로 볼 때 Fe<sup>2+</sup>과 같은 경향을 보였으며, 근피(중국산)가 전체적으로 높은 함량을 나타내었고, 수피는 부탄올 추출물에서 가장 함량이 높았다. 따라서 Fe<sup>2+</sup>, total iron 함량에서는 부위별, 용매별 차이가 있는 것으로 나타났다.

**전자공여능**

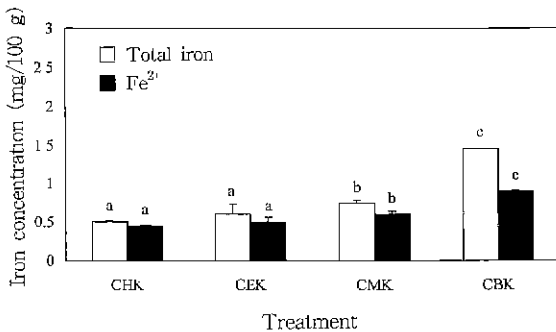
전자공여작용은 활성 라디칼에 전자를 공여하여 식품 중의 지방질 산화를 억제하는 목적으로 사용되고, 인체 내에서는 활성 라디칼에 의한 노화를 억제시키는 작용으로 이용되고 있다(15). 라디칼 소거작용은 인체의 질병과 노화를 방지하는데 대단히 중요한 역할을 한다. 따라서 전자공여능 측정은 DPPH 라디칼 소거법으로 측정하며, DPPH는 비교적 안정한 라디칼을 갖는 물질로 항산화 활성이 있는 물질과 만나면 라디칼이 소거되어 탈색되는 점을 이용하여 항산화 활성을 검정한다(28).

느릅나무 근피(한국산, 중국산), 수피(한국산) 각 용매 추출물 0.05% 첨가에 대한 전자공여능을 측정한 결과는 Fig. 3, 4와 같다. 근피(한국산, 중국산), 수피는 물추출물을 제외한 나머지 에탄올, 메탄올, 부탄올 추출물에서는 80% 이상의 높은 전자공여능을 보였다. 그중 한국산 근피 에탄올, 메탄올 추출물은 약 90%의 우수한 전자공여능 보였고, 중국산 근피는 부탄올 추출물이 가장 우수하였다. 그러나 물 추출물군의 경우 다른 용매 추출물군에 비해 낮은 효과를 나타내었지만, 근피(한국산)의 경우 약 42% 전자공여능을 보인 결과는 Kang 등(33)의 속 열수 추출물이 47% 전자공여능을 보인 것과, Do 등(34)의 생강, 오미자 수용성 획분의 전자공여능이 각각 45.6%, 37.6%를 보인 결과와 유사한 경향을 나타냈다. 따라서 물 추출물군의 효과는 낮은 반면, 나머지 용매 추출물군에서는 모두 우수한 항산화 효과를 가지는 것으로 나타



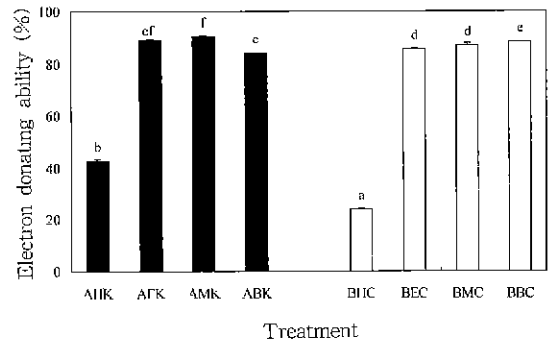
**Fig. 1. Concentration of Fe<sup>2+</sup> and total iron (Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>) in various solvents extracts from *Ulmus davidiana* (root).**

<sup>1)</sup>Abbreviations are the same as Table 1  
<sup>2)</sup>Values are the mean ± standard deviation of duplicate experiments (p<0.05).



**Fig. 2. Concentration of Fe<sup>2+</sup> and total iron (Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>) in various solvents extracts from *Ulmus davidiana* (bark)**

<sup>1)</sup>Abbreviations are the same as Table 2.  
<sup>2)</sup>Values are the mean ± standard deviation of duplicate experiments (p<0.05).



**Fig. 3. Electron donating ability of various solvents extracts from *Ulmus davidiana* (root).**

<sup>1)</sup>Abbreviations are the same as Table 1.  
<sup>2)</sup>Values are the mean ± standard deviation of duplicate experiments (p<0.05)

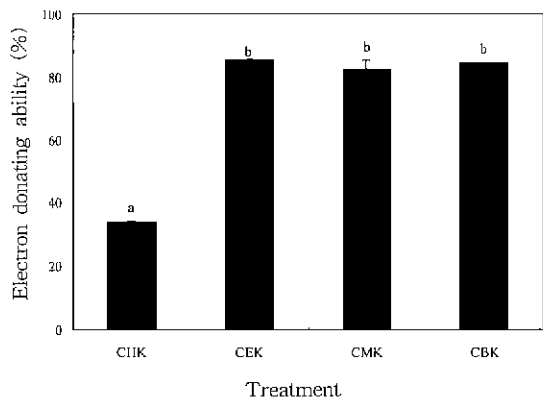


Fig. 4. Electron donating ability of various solvents extracts from *Ulmus davidiana* (bark).  
<sup>1)</sup>Abbreviations are the same as Table 2  
<sup>2)</sup>Values are the mean  $\pm$  standard deviation of duplicate experiments ( $p < 0.05$ ).

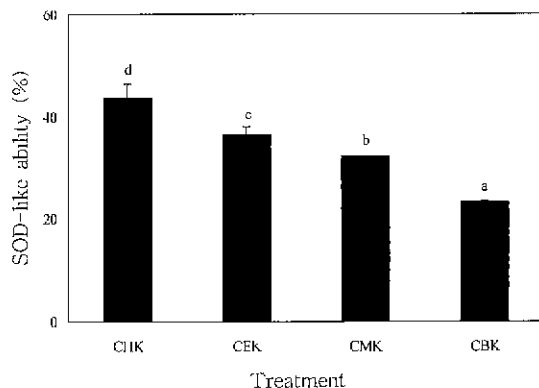


Fig. 6. Pyrogallol autoxidation of various solvents extracts from *Ulmus davidiana* (bark).  
<sup>1)</sup>Abbreviations are the same as Table 2  
<sup>2)</sup>Values are the mean  $\pm$  standard deviation of duplicate experiments ( $p < 0.05$ ).

났으며, 근피, 수피의 용매별, 부위별에 따른 전자공여능의 차이는 크지 않았다

oxide를 분해하는 효소는 아니지만 이와 유사한 물질의 함유 정도를 판단할 수 있다. 따라서 느릅나무 각 용매별

### SOD 유사활성

SOD(superoxide dismutase)는 생체내에서  $O_2^-$  (superoxide) 소거에 관여하는 효소로서 생성된 활성 산소는 생체내에서 산화적 장애를 초래하게 되므로 이런 현상을 억제하기 위해 SOD 유사활성을 지닌 천연물 소재를 개발하는데 연구(17-19,32)가 이루어지고 있다.

Superoxide( $O_2^-$ )의 산화 억제작용을 알아보기 위해 superoxide와 반응하여 갈변물질을 내는 pyrogallol 자동산화 반응을 측정된 결과는 Fig. 5, 6에 나타내었다 즉, 각 용매 추출물 0.05% 첨가시 pyrogallol 감소 정도는 super

추출물에 대한 활성능의 차이를 보면 근피의 경우 중국산 부탄올 추출물이 48.2%로 가장 높고, 한국산은 에탄올, 메탄올 추출물이 각각 37.2%, 34.0%의 활성능을 보였으며, 수피는 물 추출물이 가장 높은 SOD 유사활성능을 나타내었다. 이는 Kim 등(18)의 열풍건조한 솔잎 열수 추출물에서 44.3%의 SOD 유사활성능을 보인 결과와 유사한 경향을 보였다

### 아질산염 소거능

아질산염 소거능 측정은 각 추출물을 0.05% 농도로, pH 1.2, 3.0, 6.0 조건에서 실시하였다(Fig. 7, 8). 근피(한국산, 중국산), 수피(한국산)의 아질산염 소거능은 pII가 낮아질수록 높은 소거능을 보였으며, 특히 pH 1.2에서의 소거능은 한국산 근피의 경우 물 추출물을 제외한 나머지 추출물군에서 75% 이상의 높은 소거능을 보였고, 특히

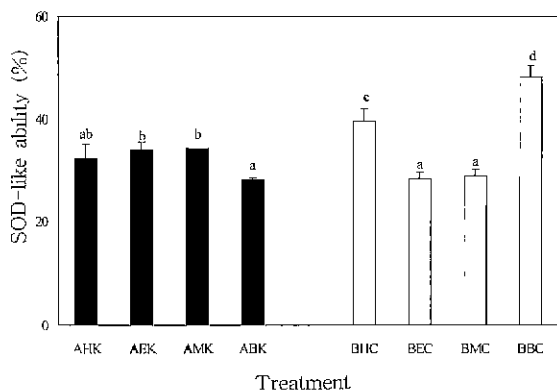


Fig. 5. Pyrogallol autoxidation of various solvents extracts from *Ulmus davidiana* (root).  
<sup>1)</sup>Abbreviations are the same as Table 1.  
<sup>2)</sup>Values are the mean  $\pm$  standard deviation of duplicate experiments ( $p < 0.05$ ).

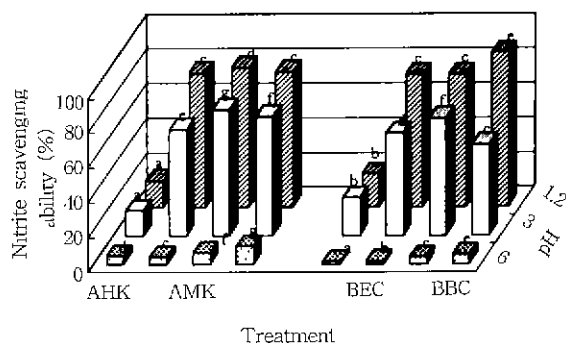


Fig. 7. Nitrite scavenging ability of various solvents extracts from *Ulmus davidiana* (root).  
<sup>1)</sup>Abbreviations are the same as Table 1.  
<sup>2)</sup>Values are the mean  $\pm$  standard deviation of duplicate experiments ( $p < 0.05$ ).

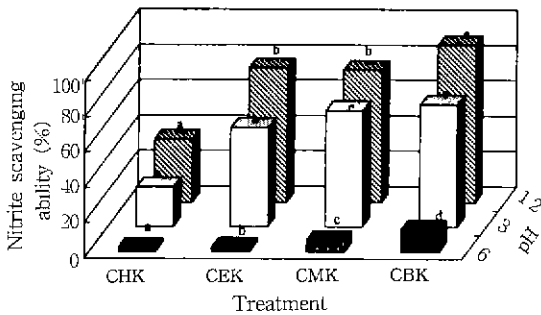


Fig. 8. Nitrite scavenging ability of various solvents extracts from *Ulmus davidiana* (bark).

<sup>1)</sup> Abbreviations are the same as Table 2.

<sup>2)</sup> Values are the mean  $\pm$  standard deviation of duplicate experiments ( $p < 0.05$ ).

메탄올 추출물이 가장 우수하였다. 한국산 수피, 중국산 근피는 부탄올 추출물이 가장 우수하였다. pH가 3.0의 경우도 pH 1.2에서보다는 다소 낮았지만 비슷한 아질산염 소거능을 보였다. 그러나 물 추출물의 경우 다른 용매 추출물군에 비해서 낮은 소거능을 보였으며, 중국산 근피가 한국산 근피에 비해 다소 높은 활성을 보였고, 또한 pH 6.0으로 갈수록 근피, 수피 각 용매 추출물은 20% 이하의 낮은 소거능을 나타내었다. 이는 아질산염 소거능은 pH 감소에 따라 우수하다는 Chung 등(35)의 결과와 Kato 등(30)의 여러 가지 pH 조건에서 nondialyzable melanoidins를 첨가하여 니트로사민 형성 억제효과를 측정된 결과 pH 1.2에서 99%로 가장 높은 억제효과를 보인 것과 유사하였고, 또 석이버섯 부탄올 추출물은 pH 3.0에서 높은 소거능을 보였으며(16), Lee 등(15)의 영지 부탄올 추출물의 아질산염 소거능은 약 40%. 표고버섯의 경우 약 70%의 소거능을 보인 결과 등과 비교할 때 느릅나무 근피, 수피의 유기용매 추출물이 상대적으로 아질산염 소거능이 높다는 것을 알 수 있었다.

일반적으로 아질산염은 수산물이나 식육에 첨가하여 발색, 독소생성 억제, 산패방지제로 널리 이용되고, 발암성 물질로 알려진 니트로사민의 전구물질로 아민을 함유하고 있는 식품물을 동시에 섭취했을 때 위내에서 니트로사민이 생성될 가능성이 매우 높다. 따라서 위내 환경인 pH 1.2에서 우수한 소거능을 보인 근피, 수피 각 추출물을 아질산염이 많은 채소류와 가공식품을 함께 섭취함으로써 체내에서 니트로사민 생성을 감소시킬 수 있으리라 예상된다.

## 요 약

Oil emulsion에 느릅나무 근피(한국산, 중국산), 수피(한국산) 각 추출물 0.05% 첨가에 의한 항산화 작용의 실험 결과는 다음과 같다. 활성 산소종, 급속이온 첨가에 따른 지방 산화 억제능은 근피, 수피 각 용매 추출물의  $H_2O_2$ ,  $\cdot OH$ ,  $KO_2$ 에 대한 포집능은 모두 우수하여 높은

항산화 효과를 나타내었으며, 각 추출물과  $Fe^{2+}$  ion과  $Cu^{2+}$  ion도 강한 활성 유리 라디칼 포집능으로 우수한 항산화 효과를 보였다. 지방 산화를 촉진하는 nonheme iron 함량에서  $Fe^{2+}$  함량과 total iron 함량은 근피(중국산) 에탄올, 메탄올 추출물이 가장 높은 함량을 나타내었고, 한국산 근피, 수피는 부탄올 추출물에서 가장 높았다. 전자공여능은 근피, 수피의 에탄올, 메탄올 그리고 부탄올 추출물군에서 80% 이상의 높은 활성을 보였고, 물 추출물군의 경우 20~55%의 범위로 낮은 효과를 보였다. SOD 유사활성은 근피(중국산) 부탄올 추출물, 수피(한국산) 물 추출물에서 가장 높은 활성능을 보였다. 아질산염 소거능의 경우도 근피, 수피 에탄올, 메탄올 그리고 부탄올 추출물군 모두 우수한 소거능을 보였고, 특히 pH 1.2에서는 가장 높은 아질산염 소거능을 보였으며, pH 6.0으로 갈수록 급격히 감소하였다.

## 문 헌

1. Fridovich, I. The biology of oxygen radicals. *Science*, **201**, 875-881 (1978)
2. Gardner, D.R. and Fridovich, I. Superoxide sensitivity of *Escherichia coli* 6-phosphogluconate dehydratase. *J. Biol. Chem.*, **266**, 1478-1483 (1991)
3. Imlay, I.A. and Linn, S. DNA damage and oxygen radical toxicity. *Science*, **240**, 1302-1309 (1986)
4. Dziezak, J.D. Antioxidants. *Food Technol.*, **40**, 94-102 (1986)
5. Eranen, A.L. Toxicological and biochemistry of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene. *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, **52**, 59-63 (1975)
6. Choi, U., Shin, D.H., Chang, Y.S. and Shin, J.I. Screening of natural antioxidant from plant and their antioxidative effect. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **24**, 142-148 (1992)
7. Kaikoukoku, T. Development of functional compounds in tree extractives. *Nippon Food Processing*, **27**, 19-21 (1992)
8. Mang, Y.S. and Park, H.K. Antioxidant activity of ethanol extract from *Dodok* (*Codonopsis lanceolata*). **23**, 311-316 (1991)
9. Ahn, C.Y., Hyun, K.H. and Park, K.H. Investigation of antioxidative substance in black sesame seed. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **24**, 31-36 (1992)
10. Choi, U., Shin, D.H., Chang, Y.S. and Shin, J.I. Antioxidant activity of ethanol extract from *Rhus javanica* Linne on edible oil. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **24**, 320-325 (1992)
11. Woo, N., Ahn, M.S. and Lee, K.Y. Antioxidant effect of Aloe (*Aloe arborescences*) extracts on linoleic acid and soybean oil. *Korean J. Soc. Food Sci.*, **11**, 536-541 (1995)
12. Kim, J.Y., Maeng, Y.S. and Lee, K.Y. Antioxidative effects of soybean extracts by using various solvents. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **27**, 635-639 (1995)
13. Bae, E.A. and Moon, G.S. A study on the antioxidative activities of Korean soybeans. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **26**, 203-208 (1997)

- 14 Jang, E.H., Pyo, Y.H. and Ahn, M.S. Antioxidant effect of *oniija* (*Schuzandra Chinesis Baillon*) extracts *Korean J. Soc. Food Sci.* **12**, 372-376 (1996)
- 15 Lee, K.D., Chang, H.K. and Kim, H.K. Antioxidative and nitrite scavenging activities of edible mushrooms. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **29**, 432-436 (1997)
- 16 Jeong, E.J. Antioxidative and nitrite scavenging effects of solvent extracts from *Gyrophora esculenta*. *Korean J. Food & Nutr.*, **11**, 426-430 (1998)
- 17 Kim, S.M., Cho, Y.S., Kim, E.J., Bae, M.J., Han, J.P., Lee, S.H. and Sung, S.K. Effect of hot water extracts of *Salvia miltiorrhiza* Bge., *Prunus persica* Stockes, *Angelica gigas* Nakai and *Pinus strobus* on lipid oxidation. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **27**, 399-405 (1998)
- 18 Kim, S.M., Kim, E.J., Cho, Y.S. and Sung, S.K. Antioxidant of pine extracts according to preparation method. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **31**, 527-534 (1999)
- 19 Kim, S.M., Cho, Y.S. and Sung, S.K. Effect of ethanol extracts in *Pinus densiflora*. *Lithospermum erthrorhuzon* on lipid oxidation of oil emulsion. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **28**, 984-989 (1999)
- 20 Cha, J.Y., Kim, H.J., Chung, C.H. and Cho, Y.S. Antioxidative activities and contents of polyphenolic compound of *Cudrania tricuspidata*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **28**, 1310-1315 (1999)
- 21 Shin, M.K. *Clinical traditional herblology* Younglmsa, p.668-669 (1997)
- 22 Hong, N.D., Rho, Y.S., Kim, N.J. and Kim, J.S. A studies on the constituents of *Ulm cortex*. *Kor. J. Pharmacogn.*, **21**, 201-204 (1990)
- 23 Hong, N.D., Rho, Y.S., Kim, N.J. and Kim, J.S. A study on efficacy of *Ulm cortex*. *Kor. J. Pharmacogn.*, **21**, 217-222 (1990)
- 24 Lee, H.Y., Kim, C.K., Sung, T.K., Mun, T.K. and Lim, C.J. Antibacterial activity of *Ulmus pumila* L. extract. *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **20**, 1-5 (1992)
- 25 Park, J.S., Shim, C.J., Jung, J.H., Lee, G.H., Sung, C.K. and Oh, M.J. Antimicrobial activity of *Ulm cortex* extracts *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **28**, 1022-1028 (1999)
- 26 Buege, J.A. and Aust, S.D. Microsomal lipid peroxidation. *Methods Enzymol.*, **52**, 302-310 (1978)
- 27 Carter, P. Spectrophotometric determination of serum iron at the submicrogram level with a new reagent (ferrozine) *Anal. Biochem.*, **40**, 450-458 (1971)
- 28 Blois, M.S. Antioxidant determination by the use of a stable free radical *Nature*, **26**, 1199-1200 (1958)
- 29 Marklund, S. and Marklund, G. Involvement of superoxide anion radical in the oxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eur. J. Biochem.*, **47**, 469-474 (1974)
- 30 Kato, H., Lee, I.E., Chuyen, N.V., Kim, S.B. and Havase, F. Inhibition of nitrosamine formation by non-dialyzable melanoidins. *Agric. Biol. Chem.*, **51**, 1333-1338 (1987)
- 31 Lee, B.J., Lee, Y.S. and Cho, M.H. Antioxidant activity of vegetables and their blends in iron-catalyzed model systems. *J. Food Sci. Nutr.*, **3**, 309-314 (1998)
- 32 Hong, J.L., Kweon, M.H., Ra, K.S., Sung, H.C. and Yang, H.C. Free radical scavenging activities and inhibitory effect on xanthine oxidase by ethanol extract from *Capsella bursa-pastories*. *J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol.*, **38**, 590-595 (1995)
- 33 Kang, Y.H., Park, Y.K. and Lee, G.D. The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **28**, 232-239 (1996)
- 34 Do, J.R., Kim, S.B., Park, Y.H., Park, Y.B. and Kim, D.S. The nitrite-scavenging effects of by the component of traditional tea materials. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **25**, 530-534 (1993)
- 35 Chung, S.Y., Kim, N.K. and Yoon, S. Nitrite scavenging effects of methanol fraction obtained from green yellow vegetable juices. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **28**, 342-347 (1999)

(2000년 7월 5일 접수)