

느릅나무와 시무나무의 항산화 활성

이승은*† · 김윤상* · 김지은* · 방진기* · 성낙술*

*작물과학원

Antioxidant Activity of *Ulmus davidiana* var. *japonica* N. and *Hemipteleae davidii* P.

Seung Eun Lee*†, Yun Sang Kim*, Ji Eun Kim*, Jin Ki Bang*, and Nak Sul Seong*

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

ABSTRACT : Cortex of *Ulmus davidiana* var. *japonica* N. and *Hemipteleae davidii* P. have been used without classification according to countries as oriental medicine for treatment of various disorders. This study was conducted to elucidate the difference in antioxidant activity and total phenol content of these medicinal materials. Root cortex and trunk cortex of two medicinal plants were extracted with 80% ethanol (at 85°C) and water (at room temperature), respectively. All of the extracts at 200~5 µg/ml showed more effective scavenging activity on superoxide radical than ascorbic acid, and 80% ethanol and water extracts of *Ulmus* root cortex (URC) was more effective. Scavenging activities on DPPH radical of 80% ethanol extracts from URC and *Ulmus* trunk cortex (UTC) at 10 µg/ml (41.4, 35.6%) were higher than those of the other six extracts and α-tocopherol (2.3~24.0%). Inhibitory activities on human low density lipoprotein (LDL) oxidation of 80% ethanol extracts from UTC and URC (84.3, 81.7%) at 10 µg/ml (31.3~78.2%) were higher than those of the other six extracts and α-tocopherol. However, antioxidant activities on linoleic acid peroxidation of all of the extracts were relatively lower than that of α-tocopherol. Total phenol content of 80% ethanol extract from URC was the highest value as 50.8% and that of water extract from HRC was the lowest as 5.6% among the extracts. From these results, it is suggested that *Ulmus* root cortex was the most effective in antioxidant activity.

Key words : *Ulmus davidiana* var. *japonica* N., *Hemipteleae davidii* P., antioxidant, free radical, low density lipoprotein (LDL)

서 언

榆皮(유피)는 동양의학에서 利水, 通淋, 消腫의 효능을 가져 小便不通, 淋濁, 丹毒, 水腫 등의 증상을 치료하는 데 상용되는 한약재 (江蘇新醫學院, 1979)로 나라에 따라 그 기원식물과 약용부위가 서로 다른 식물이다. 즉, 우리나라의 “대한약전외한약규격집” (한국의약품시험연구소, 2000)에는 느릅나무과 (Ulmaceae)에 속하는 느릅나무

(*Ulmus macrocarpa* Hance)의 코르크층을 벗긴 수피로 명시하였으나, “북한약전” (조선인민주의인민공화국 약전위원회, 1996)에는 같은 식물의 뿌리속껍질로 수록되어 있고 대만의 “中華民國中藥典範” (行政院衛生署, 1985)에는 같은 속 식물인 비술나무 (일명 개느릅나무, *Ulmus pumila* Linne)의 수피 혹은 근피의 韌皮部로 그리고 “中華本草” (國家中醫藥管理局, 1999)에는 榆白皮라 하여 비술나무의 수피 또는 근피로 되어 있다. 이러한 유피 기원

† Corresponding author : (Phone) +82-31-290-6836 (E-mail) lse1003@rda.go.kr
Received May 29, 2004 / Accepted July 21, 2004

식물의 다양성은 “本草求真”(黃宮濤, 1997)에서도 언급된 바 있으며 “本草綱目”(李時珍, 1982)에서도 “榆樹有刺者稱刺榆”라 하여榆와刺榆을 동일한 식물로 언급하고 있으며 “中華本草”에는 刺榆皮의 기원식물을 느릅나무과의 시무나무(*Hamipteleae davidii* Planchon, *Planera davidii* hance., *Zelkova davidii* Bean)로 구분하고 있기도 하다. 이처럼 유피의 기원식물에는 크게 개느릅나무인 비솔나무를 포함한 느릅나무와 시무나무가 있으며 약용부위로 근피와 수피가 함께 사용되고 있어 이들의 효능을 약용부위별로 검토해 볼 필요가 있다.

한편, 유피의 기원식물 중 느릅나무의 효능에 관한 연구로는 항암 및 면역 활성 (Eun & Song, 1994; Yang & Kim, 2001; Lee *et al.*, 2001; Kim *et al.*, 1994) 항균효과 (Park *et al.*, 1999; Kim *et al.*, 2002), 항산화효과 (Lee & Han, 2000; Lee *et al.*, 2000; Kwon *et al.*, 2002), 소염진통작용 (Cho *et al.*, 1996), 약효 (Hong *et al.*, 1990), 위염 및 위궤양 관련 연구 (Lee *et al.*, 1995; Lim & Cui, 2002)와 성분연구 (Hong *et al.*, 1990; Bae & Kim 2000; Kim *et al.*, 1992)가 보고되었으며 시무나무에 있어서는 성분과 항산화활성 (Chang *et al.*, 2004)이 보고되어 있으나 이들의 효능을 비교한 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구는 한약재로 혼용되고 있는 느릅나무와 시무나무의 수피와 근피의 항산화 활성 및 총페놀 함량을 분석·비교하고 이들 간의 상관관계를 검토하였다.

재료 및 방법

실험재료 및 추출물 조제

실험에 사용된 느릅나무 (*Ulmus davidiana* var. *japonica* Nakaii)와 시무나무 (*Hamipteleae davidii* Planchon)는 2003년 5월과 9월 충북 제천군 덕산면 도전리 산 21번지 임야에서 채취하여 농촌진흥청 작물시험장 약용자원연구실에서 동정받은 후 수피와 근피로 나누어 세척, 음건, 분쇄하여 냉장실에 보관하면서 다음과 같이 추출물 조제에 사용하였다. 에탄올 추출물은 분쇄된 각 건조 시료를 중량의 10배에 해당하는 80% 에탄올로 85℃에서 3시간동안 환류 추출하고 이를 여과, 감압농축 및 동결건조하여 조제하였고, 물 추출물은 동일 용량의 증류수로 상온에서 24시간 진탕추출한 후 여과 및 동결건조하여 조제하였다.

시약 및 기기

실험에 사용된 PMS (phenazine methosulfate), NBT (nitro blue tetrazolium), NADH (β -nicotinamide adenine dinucleotide), 1,1-dipicrylphenylhydrazyl

(DPPH), human low density lipoprotein (LDL), linoleic acid, ascorbic acid, α -tocopherol, thiobarbituric acid (TBA) 및 tetramethoxypropane (TMP) 등의 시약은 Sigma Co. (USA) 제품을 사용하였으며 DMSO (dimethylsulfoxide)를 포함한 분석용 시약 및 용매는 특급을 사용하였다. Linoleic acid 산화저해 실험에는 shaking incubator (DS-310R, Dasol, Korea)를, 흡광도 측정에는 UV-visible spectrophotometer (Cary 300, Varian, Australia)를 사용하였다.

항산화 활성 검정

1. Superoxide 라디칼 소거능

느릅나무 및 시무나무 근·수피의 superoxide 라디칼에 대한 소거활성은 Nishikimi *et al.* (1972)의 방법에 의해 다음과 같이 실험하였다. 200, 100, 50, 10, 5 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 농도의 각 시료 0.5 ml을 0.1 M Tris-HCl 완충용액 (pH 8.5) 0.1 ml, 100 M PMS 0.2 ml, 500 M NBT 0.2 ml 및 500 M NADH 0.4 ml를 가해 560 nm에서 흡광도 측정하였으며 결과는 소거능 (%)으로 나타내었다.

2. DPPH 라디칼에 대한 소거활성

Bloi (1958)의 방법에 준해 1.5×10^{-4} M DPPH 용액 2.97 ml를 일정농도의 추출물 0.03 ml와 함께 혼합하고 3분 후 517 nm에서 흡광도를 측정한 후 대조군에 대한 소거능 (%)을 산출하였다.

3. 저밀도 지단백 (low density lipoprotein, LDL) 산화에 대한 저해활성

Miller *et al.* (1996)의 방법을 변형하여 다음과 같이 실험하였다. 50~100 μg 의 protein을 함유하도록 조제한 human LDL을 일정 농도의 추출물 0.02 ml, 10 mM phosphate-buffered saline (PBS) 0.115 ml, 0.25 mM CuSO_4 0.04 ml와 함께 37℃에서 3시간 동안 반응시켰다. 이 반응액에 20% TCA 1 ml를 가해 반응을 중단시킨 후 0.05 N NaOH에 녹인 0.67% TBA 1 ml를 가하고 95℃에서 15분간 가열, 냉각을 순차적으로 행하였다. 이 반응액을 3,000 rpm에서 15분간 원심분리하고 분리된 상등액 중에 함유된 malondialdehyde (MDA)의 양을 540 nm에서 측정하여 대조군에 대한 저해율 (%)로서 결과를 나타내었다.

4. Linoleic acid 자동산화에 대한 저해효과

Haraguchi *et al.* (1992)의 방법에 따라 에탄올에 녹인 2.51% linoleic acid 0.4 ml, 0.04 M phosphate buffer (pH 7.0) 0.8 ml, 증류수 0.77 ml 그리고 추출물 0.03 ml로 반응액을 조성, 40℃의 암소에서 반응시켰다. 24시간

후 이 반응액 0.1 ml을 취해 75% ethanol 2.7 ml, 30% ammonium thiocyanate 0.1 ml, 3.5% HCl에 녹인 0.02 M ferrous chloride 0.1 ml와 혼합한 후 500 nm에서 흡광도를 측정하여 산화정도를 관찰하였고 결과는 대조군에 대한 저해율 (%)로서 나타내었다.

총페놀 함량 정량

항산화 활성에 영향을 미치는 페놀화합물의 양을 비교하기 위해 Kim et al. (1993)의 방법에 준하여 일정 농도의 추출물 0.1 ml와 2% Na₂CO₃ 2 ml을 혼합하고 2분 후 50% Folin-Ciocalteu reagent 0.1 ml를 첨가하였다. 상온에서 30분간 방치한 후 750 nm에서 측정된 흡광도를 tannic acid를 표준물질로 사용한 검량선식 (r=0.9973)에 대입하여 총페놀 함량을 산출하였다.

통계분석

각 추출물에 대한 총 페놀 함량의 유의성은 SAS (statistical analysis systems) program을 이용하여 P<0.05의 수준에서 one way ANOVA test 및 Duncan's multiple range test로 검정하였으며 총페놀 함량과 항산화 활성간의 상관성은 Excel program을 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

Superoxide anion 및 DPPH 라디칼 소거효과

느릅나무와 시무나무의 superoxide 라디칼 소거능을 200, 100, 50, 10 및 5 µg/ml의 농도에서 검정한 결과 물 추출물 (98.24~14.51%)이 80% 에탄올 추출물 (80.00~-0.34%)에 비해 비교적 높은 효과를 나타내었으며, 이러한 결과는 모두 ascorbic acid (68.96~-4.20%) 보다 매우 높은 것이었다 (Fig. 1). 80% 에탄올 추출물은 농도가 감소할수록 점차 효과가 감소하였고 느릅나무의 근·

수피가 시무나무의 근·수피보다 감소 폭이 적었으며 이러한 경향은 물 추출물에서도 관찰되었다. 한편, 5 µg/ml에서 비교하였을 때 80% 에탄올 추출물 중에서는 느릅나무 근피 (9.13%), 느릅나무 수피 (5.97%), 시무나무 근피 (4.88%) 및 시무나무 수피 (-0.34%)의 순으로 그 활성이 높았으며, 물 추출물 중에서는 느릅나무의 근피 (75.80%), 수피 (70.25%), 시무나무의 근피 (22.76%) 및 수 (14.51%)의 순으로 그 활성이 높아 느릅나무의 근피와 수피가 시무나무의 근피 및 수피보다 superoxide radical 소거능이 우수한 것으로 판단되었다. 본 연구에서 사용된 느릅나무와 시무나무의 근·수피의 물 추출물은 200 µg/ml의 농도에서 모두 89%이상의 효과를 나타내 Dasgupta & De (2004)가 보고한 *Piper betle* 잎으로부터 조제된 열수 추출물의 48.0%와 비교할 때 월등히 높은 활성을 나타내었다.

Fig. 2에는 200, 100, 50, 10 µg/ml의 농도에서 느릅나무 및 시무나무의 근·수피가 나타내는 DPPH 라디칼에 대한 소거능을 나타내었다. 80% 에탄올 추출물에서는 느릅나무의 근피 및 수피가 각각 91.59~41.42% 및 90.09~35.55%의 소거능을 나타내었으며 시무나무의 근피 및 수피는 40.64~4.44% 및 72.51~8.33%의 소거능을 나타내었다. 물 추출물에서는 느릅나무 근피, 느릅나무 수피, 시무나무 근피, 시무나무 수피가 각각 76.92~8.68%, 31.23~5.31%, 14.26~2.75% 및 12.50~2.25%의 순으로 높은 소거능을 나타내었다. 실험결과 80% 에탄올 추출물이 물 추출물에 비해 좀 더 효과적으로 DPPH 라디칼을 소거하였으며 이러한 결과는 Lee & Han (2000)의 보고와 일치하는 것이다. 또한 느릅나무의 근·수피가 시무나무의 근·수피보다 우수한 소거능을 나타내는 것을 확인할 수 있었으며 특히 느릅나무 근·수피의 80% 에탄올 추출물은 α-tocopherol (91.56~23.98%)보다 효과적으로 DPPH 라디칼을 소거하였다.

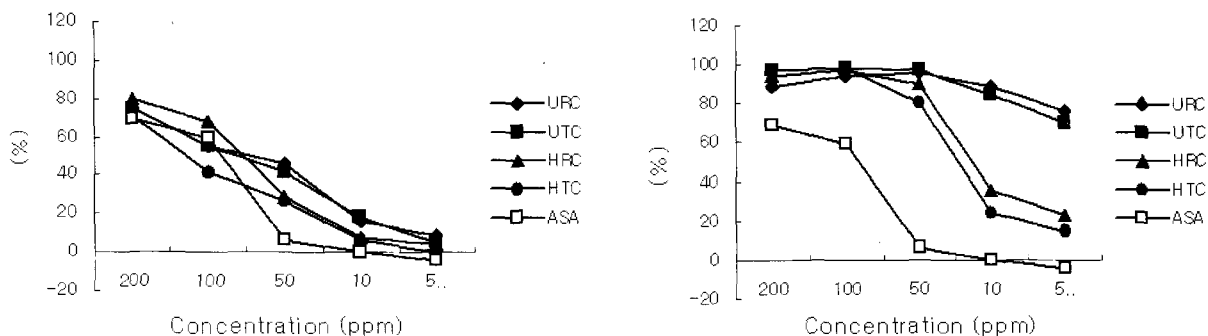


Fig. 1. Scavenging activity on superoxide radical of 80% ethanol (left) and water (right) extracts of *Ulmus davidiana* var. *japonica* N. and *Hemipteleae davidii* P. (URC, *Ulmus* root cortex; UTC, *Ulmus* trunk cortex; HRC, *Hemipteleae* root cortex; HTC, *Hemipteleae* trunk cortex; ASA, ascorbic acid).

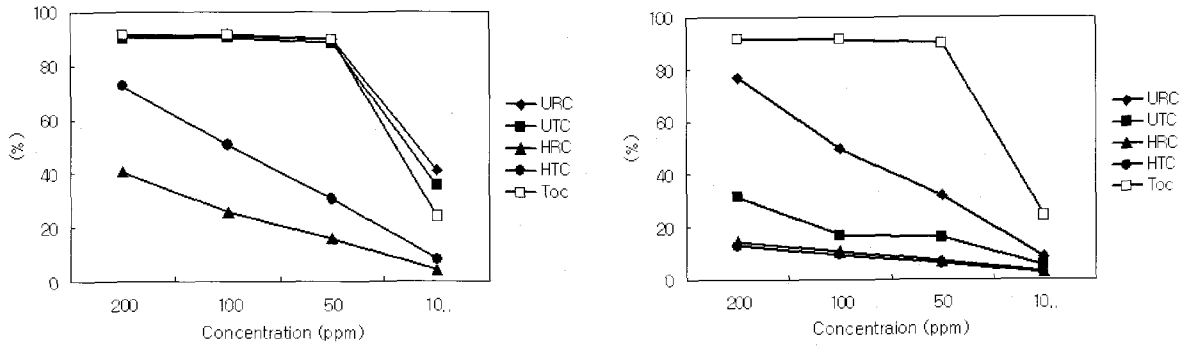


Fig. 2. Scavenging activity on DPPH radical of 80% ethanol (left) and water (right) extracts of *Ulmus davidiana* var. *japonica* N. and *Hemipteleae davidii* P. (URC, *Ulmus* root cortex; UTC, *Ulmus* trunk cortex; HRC, *Hemipteleae* root cortex; HTC, *Hemipteleae* trunk cortex; Toc, α -tocopherol).

인간 저밀도지단백 (LDL) 및 linoleic acid의 산화에 대한
저해효과

LDL 산화는 동맥경화성 혈관 질환의 발병과 밀접한 관련성 (Gaut & Heinecke, 2001; Gugliucci & Menini, 2002)이 있으므로 느릅나무 및 시무나무의 근피와 수피로부터 조제된 추출물의 human LDL의 산화에 대한 저해 활성을 실험하였으며 그 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 느릅나무 및 시무나무의 근피와 수피로부터 조제된 80% 에탄올 추출물은 200, 100, 50, 10 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 에서 94.42~65.43%의 활성을, 물 추출물은 93.21~29.72%의 활성을 각각 나타내 물 추출물에 비해 80% 에탄올 추출물이 좀 더 우수한 활성을 나타내었다. 80% 에탄올 추출물 중에서는 느릅나무의 근피 (91.33~84.29%), 시무나무의 수피 (94.42~65.43%)가 우수한 효과를 나타내었으며 이 수치는 α -tocopherol의 94.54~70.54%에 근접하는 비교적 우수한 결과였다. 느릅나무 수피는 80% 에탄올 및

물 추출물 모두에서 가장 우수한 효과를 나타냄을 확인할 수 있었고 느릅나무 근피의 80% 에탄올 추출물은 73.16~78.25%의 활성을 보여 높은 농도에서는 효과가 그다지 높지 않았으나 낮은 농도에서도 78%이상의 효과를 유지한 것이 확인되어 LDL의 산화를 효과적으로 저해하는 것으로 판단되었다.

한편, linoleic acid의 과산화에 대한 저해활성을 실험한 결과 Fig. 4에 나타낸 바와 같이 100, 50, 25, 12.5 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 의 농도에서 80% 에탄올 추출물에서는 느릅나무 근피 (41.07~31.50%), 느릅나무 수피 (42.49~20.42%), 시무나무 수피 (40.68~14.50%), 시무나무 근피 (33.84~1.97%)의 순으로, 물 추출물 중에서는 느릅나무 수피 (41.57~12.68%), 느릅나무 근피 (30.85~41.06%), 시무나무 수피 (20.84~82.25%), 시무나무 근피 (0.37~78.63%)의 순으로 효과가 우수하였다. 이러한 결과는 α -tocopherol (84.69~86.01%)에 비해 그

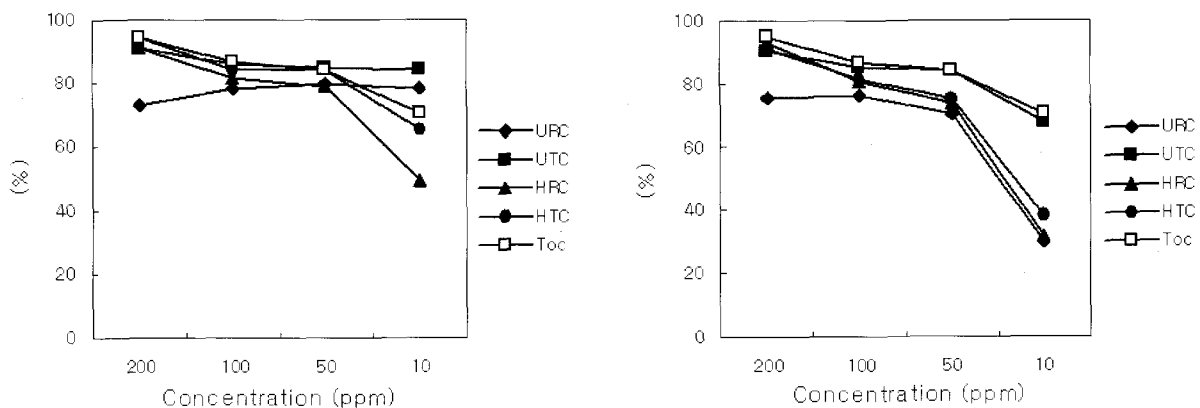


Fig. 3. Inhibitory activity on human low density lipoprotein (LDL) oxidation of 80% ethanol (left) and water (right) extracts of *Ulmus davidiana* var. *japonica* N. and *Hemipteleae davidii* P. (URC, *Ulmus* root cortex; UTC, *Ulmus* trunk cortex; HRC, *Hemipteleae* root cortex; HTC, *Hemipteleae* trunk cortex; Toc, α -tocopherol).

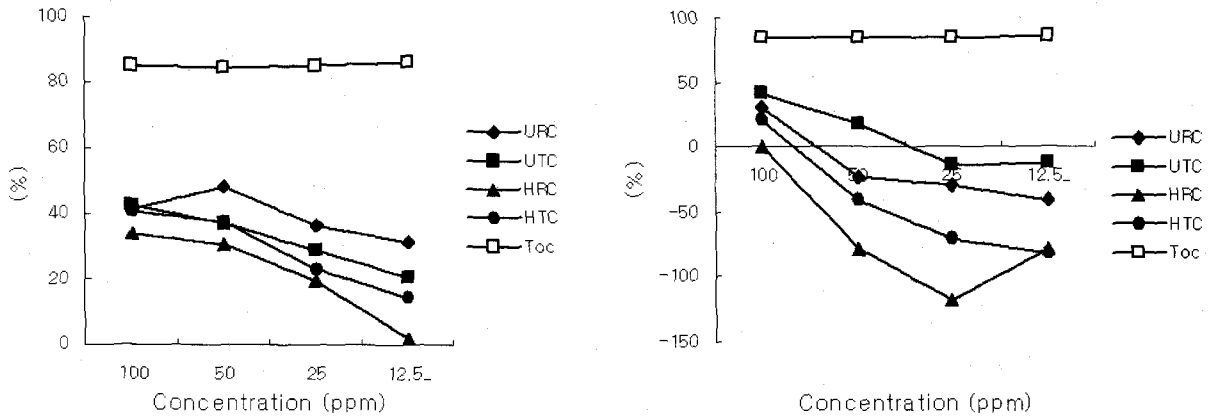


Fig. 4. Inhibitory activity on linoleic acid peroxidation of 80% ethanol (left) and water (right) extracts of *Ulmus davidiana* var. *japonica* N. and *Hemipteleae davidii* P. (URC, *Ulmus* root cortex; UTC, *Ulmus* trunk cortex; HRC, *Hemipteleae* root cortex; HTC, *Hemipteleae* trunk cortex; Toc, α-tocopherol).

다지 높지 않아 느릅나무와 시무나무 근·수피는 linoleic acid 과산화를 효과적으로 저해하지 못한 것으로 판단되었다. 한편, Lee et al. (2000)은 유백피의 물 추출물이 에탄올, 메탄올 및 에틸아세테이트 추출물에 비해 lard emulsion 중에서 과산화물의 생성을 가장 적게 일으켰다고 보고한 바 있으나, 본 연구에서는 느릅나무와 시무나무의 근·수피로부터 조제된 80% 에탄올 추출물 (42.49~20.42%)이 물 추출물 (41.57~12.68%) 보다 linoleic acid 과산화를 효과적으로 저해한 것을 확인할 수 있었다.

총페놀 함량 및 수율

느릅나무와 시무나무 근·수피의 총페놀 함량 및 각 추출물의 수율을 Table 1에 제시하였다. 먼저 총페놀 함량

에 대한 결과를 살펴보면 80% 에탄올 추출물에서는 느릅나무 근피 (50.8%), 느릅나무 수피 (39.8%), 시무나무 수피 (10.6%), 시무나무 근피 (6.2%)의 순으로 함량이 높았으며 물 추출물에서는 느릅나무 수피 (34.6%), 느릅나무 근피 (25.9%), 시무나무 수피 (8.2%), 시무나무 근피 (5.6%)의 순으로 그 함량이 높게 나타나 80% 에탄올 추출물이 물 추출물에 비해 총페놀 함량이 전반적으로 높았으며 느릅나무 근피의 80% 에탄올 추출물은 모든 추출물 중에서 가장 높은 함량을 나타내었다. 이처럼 느릅나무의 근피 및 수피가 높은 총페놀 함량을 나타낸 것은 느릅나무에 존재하는 (+)-catechin, (+)-catechin-7-O-xylopyranose, (+)-catechin-7-O-apiofuranose (Bae & Kim, 2000)나 catechin rhamnoside (Kim et

Table 1. Yield and total phenol content of the extracts prepared from *Ulmus davidiana* var. *japonica* N. and *Hemipteleae davidii* P.

Extraction solvent	Materials (%) ^{†, ‡, §}	Part used (%)	Total phenol	Yield
80% Ethanol	<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i> N.	Root cortex	50.8±0.18a	9.79
		Trunk cortex	39.8±1.86a	12.34
	<i>Hemipteleae davidii</i> P.	Root cortex	6.2±0.15c	7.12
		Trunk cortex	10.6±0.33c	7.81
Water	<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i> N.	Root cortex	25.9±0.23b	6.16
		Trunk cortex	34.6±0.31b	6.37
	<i>Hemipteleae davidii</i> P.	Root cortex	5.6±0.10c	4.30
		Trunk cortex	8.2±0.08c	6.53

[†] Tannic acid equivalent.

[‡] All values are mean±SD (n = 3).

[§] Means with the different letters in the same column are significantly different (P<0.05) by Duncan's multiple range test.

al., 2003) 등의 성분이 기인하였을 것으로 사료된다.

한편, 각 추출물의 수율은 80% 에탄올 추출물이 물 추출물보다 대체적으로 높았으며 80% 에탄올 추출물 중에서는 느릅나무 수피 (12.34%), 느릅나무 근피 (9.79%), 시무나무 수피 (7.81%) 및 시무나무 근피 (7.12%)의 순으로, 그리고 물 추출물 중에서는 시무나무 수피 (6.53%), 느릅나무 수피 (6.37%), 느릅나무 근피 (6.16%) 및 시무나무 근피 (4.30%)의 순으로 수율이 높게 나타났다.

총페놀 함량 및 항산화 활성간의 상관관계 분석

총페놀 함량 및 각 항산화 활성간의 상관성을 비교한 결과, 총페놀 함량과 DPPH 라디칼 소거능 (0.8386), LDL 산화저해능과 linoleic acid 과산화저해능 (0.7858), LDL 산화저해능과 DPPH 라디칼 소거능 (0.7542) 및 LDL 산

화저해능과 총페놀 (0.7032), linoleic acid 과산화저해능과 DPPH 라디칼 소거능 (0.6119), LDL 산화저해능과 linoleic acid 과산화저해능 (0.5457)과의 상관계수가 비교적 높은 것으로 확인되었다. 그리고 LDL 산화저해능과 총페놀 함량 (0.2039), linoleic acid 과산화저해능과 superoxide 라디칼 소거능 (-0.2754), DPPH 라디칼 소거능과 superoxide anion 라디칼 소거능 (-0.3095), LDL 산화저해능과 superoxide 라디칼 소거능 (-0.3460)과의 상관관계는 비교적 낮은 것으로 확인되었다 (Table 2). 한편, 앞에서 살펴 본 것처럼 총페놀 함량이 높은 데도 LDL 산화저해능과 총페놀 함량과의 상관성 (0.2039)이 비교적 낮은 것은 LDL의 산화를 저해하기에 적합한 구조를 가진 페놀화합물이 비교적 적기 때문으로 추정된다 (Vaya et al., 2003).

Table 2. Correlation coefficients between antioxidant activities and total phenol content of extracts from *Ulmus davidiana* var. *japonica* N. and *Hemipteleae davidii* P.

Parameters	LDL oxidation [†]	Linoleic acid peroxidation	Superoxide scavenging	DPPH radical scavenging
Total phenol content	0.7032	0.5457	0.2039	0.8386
LDL oxidation		0.7858	-0.3460	0.7542
Linoleic acid peroxidation			-0.2754	0.6119
Superoxide anion scavenging				-0.3095

[†] Antioxidant activity of 80% ethanol and water extracts of *Ulmus davidiana* var. *japonica* N. and *Hemipteleae davidii* P. on LDL oxidation and were linoleic acid peroxidation evaluated at 10 µg/ml, and 25 µg/ml and scavenging activity on superoxide radical were done and DPPH radical at 5 µg/ml, and 10 µg/ml, respectively.

적 요

한약재로서 혼용되고 있는 느릅나무 및 시무나무의 수피와 근피의 항산화활성 및 총페놀 함량의 차이를 구명하고자 본 연구를 수행하였으며 그 결과는 다음과 같다. DPPH 라디칼에 대해 느릅나무 근피와 수피의 80% 에탄올 추출물은 10 µg/ml의 농도에서도 각각 41.4% 및 35.6%의 활성을 보여 다른 추출물의 활성 (2.3~24.0%)에 비해 우수한 효과를 가지는 것을 알 수 있었고, superoxide 라디칼에 대해서는 200~5 µg/ml의 농도에서 느릅나무 및 시무나무의 수피와 근피로부터 얻어진 모든 추출물이 항산화제인 ascorbic acid보다 우수한 활성을 나타내었으며 특히 느릅나무 근피의 80% 에탄올 추출물과 물 추출물이 좀 더

높은 활성을 나타내었다. 사람의 저밀도지단백 (LDL) 산화에 대한 실험 결과 느릅나무 수피 및 근피의 80% 에탄올 추출물이 10 µg/ml의 농도에서 84.3% 및 81.7%로 다른 추출물들의 활성 (31.3%~78.2%)보다 비교적 높은 것을 확인할 수 있었다. 실험된 모든 추출물은 linoleic acid 과산화에 대해서 α-tocopherol보다 낮은 저해활성을 나타내었다. 한편, 총페놀 함량은 느릅나무 근피의 80% 에탄올 추출물이 50.8%로 가장 높았으며 시무나무 근피의 물 추출물이 5.6%로 가장 낮았다. 이상의 실험결과, 느릅나무의 근피와 수피가 시무나무의 근피와 수피보다 더 효과적인 항산화 활성을 보유했으며 특히, 느릅나무 근피의 80% 에탄올 추출물은 가장 항산화 활성이 우수한 것으로 확인되었다.

LITERATURE CITED

- Bae YS, Kim JK (2000) Extractives of the bark of ash and elm as medicinal hardwood tree species. *Mokchae Konghak* 28:62-69.
- Bloi MS (1958) Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200.
- Chang BS, Kwon YS, Kim CM (2004) The chemical structures and their antioxidant activity of the components isolated from the heartwood of *Hemiptelea davidii*. *Korean J. Pharmacogn.* 35:80-87.
- Cho SK, Lee SG, Kim CJ (1996) Anti-inflammatory and analgesic activities of water extract of root bark of *Ulmus parvifolia*. *Korean J. Pharmacogn.* 27:274-281.
- Dasgupta N, De B (2004) Antioxidant activity of *Piper betle* L. leaf extract *in vitro*. *Food Chemistry* (In press)
- Eun JS, Song WY (1994) The combined effects of n-BuOH fraction of *Ulmi cortex* and anticancer drugs on cancer cell lines. *Korean J. Pharmacogn* 25:144-152.
- Gaut JP, Heinecke JW (2001) Mechanisms for oxidizing low-density lipoprotein. *Trends Cardiovasc. Med.* 11:103-112.
- Gugliucci A, Menini T (2002) Three different pathways for human LDL oxidation are inhibited *in vitro* by water extracts of the medicinal herb. *Life Science* 71:693-705.
- Haraguchi H, Hashimoto K, Yagi A (1992) Antioxidative substances in leaves of *Polygonum hydropiper*. *J. Agric. Food Chem.* 40:1349-1351.
- Hong ND, Rho YS, Kim NJ, Kim JS (1990) A study on efficacy of *Ulmi cortex*. *Korean J. Pharmacogn.* 21:217-222.
- Hong ND, Rho YS, Kim NJ, Kim JS (1990) Studies on the constituents of *Ulmi cortex*. *Korean J. Pharmacogn.* 21:201-204.
- Kim CS, Lee JM, Choi CO, Park SB, Eom TJ (2002) Chemical analysis and isolation of antibacterial compound from *Ulmus* species (I): chemical analysis and antibacterial activity of extractives. *Mokchae Konghak* 30:66-73.
- Kim CS, Lee JM, Choi CO, Park SB, Eom TJ (2003) Chemical analysis and isolation of antibacterial compound from *Ulmus* species (II): isolation and chemical structure of antibacterial compound. *Mokchae Konghak* 31:16-21.
- Kim J, Choi M, Cho J, Jung Y, Park T (1994) Effect of *Eunymus alatus* and *Ulmus davidiana* var. *japonica* on the immune system. *Korean J. Vet. Res.* 34:307-313.
- Kim NM, Sung HS, Kim WJ (1993) Effect of solvents and some extraction conditions on antioxidant activity in cinnamon extracts. *Korean J. Food Sci. Technol.* 25:204-209.
- Kim SH, Hwang KT, Park JC (1992) Isolation of flavonoids and determination of rutin from the leaves of *Ulmus parviflora*. *Korean J. Pharmacogn.* 23:229-234.
- Kwon YM, Lee JH, Lee MW (2002) Phenolic compounds from barks of *Ulmus macrocarpa* and its antioxidative activities. *Korean J. Pharmacogn.* 33:404-410.
- Lee EB, Jung KW, Jung CS, Kim OK (1995) The influence of methanol extract of *Ulmus davidiana* var. *japonica* cortex on gastric erosion and ulcer and paw edema in rats. *Yakhak Hoeji* 39:671-675.
- Lee HY, Kim CK, Sung TK, Mun TK, Lim CJ (1992) Antibacterial activity of *Ulmus pumila* L. extract. *Korean J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* 20:1-5.
- Lee KH, Jeon EK, Yoo SY, Oh MJ (2000) Antioxidative activity of *Ulmi cortex* extract. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* 7:373-379.
- Lee S, Lee C, Kim I, Ruy J, Lim J, Kim S, Choi S, Kim S, Oh Y, Kim S (2001) Tumor suppress effects of extracts from *Ulmus pumila*, *Eriobotrya japonica*, and *Artemisia capillaris* Thunb in nude mice. *J. Korean Association of Cancer Prevention* 6:19-25.
- Lee YJ, Han JP (2000) Antioxidative activities and nitric scavenging abilities of extracts from *Ulmus davidiana*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 29:893-899.
- Lim JP, Cui X (2002) Effect of water extract of *Ulmi pumilae* cortex on gastric ulcer in rats. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 10:177-180.
- Miller CP, Jirkovsky I, Hayhurst DA, Adelman SJ (1996) *In vitro* antioxidant effects of estrogens with a hindered 3-OH function on the copper-induced oxidation of low density lipoprotein. *Steroids* 61:305-308.
- Nishikimi M, Rao NA, Yagi K (1972) The occurrence of superoxide anion in the reaction of reduced phenazine methosulfate and molecular oxygen. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 46:849-854.
- Park JS, Shim CJ, Jung JH, Lee GH, Sung CK, Oh MJ (1999) Antimicrobial activity of *Ulmi cortex* extracts. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 28:1022-1028.
- Vaya J, Mahmood S, Goldblum A, Aviram M, Volkova N, Shaalan A, Musa R, Tamir S (2003) Inhibition of LDL oxidation by flavonoids in relation to their structure and calculated enthalpy. *Phytochemistry* 62:89-99.
- Yang YL, Kim YJ (2001) Immunostimulating exopolysaccharide with anticancer activity from *Enterobacter* sp. S5YL (KCTC 0687BP) screened from *Ulmus parvifolia*. *Korean J. Biotechnol. Bioeng.* 16:554-561.
- 江蘇新醫學院 (1979) 中藥大辭典. 商務印書館印行. 香港. p. 1264-1265, 2438-2439.
- 한국약품시험연구소 (2000) 한약(생약)규격집. 대명기획. 서울. p. 367.
- 조선인민주의인민공화국 약전위원회 (1996) 조선민주주의인민공화국약전. 의과학출판사. 평양. p. 134.
- 行政院 衛生署 (1985) 中華人民國中藥典範. 達昌印刷有限公司. 臺北. p. 278-279.
- 國家中醫藥管理局 (1999) 中華本草 2卷. 上海科學技術出版社. 上海. p. 445. 453-455.
- 黃宮濶 (1997) 本草求真. 의성당. 서울. 12:113-133.
- 李時珍 (1982) 本草綱目. 人民衛生出版社. 北京. p. 2040-2041.