

고로쇠와 우산고로쇠 나무의 항산화능 및 glutathione S-transferase 활성 비교

김 영* · 한재건* · 하지혜* · 정향숙* · 권민철* · 정명훈* · 이학주** · 강하영** · 최돈하** · 이현용****†

*강원대학교 BT특성화학부대학, **국립산림과학원, ***강원대학교 생명공학연구소

Comparison of Antioxidant and Glutathione S-Transferase Activities of Extracts from *Acer mono* and *A. okamotoanum*

Ling Jin*, Jae Gun Han*, Ji Hye Ha*, Hyang Suk Jeong*, Min Chul Kwon*, Myoung Hoon Jeong*, Hak Ju Lee**, Ha Young Kang**, Don Ha Choi**, and Hyeon Yong Lee****†

*College of Bioscience and Biotechnology, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea.

**Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea.

***Research Institute of Bioscience and Biotechnology, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea.

ABSTRACT : This study was performed to investigate antioxidant activities and glutathione S-transferase (GST) activity according to parts of the *Acer mono* and *A. okamotoanum*. Most extracts showed high scavenging activities on DPPH. Especially, the bark of *A. okamotoanum* showed higher activity as 98.4% than the control, BHA as 96.5%. *A. mono* and *A. okamotoanum* showed high ability on nitrite scavenging, but decreasing tendency according to decreasing of pH. On SOD-like test, the wood of *A. okamotoanum* showed highest activity as 35.4% at 1.0 mg/ml concentration. Also, the extracts obtained high activity on GST test. Therefore, the water extracts from the bark of *A. mono* and *A. okamotoanum* have relatively good antioxidant activity and GST activity. Especially, the bark of *A. okamotoanum* showed the highest activity on all of extracts, could be the use of functional foods and biomaterials.

Key Words : *Acer mono*, *Acer okamotoanum*, Antioxidant Activity, Glutathione S-transferase (GST)

서 언

우리나라에서 건강음료로써 응용되고 있는 수종은 단풍나무과의 고로쇠나무와 당단풍나무, 자작나무과의 자작나무, 거제수나무, 박달나무, 물박달나무, 사스래나무 등이며, 이들 수종의 수액 중 97%가 고로쇠나무 수액이다 (Jang, 2001). 고로쇠나무 (*Acer mono*)는 단풍나무과에 속하는 낙엽교목으로 표고 100~1,800 m에 자생하며, 한국, 일본, 중국, 만주 등지에 분포한다. 우리나라에는 고로쇠나무 (*A. mono*), 붉은고로쇠나무 (*A. mono* for. *rubripes*), 우산고로쇠나무 (*A. okamotoanum*) 등 9종의 품종과 변종이 생육하고 있는 것으로 알려져 있는데 (Lee, 1982), 이 중 우산고로쇠나무는 울릉도 지역에 자생하고 있는 수종 (Moon and Kwon, 2004)으로 울릉도 지역에서는 2002년도 처음으로 수액채취가 허가되어 최근에는 활발하게 채취가 이루어지고 있다.

자연식품에 대한 국민들의 관심이 높아짐에 따라 고로쇠나무가 자생하고 있는 지역에서는 고로쇠나무를 대상으로 한 수

액의 채취 및 음용이 농가소득에 큰 몫을 차지하고 있는 것이 사실이나, 최근 임목생육과 환경이라는 측면에서 부정적인 부분이 제기되고 있으며 수액으로 활용될 뿐 나무 자체의 활용이 거의 이루어지지 못하고 있어 고로쇠나무를 대상으로 생리활성을 탐색함으로써 수목 자체가 가지는 기능성 소재로서의 가능성을 확인하고자 한다.

고로쇠나무는 빼에 이로운 나무라는 데서 유래되었다는 속설이 있는데, 전남 광양시 백운산 지역에서는 수액 음용자의 80% 이상이 고로쇠나무 수액의 효능에 대해 긍정적인 반응이 있었다고 보고된 바 있다 (An et al., 1998). 고로쇠나무 수액을 건강음료로서 마시는 풍습은 소련, 중국, 일본 등에서도 오랜 역사를 가지고 있으며 민간약으로서 이뇨, 변비, 위장병, 통풍, 류마티스, 관절염, 수창, 부창, 습진, 괴혈병, 신경통, 산후통 등에 효험이 있다고 하여 이들 수액 성분에 대한 관심이 높다 (Hashi and Takeshita, 1973).

현재 고로쇠나무에 관한 연구는 거의 이루어져 있지 않으며, 수액에 관한 연구로 국내에서는 무기물과 당류 분석 (Kim

†Corresponding author: (Phone) +82-33-250-6455 (E-mail) hyeonl@kangwon.ac.kr

Received July 20, 2008 / Revised September 2, 2008 / Accepted October 30, 2008

et al., 1991), 자작나무 수액 중에 칼슘, 마그네슘 분석 (Yoon et al., 1992), 수액 성분분석과 효능 (Ahn, 1975) 등이 보고 되어 있으며, 일본의 경우는 국내에 비해 비교적 폭넓은 연구가 이루어지고 있으나 우리나라와 마찬가지로 약리적 효과보다는 수액의 성분분석에 관한 것으로 자작나무의 성분 관련 연구 (Terazawa et al., 1984) 등이 보고되고 있다. 우리나라는 고로쇠나무 수액에 대한 응용의 역사도 깊고 최근에는 수액 소비량도 증가하고 있어 수액을 이용한 산업화가 시도되고 있으나 이를 뒷받침할 과학적 연구가 많지 않다 (Moon et al., 2004). 또한 대부분의 연구가 고로쇠 수액에 관한 것으로, 고로쇠나무 자체의 활성 연구는 분획을 통한 항산화물질 분리 (Kwon et al., 1997) 등이 보고되었을 뿐 그 외에는 전무한 실정이다.

발암이나 노화에 대한 생체 내에서의 지질 과산화나 활성 산소 억제제의 중요성이 큰 주목을 받고 있는 요즈음, 항산화 기능을 지니는 천연물의 역할 규명은 중요한 연구 가치를 지닌다. 기존 butylated hydroxy toluene (BHT), butylated hydroxy anisole (BHA), ascorbic acid 등 인위적으로 제조된 항산화제들은 매우 높은 효능을 나타내고 있으나, 최근 발암물질이 검출되는 등 독성에 대한 문제점이 제기되고 있다. 반면 자연식품에서 섭취하는 항산화제는 과산화물에 의한 손상을 부작용 없이 효과적으로 방지할 수 있기 때문에 천연물을 이용한 리그난의 기능성 식품 소재화 연구 등 기존 합성 항산화제를 대체할 수 있는 효과적이고도 안전한 항산화제의 개발에 대한 연구가 다양하게 진행되고 있다.

글루타치온 (glutathione)은 세포의 방어 시스템 (protective system)으로 설프하이드릴 라디칼 (sulfhydryl radical)을 가지고 있으며 친전자성 물질들과 활성산소 및 과산화지질을 대사작용에 있어서 무독화하는 과정에 이용된다. 또한 이것은 지질 과산화 (lipid peroxidation)의 환원에 관여하는데 이는 글루타치온이 여러 활성증가물질과 결합 (conjugation)을 이루어 glutathione S-transferase와 같은 효소의 작용으로 요 (urine)로 배설하도록 함으로서 체내의 독성물질들을 제거한다.

따라서 본 연구에서는 최근 채취 및 그 이용성이 증대되고 있는 울릉도 자생 우산고로쇠나무와 강원도 인제군 자생 고로쇠나무의 목부와 수피를 대상으로 항산화활성 및 간기능 개선허성을 측정하고, 이를 통해 고로쇠 및 우산고로쇠나무가 가지는 기능성 식품소재로서의 가능성을 평가하고자 본 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

고로쇠나무와 우산고로쇠나무는 2006년 5월에 강원도 인제군과 울릉도에서 채취한 것으로, 수피와 목부를 분리하여 부

위별로 추출하여 사용하였다. 재료를 실온에서 음건시킨 후 분쇄기로 분말화한 뒤 물을 이용하여 60°C에서 12시간 2회 반복 추출하고 초음파 추출공정을 1시간 동안 병행하여 얻어진 추출물을 농축 및 동결건조하여 실험에 이용하였다 (Qadir et al., 2007).

2. DPPH radical에 대한 전자공여능 측정

추출물의 전자공여작용 (electron donating abilities, EDA)은 각각의 추출물에 대한 DPPH (a,a-diphenyl-picrylhydrazyl)의 전자공여효과로 각 시료의 환원력을 측정하였다. 즉, 에탄올 1 ml, 시료 10 µl, 100 mM sodium acetate buffer (pH 5.5) 990 µl를 분주한 시험관에 0.5 mM DPPH 용액 (Abs. EtOH soln.) 0.5 ml를 넣어 교반하고, 암실에서 5분간 반응을 유도한 후, 잔존 radical의 농도를 UV spectrophotometer를 이용하여 517 nm에서 측정하였다 (Lee and Lee, 2008). 전자공여능(%)은 $[(1 - As / Ac) \times 100]$ 으로 나타내었고, As와 Ac에 실험군과 대조군의 흡광도 값을 각각 대입하여 계산하였다.

$$EDA(\%) = \left(1 - \frac{As}{Ac}\right) \times 100$$

As : 추출물 첨가구의 흡광도

Ac : 추출물 무첨가구의 흡광도

3. SOD 유사활성 측정

SOD 유사활성은 Marklund와 Marklund (1975)의 방법에 따라 과산화수소 (H₂O₂)로 전환 반응을 촉매하는 pyrogallol의 생성량을 측정하여 SOD 유사활성으로 나타내었다. 즉, 일정 농도의 시료 0.2 ml에 pH 8.5로 보정한 tris-HCl buffer (50 mM tris [hydroxymethyl] amino-methane + 10 mM EDTA, pH 8.5) 2.6 ml와 7.2 mM pyrogallol 0.2 ml를 첨가하고 25°C에서 10분간 반응 후 1 N HCl 0.1 ml를 가하여 반응을 정지시켰다. 반응액 중 산화된 pyrogallol의 양은 spectrophotometer를 이용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. SOD 유사활성은 시료 첨가 및 무첨가구 간의 흡광도 차이를 백분율(%)로 나타내었다.

$$SOD \text{ 유사활성}(\%) = \left(1 - \frac{As}{Ac}\right) \times 100$$

As : 추출물 첨가구의 흡광도

Ac : 추출물 무첨가구의 흡광도

단, As와 Ac는 대조구의 흡광도를 제외한 수치

4. 아질산염 소거능

아질산염 소거작용은 Gray와 Dugan (1975)의 방법에 의하여 측정하였다. 즉, 1 mM NaNO₂ 용액 1 ml에 일정 농도의

시료 1 ml 를 가하고 0.1 N HCl (pH 1.2)을 사용하여 pH를 1.2로 조정 한 반응용액을 가해 총량을 10 ml로 하였다. 이 용액을 37°C에서 1시간 반응시킨 후 각 반응액을 1 ml 씩 취하여 2% 초산용액 5 ml, Griess 시약 0.4 ml 를 가하여 잘 혼합시킨 다음 실온에서 15분간 방치시킨 후 UV-spectrophotometer를 사용하여 520 nm에서 흡광도를 측정하여 잔존하는 아질산염량을 구하였다. 공시험은 Griess 시약 대신 증류수를 0.4 ml 가하여 동일하게 행하였다. 아질산염 소거작용은 시료를 첨가한 경우와 첨가하지 않은 경우의 아질산염 백분율로써 나타냈으며, 이 값이 큰 것일수록 아질산염 소거작용이 크다는 것을 의미한다.

$$N(\%) = \left(1 - \frac{A-C}{B}\right) \times 100$$

N : 아질산염 소거율

A : 1 mM NaNO₂ 용액에 시료를 첨가하여 1시간 반응시킨 후의 흡광도

B : 1 mM NaNO₂ 용액에 증류수를 첨가하여 1시간 반응시킨 후의 흡광도

C : 시료 추출물 자체의 흡광도

5. Glutathione S-transferase 활성 분석

항산화 활성은 간의 재생에도 효과를 나타내는 것으로 알려져 있어 간의 중요 해독 기전 중의 하나인 GST (glutathione

S-transferase)의 활성을 측정하였다. Habig 등 (1974)의 방법과 같이 조제된 반응시약에 추출물이 제외된 반응액을 대조구로 하였으며, 각 추출물을 농도별로 첨가하여 37°C에서 5분간 반응시킨 다음 기질로서 1-chloro-2,4-dinitrobenzene을 첨가한 후 다시 37°C에서 2분간 반응시켰다. 반응 후 20% TCA를 가하여 반응을 종결시키고 원심 분리한 후 상등액을 340 nm에서 흡광도를 측정 한 뒤 다음과 같이 GST의 활성도를 계산하였다 (Lee et al., 2003).

$$\text{Total activity (units)} = \left(\frac{A_{340}}{9.6}\right) \times \text{희석배수} \times \left(\frac{3\text{ml}}{0.1}\right) \times \text{crude extract (ml)}$$

$$\text{Specific activity (unit/mg protein)} = \text{total activity} / \text{total protein}$$

$$\text{활성율 (\%)} = \frac{\text{Specific activity}_{\text{test}}}{\text{Specific activity}_{\text{control}}} \times 100$$

6. 통계처리

고로쇠와 우산고로쇠 추출물의 항산화 및 간기능 개선 활성은 Microsoft Excel의 Student t-test에 의해 유의성을 검정하였다. 또한 각 활성 실험 등에 대한 각 실험결과는 triplicate determination에 의한 mean ± SD로 표시했으며 각 평균치 간의 차이는 Student t-test에 의해 p=0.05 수준에서 유의성을 검증하였다.

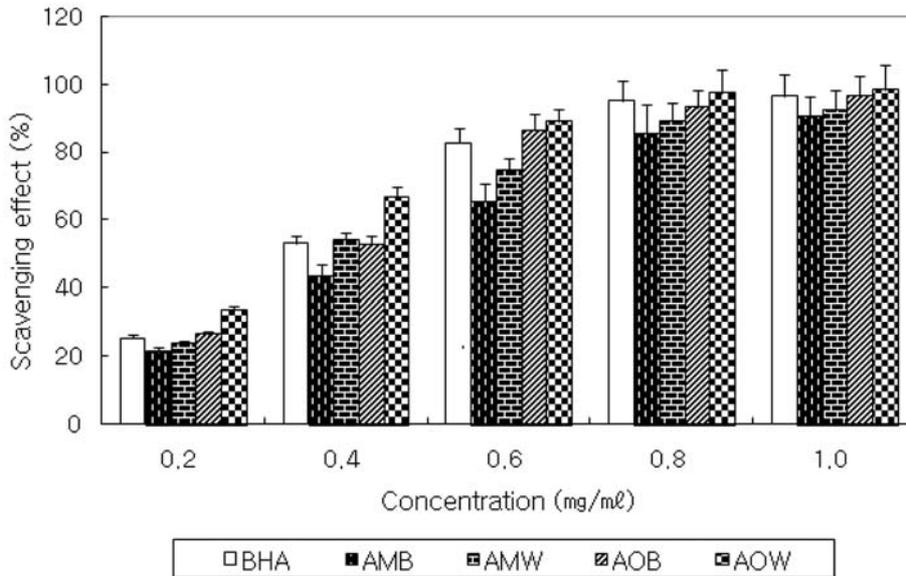


Fig. 1. Scavenging effect of the extracts from *A. mono* and *A. okamotoanum* on DPPH. Each value were compared with control at P < 0.05 by Student t-test.

AMB : The water extract from the bark of *A. mono* at 60°C.

AMW : The water extract from the wood of *A. mono* at 60°C.

AOB : The water extract from the bark of *A. okamotoanum* at 60°C.

AOW : The water extract from the wood of *A. okamotoanum* at 60°C.

결과 및 고찰

1. DPPH radical에 대한 전자공여능

전자공여능 측정에 사용된 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl (DPPH)는 안정한 자유 라디칼로서 그것의 비공유전자로 인해 517 nm 부근에서 최대 흡수치를 나타내며, 전자 또는 수소를 받으면 517 nm 부근에서 흡광도가 감소하며 각 추출물에서 이러한 라디칼을 환원시키거나 상쇄시키는 능력이 크면 높은 항산화 활성 및 활성산소를 비롯한 다른 라디칼에 대하여 소거 활성을 기대할 수 있으며 인체내에서 활성 라디칼에 의한 노화를 억제하는 척도로도 이용할 수 있다.

고로쇠와 우산고로쇠 추출물의 DPPH 소거 활성을 농도별로 측정하여 비교한 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 모든 추출물이 대부분의 농도에서 BHA와 유사한 정도의 활성을 나타내며 높은 전자공여능을 나타내었는데, 특히 우산고로쇠 목부(AOW)는 1.0 mg/ml의 농도에서 BHA의 96.5%에 비하여 높은 98.4%의 소거능을 나타내는 등 모든 농도에서 BHA보다 높은 활성을 나타내었고, 우산고로쇠 수피(AOB)도 BHA와 유사한 정도의 활성을 나타내었다. 고로쇠목부(AMW)와 수피(AMB)는 BHA에 비해서는 낮은 활성을 나타내었다.

특히 이는 목본 및 초본식물 150여 종을 대상으로 실시한 Lee 등 (2003)의 연구에서 높은 활성을 나타내는 것으로 보고된 고로쇠 잎의 활성과 유사한 결과로 모두 α -tocopherol 보

다 우수한 활성을 보이는 것을 확인할 수 있었다. 이를 통해 부위별로 차이는 보이나 고로쇠 추출물이 항산화 활성을 가지고 있으며 가격이 높아 사용이 용이하지 못한 tocopherol에 비해 천연 항산화제로서 활용이 기대됨을 확인하였다.

2. 아질산염 소거능

발암에 관련된 물질로 알려진 nitrite는 독성을 가지고 있고, nitrate도 체내, 체외에서 효소작용에 의해 nitrite로 환원되기 때문에 일정농도 이상 섭취할 경우, 식품내의 amine류와 반응하여 발암물질인 nitrosamine을 생성하고, 또한 혈액 중의 hemoglobin이 산화되어 methenoglobin을 형성하여 methemoglobin증 등 각종 중독을 일으키는 것으로 알려져 있다. 따라서 이러한 아질산염을 소거 및 제거하여 그에 동반되는 질병을 억제할 수 있는 천연물 검색에 대한 연구가 필요하다. Ascorbate와 같은 환원물질이 아질산염과 반응하면 nitrosamine의 생성을 저해할 수 있으며, phenolic 화합물인 tannic acid 유도체는 식품 보존료 및 N-nitrosamine 형성 저해제로 사용되기도 한다. 또한 야채류나 향신료 등의 추출액이 nitrite를 제거하여 그 위험성을 저하시킬 수 있는 능력이 있는 것으로 알려져 있다.

Fig. 2는 고로쇠나무와 우산고로쇠나무 추출물의 아질산염 소거능을 나타낸 것으로 전체적으로 pH 1.2에서 28~41%의 소거율을 나타냈으며, pH 3.0에서는 24~35.7%, pH 4.2에서는

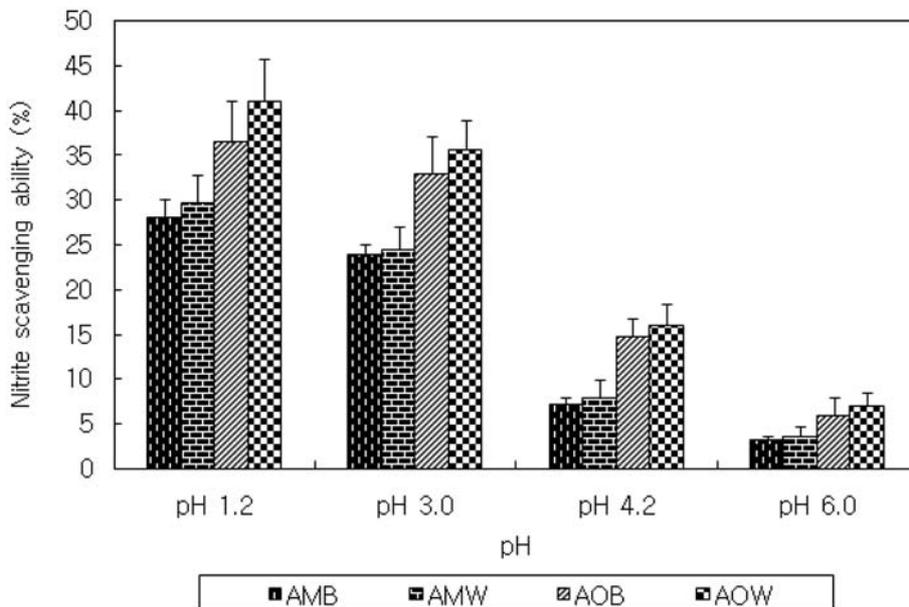


Fig. 2. Nitrite scavenging ability of the extracts from *A. mono* and *A. okamotoanum*. Each value were compared with control at $P < 0.05$ by Student *t*-test.

AMB : The water extract from the bark of *A. mono* at 60°C.

AMW : The water extract from the wood of *A. mono* at 60°C.

AOB : The water extract from the bark of *A. okamotoanum* at 60°C.

AOW : The water extract from the wood of *A. okamotoanum* at 60°C.

Table 1. SOD-like activities of the extracts from *A. mono* and *A. okamotoanum*.

Sample	Concentration (mg/ml)				
	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
BHA	6.2 ± 0.3	14.1 ± 0.9	21.4 ± 1.0	28.0 ± 1.1	33.2 ± 1.2
AMB	5.4 ± 0.2	11.0 ± 0.8	15.9 ± 0.3	19.1 ± 1.0	20.8 ± 0.7
AMW	7.1 ± 0.7	13.8 ± 0.8	20.0 ± 0.3	25.5 ± 0.8	28.6 ± 0.8
AOB	8.8 ± 0.5	15.9 ± 0.4	22.8 ± 0.3	27.5 ± 0.9	31.9 ± 0.7
AOW	9.6 ± 0.8	17.4 ± 0.5	25.9 ± 1.1	31.0 ± 1.3	35.4 ± 0.8

※Each value were compared with control at P < 0.05 by Student t-test
 AMB : The water extract from the bark of *A. mono* at 60°C.
 AMW : The water extract from the wood of *A. mono* at 60°C.
 AOB : The water extract from the bark of *A. okamotoanum* at 60°C.
 AOW : The water extract from the wood of *A. okamotoanum* at 60°C.

7.3~16.0%, 6.0에서는 3.2~7.0%로 나타나 강한 산성에서는 일정 활성을 나타내었으나 pH 3.0 이후 pH 증가에 따라 소거율이 크게 감소하는 경향을 보였다. 작물의 부위별 소거능은 DPPH 전자소거능과 마찬가지로 고로쇠나무에 비해 우산고로쇠나무 추출물의 활성이 대체로 높았고, 우산고로쇠 수피보다는 목부 추출물의 소거능이 높은 것으로 나타났다.

이상의 결과로부터 고로쇠와 우산고로쇠 추출물이 체내에서 산성조건 생성을 통해 일어나는 조직손상 및 이를 통한 산화 효과에 효과적으로 작용할 수 있을 것으로 사료되나, 이는 항균 및 항암효과가 있다고 알려진 솔잎 추출물 연구 (Hong *et al.*, 2004)에서 보고된 77.85%나 썩 추출물 연구 (Park *et al.*, 2002)의 37% 아질산염 소거능에는 미치지 못하는 수치로, 조건에 상관없이 높은 효과를 얻기 위해서는 시료로부터의 활성물질 분리·동정 연구가 병행되어야 할 것으로 사료된다.

3. SOD 유사활성

Superoxide dismutase (SOD)는 항산화 효소로서 세포에 해로운 환원 산소종을 과산화수소로 전환시키는 반응 ($2O_2^- + 2H^+ \rightarrow H_2O_2 + O_2$)을 촉매하는 효소이며, SOD에 생성된 H_2O_2 는 peroxidase나 catalase에 의하여 무해한 물분자와 산소분자로 전환시켜 산소상해로부터 생체를 보호하는 기능으로 알려져 있다. SOD 유사활성 물질은 효소는 아니지만 주로 phytochemical에 속하는 저분자 물질이 SOD와 유사한 역할을 하여 superoxide의 반응성을 억제하여 superoxide로부터 생체를 보호한다고 보고되어 있다. 따라서 SOD 유사활성을 갖는 물질을 섭취함은 인체 내의 superoxide를 제거함으로써 노화 억제와 더불어 산화적 장해를 방어할 수 있는 방법으로 여겨진다.

이러한 항산화효소 활성을 살펴본 결과는 Table 1에 나타내었다. 우산고로쇠 목부 추출물이 1.0 mg/ml의 농도에서 35.4%를 나타내며 모든 농도에서 BHA에 비해 높은 SOD 유사활성을 나타내었다. 우산고로쇠 수피 추출물은 0.6 mg/ml 이하의 농도에서는 BHA 보다 높은 활성을 나타냈으나 이후 농도에

서는 BHA의 활성 증가율에 미치지 못하였다. 고로쇠 추출물도 BHA 보다는 낮지만 대체적으로 높은 활성을 나타내었다. 이는 Lim 등 (2004)이 보고한 대나무 에탄올 추출물의 76.1%나 Choi 등 (2003)이 보고한 밤꽃 메탄올 추출물의 65.1%의 SOD 유사활성에는 미치지 못하나 Chung 등 (1998)의 연구에서 보고된 약용식물 60여종의 평균 34.8%와 유사한 수치로 고로쇠와 우산고로쇠 추출물이 항산화 활성물질을 가지며 비극성 용매를 이용한 추출을 거치면 활성물질의 용출이 증진될 수 있을 것으로 사료된다.

4. Glutathione S-transferase 활성

Fig. 3은 고로쇠와 우산고로쇠 부위별 추출물의 간 해독 작용에 대한 결과를 나타낸 그래프이다. 모든 시료에서 농도의 증가에 따라 간 효소의 활성이 증가하는 것을 확인하였다.

우산고로쇠 목부 추출물이 1.0 mg/ml의 농도에서 가장 높은 178.2%의 활성을 나타내었고, 우산고로쇠 수피 추출물이 163.1%로 다음으로 높은 활성을 나타내었다. 고로쇠나무 목부와 수피 추출물도 1.0 mg/ml의 농도에서 각각 151.4%와 147.5%를 나타내 대체적으로 높은 활성을 나타내었다. 이는 Shon 등이 보고한 연구 (Shon *et al.*, 2003)에서 3~30 mg/ml의 첨가를 통해 대조군 대비 1.5~2.1배의 GST 활성도를 나타낸 천궁추출물의 활성과 유사한 수치로 고로쇠와 고로쇠 추출물이 체내의 해독계에 영향을 줄 수 있음을 확인하는 결과이다.

GST는 유리기 (free radical)를 파괴하여 반응성이 높은 산소들로부터 세포를 보호하기 때문에 체내에서 발생하는 산화물질과 기타 독성물질의 무독화에 영향을 줄 수 있다. 따라서 유해산소의 생성계와 해독계의 불균형이 조직손상을 야기시키는 원인으로 작용한다는 여러 선행 연구보고 (Deneke and Fanburg, 1980)로부터 유해산소의 생성계와 해독계 효소활성도의 유의한 차이가 고로쇠 추출물 첨가를 통해 조직손상이 경감되어 나타난 것이라고 해석할 수 있다.

이상의 결과들을 통해 고로쇠나무와 우산고로쇠나무는 대체적으로 높은 간기능 개선 및 이로부터 나타나는 항산화 활성

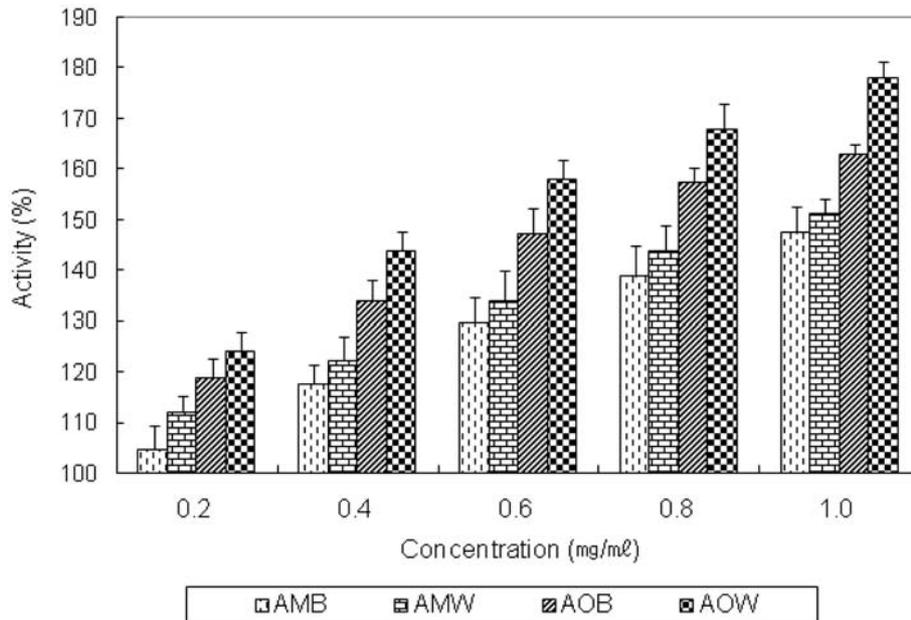


Fig. 3. Effect of glutathione S-transferase activity in adding the extracts from *A. mono* and *A. okamotoanum*.. Each value were compared with control at $P < 0.05$ by Student *t*-test.

AMB : The water extract from the bark of *A. mono* at 60°C.

AMW : The water extract from the wood of *A. mono* at 60°C.

AOB : The water extract from the bark of *A. okamotoanum* at 60°C.

AOW : The water extract from the wood of *A. okamotoanum* at 60°C.

을 가지고 있으며, 고로쇠나무 보다는 우산고로쇠나무의 추출물이, 우산고로쇠의 수피 보다는 목부의 추출물이 높은 활성을 나타냄으로써 우산고로쇠 목부의 추출물이 천연 항산화제로서 활용 가능성이 높음을 확인하였다.

감사의 말

본 연구는 국립산림과학원의 지원으로 수행된 것으로 이에 심심한 사의를 표합니다.

LITERATURE CITED

Ahn WY. (1975). Color index and coloring substances in Korean sugar maple, *Acer mono* Max. syrup. Journal of Korean Forest Society. 26:7-12.

An JM, Kim JS and Kang HM. (1998). A Study on Patterns of Sap Water Users of *Acer mono*. Journal of Korean Forest Society. 87:510-518.

Choi CS, Song ES, Kim JS and Kang MH. (2003). Antioxidative activities of *Castanea crenata* Flos. methanol extracts. Korean Journal of Food Science and Technology. 35:1216-1220.

Chung IM, Kim KH and Ahn JK. (1998). Screening of Korean medicinal and food plants with antioxidant activity. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 6:311-322.

Deneke SM and Fanburg BL. (1980). Normobaric oxygen toxicity of the lung. New England Journal of Medicine. 303:76-86.

Gray JI and Dugan LR Jr. (1975). Inhibition of n-nitrosamine formation in model food system. Journal of Food Science. 40:981-984.

Habig WH, Pabst MJ and Jakoby WB. (1974). Glutathione S-transferases : the first enzymatic step in mercapturic acid formation. Journal of Biological Chemistry. 249:7130-7139.

Hashi M and Takeshita T. (1973). Hypocholesterolemic effect of wood hemicellulose on cholesterol-fed rats. Mokuzai Gakkaishi. 19:101-103.

Hong TG, Lee YR, Hyun CN and Yim MH. (2004). Physiological functionality and nitrite scavenging ability of fermentation extracts from pine needles. Korean Journal of Food Preservation. 11:94-99.

Jang JS. (2001). Reconsideration of *Acer pictum* complex in Korea. Korean Journal of Plant Taxonomy. 31:283-309.

Kim CM, Jung DL and Sheo HJ. (1991). A study on the ingredients in the sap of *Acer mono* Max. and *Betula costata* T. in Mt. Jiri area. Journal of Korean Society of Food and Nutrition. 20:479-482.

Kwon YS, Kim MJ, Choi YH and Kwak SS. (1997). Activity of antioxidative components from the stem of *Acer mono* Max. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 5:302-306.

Lee HH and Lee SY. (2008). Cytotoxic and antioxidant effects of *Taraxacum coreanum* Nakai. and *T. officinale* WEB. extracts. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 16:79-85.

- Lee MK, Lee HS, Choi GP, Oh DH, Kim JD, Yu CY and Lee HY.** (2003). Screening of biological activities of the extracts from *Rubus coreanus* Miq. Korean Journal of Medicinal Crop Science 11:5-12.
- Lee SE, Seong NS, Bang JK and Park CG.** (2003). Antioxidative activities of Korean medicinal plants. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 11:127-134.
- Lee TB.** (1982). Illustrated flora of Korea. Hyangmunsa. Seoul, Korea. p. 522-524.
- Lim JA, Na YS and Baek SH.** (2004). Antioxidative activity and nitrite scavenging ability of ethanol extract from *Phyllostachys bambusoides*. Korean Journal of Food Science and Technology. 36:306-310.
- Marklund S and Marklund G.** (1975). Involvement of the superoxide anion radical in the autoxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. European Journal of Biochemistry. 47:469-474.
- Moon HS and Kwon SD.** (2004). Sap collection and major components of *Acer okamotoanum* Nakai native in Ullungdo. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 12:249-254.
- Moon HS, Park SB, Kwon SD and Goo JW.** (2004). Sap collection and major components of *Acer mono* in Mt. Jiri. Korean Journal of Ecology. 27:263-267.
- Park CS, Kwon CJ, Choi MA, Park GS and Choi KH.** (2002). Antioxidative and nitrite scavenging activities of mugwort and pine needle extracts. Korean Journal of Food Preservation. 9:248-252.
- Qadir SA, Kim CH, Kwon MC, Lee HJ, Kang HY, Choi DH and Lee HY.** (2007). Comparison of anticancer and immunomodulatory activities in the different parts of the *Acer mono* Max. and *Acer okamotoanum*. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 15:405-410.
- Shon YH, Kim HG and Nam KS.** (2003). Effect of *Cnidii rhizoma* water extract on chemopreventive enzymes for hepatocarcinoma. Korean Journal of Pharmacognosy. 34:297-302.
- Terazawa M, Koga T, Okuyama H and Miyake M.** (1984). Phenolic compounds in living tissues of woods III. Platyphylloside, a new diarylheptanoid glucoside from the green bark of shirakamba (*Betula platyphylla* Sukatchev var. *japonica* Hara). Mokuzai Gakkaishi. 30:391-403.
- Yoon SL, Jo JS and Kim TO.** (1992). Utilization and tapping of the sap from birches and maples. Mokchae Konghak. 20:15-20.