

## 홍삼 추출물 투여가 생쥐간에서 항산화 효소 활성과 지질과산화에 미치는 효과

성금수 · 전 철 · 권용훈 · 김경현 · 장재철<sup>#</sup>

군산대학교 화학과  
(2000년 2월 20일 접수)

### Effects of Red Ginseng Component on the Antioxidative Enzymes Activities and Lipid Peroxidation in the Liver of Mice

Kum Soo Sung, Chul Chun, Young Hun Kwon, Kyon Hyun Kim and Che Chul Chang<sup>#</sup>

Department of chemistry, Kunsan National University

(Received February 20, 2000)

**Abstract :** The effects of each component (water extracts, alcohol extracts, lipophilic extracts, total saponin, panaxadiol, panaxatriol) of red ginseng on the antioxidative enzyme activities were investigated in the liver in order to screen antioxidative components of red ginseng. 20~25 g ICR mouse which were pretreated with 50 mg/kg body weight of red ginseng component for 15 days. The ability of red ginseng component to protect against oxidative damage to the mouse liver was examined by determining the level of lipid peroxidation (MDA), hydroperoxide ( $H_2O_2$ ) and the activities of superoxide dismutase (SOD), catalase. The hepatic total-SOD activity was highest in lipophilic extracts group and panaxadiol group next ( $p < 0.01$ ). The content of hepatic hydroperoxide was lowest in the order of panaxatriol group and alcohol extracts group ( $p < 0.01$ ). The hepatic catalase activity in the liver was highest in order of lipophilic extracts group ( $p < 0.01$ ) and total saponin group ( $p < 0.05$ ). Finally, the lipid peroxidation (MDA) level was lowest in lipophilic extracts group, alcohol extracts group and panaxadiol next ( $p < 0.01$ ). In conclusion, the order of effectiveness of antioxidants was to be lipophilic extracts > panaxadiol > total saponins.

**Key words :** Superoxide dismutase, catalase, MDA, panaxadiol, panaxatriol.

## 서 론

생물체가 살아가기 위해서 영양분의 섭취는 물론이고 활발하게 호흡을 해야 되는데 이 호흡을 통해 들어간 산소는 영양성분을 연소시켜 에너지를 방출함으로써 육체적인 운동을 포함한 두뇌활동도 가능하게 한다. 이 때 산소의 대사과정 중에 superoxide radical ( $\cdot O_2^-$ ), hydroxyl radical ( $\cdot OH$ ), 과산화수소 등 반응성이 강한 유리가 생성된다.<sup>1)</sup>

이러한 활성 산소종들은 에탄올 등 화학물질의 체내 유입<sup>2)</sup>과 생체물질의 자가산화,<sup>3)</sup> 노화<sup>4)</sup> 등에 의해서 생성이 촉진되어 생체내에서 단백질의 SH기나 DNA와 반응하여 화학결합의 절단이나 가교결합의 형성 등으로 생체 구성분자의 구조적 변화를 일으킨다.<sup>5,6)</sup>

또한, 세포막의 불포화 지방산과 일련의 연쇄반응을 통하여 지질과산화의 유발을 촉진하고, 최종산물인 malondialdehyde(MDA)의 함량이 증가되어 세포의 산화적 손상이 생리적 기능을 저하시키므로 동맥경화, 간 질환 및 암 등의 여러 가지 질병을 초래하여 결국 노화와 유전적 장애의 원인이 되는 것으로 알려져 있다.<sup>7,8)</sup>

따라서 이러한 자연계에 노출된 생명체는 피할 수 없는 산화에 의한 조직 손상으로부터 스스로 보호하기 위한 방어체계를 갖추고 있다. 그 방어기전은 항산화 활성효소(catalase, peroxidase) 및 활성물질(glutathione, tocopherol 및 ascorbic acid)이 존재함으로써 라디칼의 생성을 억제시킨다.<sup>9,10)</sup>

최근 인삼 성분에 대한 과학적인 연구를 살펴보면 polyacetylene계 성분 중 panaxynol의 가장 강한 항산화작용,<sup>11)</sup> 총사포닌, diol saponin, triol saponin의 지질과산화 생성 억제효과,<sup>12)</sup> ginsenoside Rb<sub>2</sub>의 노화촉진 마우스에서 항산화작용,<sup>13)</sup> ginsenoside Rb<sub>1</sub>, Rg<sub>1</sub>의 항 지질과산화 효과,<sup>14)</sup> ginsenoside

<sup>#</sup> 본 연구에 대한 문의는 이 저자에게로  
(전화) 0654-469-4574; (팩스) 0654-466-2085  
(E-mail) ccchang@kunsan.ac.kr

Rd의 cephaloridine에 의해서 유도된 신장독성에 대한 보호작용<sup>15)</sup>에 대한 보고들이 있다.

한편 김 등<sup>16)</sup>은 홍삼 사포닌의 구성성분인 ginsenoside Rb<sub>1</sub>, Rb<sub>2</sub>, Rc, Rd, Re, Rg<sub>1</sub>, Rf, Rh<sub>1</sub> 및 Rh<sub>2</sub>가 항산화 효소에 미치는 영향을 조사한 결과, ginsenoside Rh<sub>2</sub>만이 catalase의 활성을 대조군보다 유의성 있게 증가시켰고, ginsenoside Rb<sub>1</sub> 및 Rc는 glutathione peroxidase 활성을 증가시켰다고 보고하였다. 이처럼 항산화 효과는 단일성분에 의한 직접적인 작용이라기 보다는 여러 성분들의 조화를 통한 정상화 효과에 의한 것이라는 보고<sup>17)</sup>들이 있으나, 인삼의 항산화 활성성분 및 그 기전에 대하여 현재까지 확실히 규명되어 있지 않아 보다 세부적으로 물 추출물, 알코올 추출물, 지용성 추출물, 총 사포닌, panaxadiol saponins(PD), panaxatriol saponins(PT) 등으로 홍삼을 분리 정제하여 구체적인 항산화 효과를 가져오는 성분이 무엇인지 알아보기 위하여 생쥐 간 조직으로부터 SOD, catalase 등의 항산화 효소 활성과 malondialdehyde(MDA)의 함량 및 과산화수소 함량 변화 등을 비교하고, 홍삼의 항산화 활성 성분의 규명, 항산화 효소 등과 지질과산화와의 상호 관련성 그리고 항노화에 미치는 효과를 검토하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

#### (1) 실험동물

실험 동물은 4주령의 ICR계 수컷 생쥐를 24±4°C, 12시간 명암주기의 사육실에서 상품화된 마우스용 사료와 물을 자의로 먹게 하였고, 일주일간 적응시킨 후 각 실험군으로 분류하여, 체중이 20~25 g의 생쥐만을 선별하여 사용하였다.

#### (2) 시약

실험에 사용한 시약은 sucrose, ethylenediamine tetraacetic acid(EDTA-2Na), xanthine monosodium salt, xanthine oxidase, cytochrome c, superoxide dismutase(SOD), hydrogen peroxide, sodium dodecyl sulfate(SDS), 1,1,3,3-tetramethoxy propanol, thiobabutaric acid, pyridine, Foline-cio-calteus phenol, potassium tartrate, bovine serum albumin, potassium phosphate monobasic, potassium phosphate dibasic, xylenol orange, ammonium ferrous sulfate, butylated hydroxytoluene, sulfuric acid 등은 Sigma 제품을 사용하였고, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaHCO<sub>3</sub>, methanol 및 기타 시약 등은 일반 특급시약을 사용하였다.

#### (3) 실험 동물 처리

각 홍삼 추출물의 항산화 작용을 screening하기 위하여 20~25 g의 ICR계 생쥐 5마리를 1군으로 하여 무처리군을 대조군으로 하고, 물 추출물 투여군, 알코올 추출물 투여군, 지용

성 추출물 투여군, 총 사포닌 투여군, PD 투여군, PT 투여군 등 7가지로 분류하여 대조군에는 생리식염수를, 실험군에는 물 추출물, 알코올 추출물, 지용성 추출물, 총 사포닌, PD 및 PT를 생리식염수에 녹여 50 mg/kg/0.1 ml 용량으로 15일간 경구투여 한 후 실험하였다.

#### (4) 분석시료 제조

홍삼 추출물을 15일간 경구 투여한 후 하루간 절식시킨 생쥐를 경구탈구 한 후, 간 조직을 적출 하여 차가운 생리식염수로 세척한 다음 무게를 달고 간 조직은 차가운 생리식염수에 넣고 세절하고 3회 수세하여 혈액을 제거한 후, sucrose/EDTA(0.25 M/1 mM) 용액을 넣고 마쇄기로 분쇄하여 10% 균질액을 만들었다. 이 균질액을 원심분리(20,000×g, 20분)하고, 상등액을 시료로 하여, SOD, catalase 활성과 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 및 지질과산화(malondialdehyde; MDA), 단백질 함량 등의 측정 시료로 사용하였다.

## 2. 실험방법

### (1) Superoxide dismutase 활성도 측정

SOD활성은 Flohe와 Otting<sup>18)</sup>의 ferricytochrome-c 환원방법으로 측정하였다. 5 μM xanthine, 20 μM cytochrome c와 0.1 mM EDTA가 함유된 50 mM 인산완충액(pH 7.8)이 혼합된 반응액 2.9 ml에 희석시료 50 μl를 넣은 후 50 μl의 xanthine oxidase를 가한 다음 25°C에서 550 nm에서의 흡광도 증가속도를 측정하였으며, SOD 활성도는 위의 조건에서 cytochrome c의 환원속도를 50% 억제하는 효소의 양을 1 unit로 표시하였다.

### (2) Catalase 활성도 측정

Catalase 활성도 측정은 Aebi<sup>19)</sup> 방법에 따라 측정하였다. 50 mM 인산 완충액(pH 7.0)으로 희석시킨 측정 시료 2.0 ml에 30 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 용액 1.0 ml를 넣은 후 20°C에서 파장 240 nm에서의 흡광도 변화를 측정하였다. Catalase의 활성도는 1 분 동안에 1 μmol의 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>를 분해시키는 효소의 양을 1 unit로 표시하였다.

### (3) Hydroperoxide 함량 측정

Hydroperoxide 함량은 Simon<sup>20)</sup>의 방법을 사용하여 측정하였다. 100 μM xylenol orange, 250 μM ammonium ferrous sulfate, 100 mM sorbitol, 25 mM H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>가 되도록 각각을 혼합 용액을 FOX I 시약으로 조제하고, 시료 50 μl에 FOX I 시약 950 μl를 혼합한 후, 실온에서 30분 이상 방치한 다음, 원심분리 하여 응결된 물질을 제거하고, 560 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 과산화수소를 표준시약으로 하였다.

### (4) 지질과산화 수준의 측정

측정 시료의 지질과산화 수준은 지질의 과산화물인 MDA를 Ohkawa<sup>21)</sup>방법을 사용하여, thiobabutaric acid(TBA)법에 의해

측정하였다. 간 조직의 10% 균질액 0.1 ml, 8.1% sodium dodecyl sulfate 용액 0.2 ml, 20% acetic acid 용액(pH 3.5) 1.5 ml와 0.8% tribabutaric acid 용액 1.5 ml를 혼합하여 95 °C에서 1 시간 동안 반응시킨 후, 즉시 냉각시키고, n-butanol 과 pyridine 혼합용액(15 : 1, v/v)을 가하여 격렬하게 흔든 다음 원심분리(4,000 rpm, 10 분)하여 얻은 상등액의 흡광도를 532 nm에서 측정하였다.

(5) 단백질 측정 및 통계처리

조직의 단백질 함량은 bovine serum albumin을 표준물질로 사용하여 Lowry<sup>22)</sup>의 방법에 따라 측정하였다. 또한 모든 실험 결과의 통계처리는 Sigma plot에 의한 student's t-test를 이용하여 상호 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

1. SOD 활성도 변화

생쥐에 홍삼 추출물을 15일 동안 경구 투여한 후 간 조직에서의 SOD 활성도를 측정된 결과 Fig. 1에서 보는 바와 같이 대조군(57.98±4.99 U/mg protein)에 비해 물 추출물 투여군은

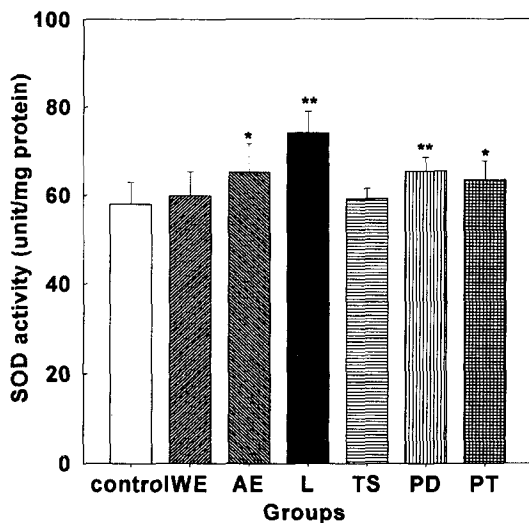


Fig. 1. The changes in superoxide dismutase activities in mouse liver after treatment with red ginseng components. □ control : treated with saline, ▨ WE: treated with red ginseng water extracts, ▩ AE: treated with red ginseng alcohol extracts, ▪ L: treated with red ginseng lipophilic extracts, ▭ TS: treated with red ginseng total saponin, ▮ PD: treated with red ginseng panaxadiol, ▯ PT: treated with red ginseng panaxatriol. Values are means ± S.D of 5 mice. Each of red ginseng components was orally administered into mice 50 mg/kg/0.1 ml for 15 days. \*p<0.05, \*\*p<0.01 : Significantly different from control groups.

59.83±5.48 U/mg protein(3.19%), 알코올 추출물 투여군 및 지용성 추출물 투여군은 각각 65.14±6.51 U/mg protein (12.35%; p<0.05), 74.03±4.95 U/mg protein(27.68%; p<0.01)으로 조사되었으며, 총 사포닌 투여군은 61.07±2.22 U/mg protein(4.97%), PD 및 PT 투여군 역시 각각 64.31±1.96 U/mg protein(10.54%; p<0.01), 61.95±3.03 U/mg protein(6.48%; p<0.05)으로 물 추출물 투여군과 총 사포닌 투여군을 제외한 모든 군에서 유의성 있게 증가함을 보였다.

한편 홍삼 사포닌 투여군에서의 상호 유의성 관계를 알아보기 위해서 총 사포닌 투여군을 대조군으로 하여 PD와 PT 상관관계를 조사한 결과 PD 투여군 만이 유의성(p<0.01) 있는 증가를 보였다.

이처럼 PD 투여군이 총 사포닌 투여군이나 PT 투여군 보다 SOD의 활성도가 높게 나타나는 결과에 대해서, Kim 등<sup>23)</sup>은 SOD 유전형 전사를 하는데 있어서 총 사포닌과 PT는 전사 유도를 증가시키지 못하는 반면 PD는 유의성 있게 증가시키며, PD 분획물중에서도 ginsenoside Rb<sub>1</sub>보다는 Rb<sub>2</sub>가 보다 특이적으로 주목할만하다고 보고하였다.

장 등<sup>24)</sup>은 인삼의 각 부위에서 추출된 조사포닌으로 PD와 PT의 성분 함유비가 다른 시료를 이용하여 이들이 유해산소 제거효소의 발현 유도성에 미치는 영향을 조사한 결과, PD성분의 함유량비 증가에 비례적으로 유해산소제거효소의 전사촉진이 대조군에 비해 3배 이상 촉진됨을 관찰할 수 있었다고 보고하였다.

또한 Wang 등<sup>25)</sup>은 xanthine에 의한 활성산소의 손상으로부터 PD 투여군과 PT 투여군의 SOD 활성도를 조사한 결과 PD 투여군이 PT 투여군 보다 활성도가 높음을 밝혀, 본 실험과 동일한 결과를 보였다.

이러한 결과를 종합하여 볼 때 PD성분이 SOD의 활성도를 가장 유의성 있게 증가시키는 것으로 생각되며 그 중에서도 ginsenoside Rb<sub>2</sub> 성분이 가장 활성을 띠는 성분으로 생각되고, 지속적인 실험이 수행되어져야 한다고 생각된다.

2. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 함량 변화

생쥐에 홍삼 추출물을 15일 동안 경구 투여한 후 간 조직에서의 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 함량을 조사한 결과 Fig. 2에서 보는 바와 같이 대조군(8.21±0.20 mM/g liver)에 비해 물 추출물 투여군은 8.18±0.20 mM/g liver(0.37%), 알코올 추출물 투여군 및 지용성 추출물 투여군은 각각 7.84±0.20 mM/g liver(4.51%; p<0.01), 7.98±0.24 mM/g liver(2.80%)으로 조사되었으며, 총 사포닌 투여군은 8.15±0.12 mM/g liver(0.73%), PD 투여군 및 PT 투여군 역시 각각 7.90±0.20 mM/g liver(3.78%; p<0.05), 7.69±0.25 mM/g liver(6.33%; p<0.01)으로 유의성 있게 감소하였다.

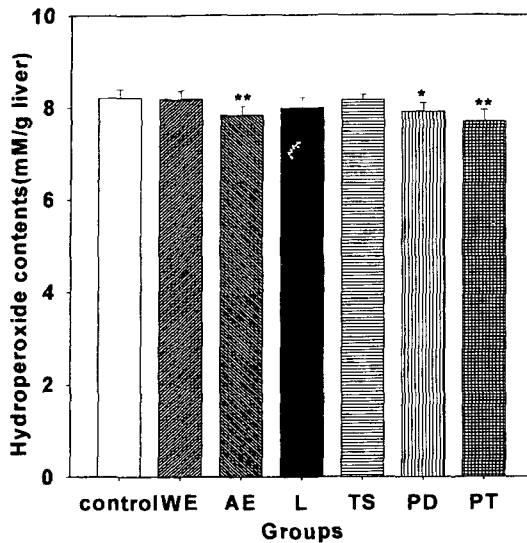


Fig. 2. The changes in hydroperoxide contents in mouse liver after treatment with red ginseng components. Bar symbols are as described in Fig. 1. \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ : Significantly different from control group.

한편 홍삼 사포닌 투여군에서의 상호 유의성 관계를 알아보기 위해서 총 사포닌 투여군을 대조군으로 하여 PD 및 PT 투여군의 상호 유의성을 조사한 결과 PD( $p < 0.05$ ) 및 PT 투여군( $p < 0.01$ )에서 유의성 있게 감소하였으며, PD와 PT 투여군 사이의 상호 유의성은 없는 것으로 조사되었다.

본 결과와 비슷한 견해로서 이 등<sup>26)</sup>은 paraquat 투여 생쥐에서 홍삼 추출물이 paraquat 투여군 보다 유의성( $p < 0.01$ ) 있게 감소하였다고 보고하였고, Lee 등<sup>17)</sup>은 홍삼 물 추출물을 생후 6주부터 투여하여 노화에 따른 홍삼의 항산화 효과를 조사한 결과 나이가 들어감에 따라 대조군에 비해 인삼 투여군에서는 높은 활성도를 유지하였으며 노화와 더불어 나타나는 활성도의 감소도 지연되어 활성산소와 과산화 수소의 함량이 줄어들었으나 상호 유의성은 없었다고 보고하였다.

이러한 결과로 종합하여 볼 때  $H_2O_2$ 의 함량 변화는 SOD 활성도의 활성 증가로 인하여 catalase의 유도가 증가함으로써 과산화수소의 함량이 유의성 있게 감소되었다고 생각된다.

### 3. Catalase 활성도 변화

생쥐에 홍삼 추출물을 15일 동안 경구 투여한 후 간 조직에서의 catalase 활성도 변화를 조사한 결과 Fig. 3에서 보는 바와 같이 생리식염수 투여군인 정상 대조군( $56.39 \pm 7.49$  U/mg protein)에 비해 물 추출물 투여군은  $58.85 \pm 4.76$  U/mg protein(4.36%), 알코올 추출물 및 지용성 추출물 투여군은 각각  $65.31 \pm 4.37$  U/mg protein(15.82%;  $p < 0.05$ ),  $69.19 \pm 3.13$  U/mg protein(22.70%;  $p < 0.01$ )으로 조사되었으며, 총 사포닌 투

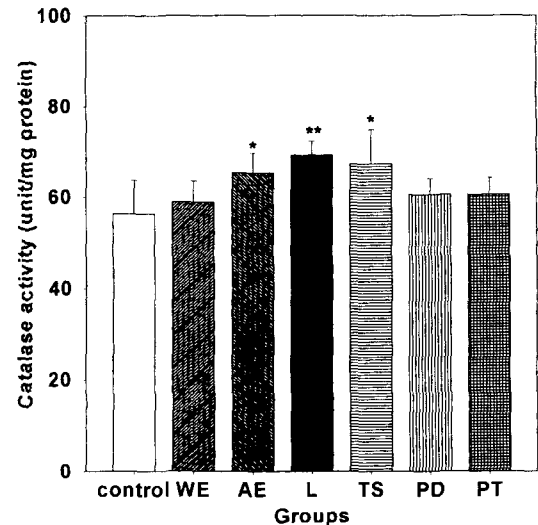


Fig. 3. The changes in catalase activity in mouse liver after treatment with red ginseng components. Bar symbols are as described in Fig. 1. \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ : Significantly different from control groups.

여군은  $67.26 \pm 7.55$  U/mg protein(19.28%), PD 및 PT 투여군 역시 각각  $60.53 \pm 3.56$  U/mg protein(7.34%),  $60.47 \pm 3.75$  U/mg protein(7.24%)으로 조사되었다.

한편 홍삼 사포닌 투여군에서의 상호 유의성 관계를 알아보기 위해서 총 사포닌 투여군을 대조군으로 PD 및 PT 투여군의 상호 유의성 관계를 조사한 결과 PD, PT 투여군 모두 상호 유의성이 없는 것으로 조사되었다.

이러한 결과와 비슷한 견해로서 Rao 등<sup>27)</sup>은 쥐에서 항산화 효소의 발현을 조사한 결과 나이에 따라 catalase는 뇌와 간세포, 신장에서 유의성 있게 감소한다고 보고하였고, 전 등<sup>28)</sup>은 감마선 조사군은 대조군에 비하여 활성도가 증가하다가 감소하는 경향인 반면에 홍삼 추출물 투여군의 활성도는 감마선 조사군에 비해서 빠르게 회복됨을 관찰할 수 있었다고 보고하였다.

또한 Kim 등<sup>23)</sup>과 장 등<sup>24)</sup>은 전통적으로 노화 및 항암 효과에 대한 효능이 알려진 인삼 사포닌 분획중 PD와 Rb<sub>2</sub>를 SOD-catalase 융합 유전자에 처리하여 그 유도효과가 5배 이상 됨을 증명하였으며, 사포닌 분획 중 Rb<sub>2</sub>가 특이적으로 활성산소 제거효과를 나타낸다고 보고하였다.

이런 결과를 종합하여 볼 때 PT보다는 PD가 보다 더 catalase의 활성도 증진에 기여함을 볼 수 있고, PD 분획물 중에서 Rb<sub>2</sub>가 더 특이적으로 활성도를 높일 것으로 생각된다.

### 4. 항산화 효소의 활성변화가 지질과산화 수준에 미치는 영향

생쥐에 홍삼 추출물을 15일 동안 경구 투여한 후 간 조직에서 활성산소에 의하여 야기되는 세포막 지질과산화의 최종산물인 MDA 함량 변화를 조사한 결과 Fig. 4에서 보는 바와 같

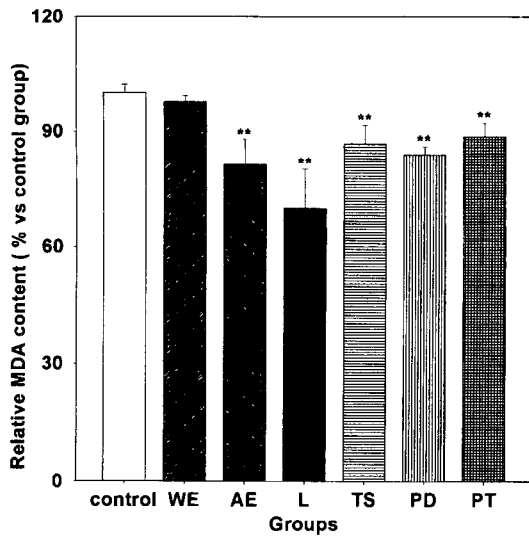


Fig. 4. Effects red ginseng components on hepatic MDA contents of mice. Bar symbols are as described Fig. 1. \*\* $p < 0.01$ : Significantly different from control group.

이 대조군에 비해 물 추출물 투여군은 2.28%, 알코올 추출물 및 지용성 추출물 투여군은 각각 18.53%, 30.01%씩 감소함을 보였으며, 총 사포닌 투여군은 13.25%, PD 및 PT 투여군 역시 각각 15.92%, 11.26%씩 물 추출물을 제외한 모든 추출물에서 유의성( $p < 0.01$ ) 있게 감소함을 보였다.

한편 홍삼 사포닌 투여군에서의 상호 유의성 관계를 알아보기 위해서 총 사포닌 투여군을 대조군으로 PD 및 PT 투여군의 상호 유의성 관계를 조사한 결과 PD, PT 투여군 모두 상호 유의성이 없는 것으로 조사되었다.

이런 결과는 인삼의 항산화 활성 성분이 지질과산화 억제작용,<sup>29)</sup> SOD<sup>30)</sup> 및 peroxidase<sup>12)</sup>의 활성을 유의성 있게 증가시킨 결과라는 Choi 등의 주장과 비슷한 경향이었으며, 오 등<sup>13)</sup>은 노화 촉진 마우스(SAM)에 ginsenoside Rb<sub>2</sub>를 투여한 결과 MDA 함량이 유의성( $p < 0.01$ ) 있게 감소됨을 관찰하였다고 보고하였다.

또한 Yokozawa 등<sup>15)</sup>은 신장의 국소빈혈이나 cephaloridine에 의해서 유도된 흰쥐의 renal병에 걸린 흰쥐에 ginsenoside Rd를 투여한 결과 MDA 함량이 유의성 있게 감소되었다고 보고하였다.

이러한 결과를 종합하여 볼 때 활성산소에 의해서 생성된 지질과산화의 최종산물인 MDA 함량 변화는 SOD, catalase 등의 항산화 효소의 활성도가 증가함에 따라 유의성( $p < 0.01$ ) 있게 감소됨을 볼 수 있었으며, 사포닌 중에서 특히 PD의 경우가 항산화 효과가 가장 좋은 것으로 조사되었다. 따라서 앞으로 PD계 사포닌과 PT계 사포닌에 대하여 폭 넓게 연구가 진행되어야 될 것으로 생각된다.

## 요 약

홍삼 사포닌의 항산화 작용을 나타내는 활성성분을 screening하기 위하여 홍삼 추출물(물 추출물, 알코올 추출물, 지용성 분획, 총 사포닌, PD 및 PT)이 항산화 효소(SOD, catalase)의 활성도 변화와 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 및 MDA의 함량 변화에 미치는 영향을 조사하였다.

항산화 효소인 SOD의 활성도를 조사해 본 결과 지용성 추출물, PD, 알코올 추출물 투여군 순으로 활성도를 높이는 것으로 조사되었으며, SOD에 의한 중간 생성물인 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>의 함량을 조사한 결과 모든 추출물 투여군에서 감소하였으며, 그 중에서도 PT, 알코올 추출물 및 PD 투여군이 유의성 있게 감소하였다. catalase 활성도는 지용성 추출물 투여군이 가장 높았고, 그 다음으로 총 사포닌, 알코올 추출물 투여군 순으로 조사되었다. 유리기에 의해 생성된 지질과산화의 최종산물인 MDA의 함량은 모든 추출물 투여군에서 유의성( $p < 0.01$ ) 있게 감소하였으며, 그 중에서도 지용성 추출물, 알코올 추출물, PD 투여군 순으로 가장 많이 감소하였다.

이와 같은 홍삼 사포닌의 항산화 효과는 SOD 및 catalase와 같은 항산화 효소의 직접적인 작용과 홍삼의 특정 성분들이 생체내에서 내인성 항산화 물질의 합성능력을 강화시킴으로서 산화적 손상에 대한 방어기전을 향상시키는 결과로 생각되며, 그 중에서 지용성 추출물과 PD 분획물이 가장 효과적인 성분으로 생각된다.

## 인용문헌

1. Singh, A. : In "CRC hand book of free radical and antioxidants in biomedicine" Miquel, J., Quintanilha, A. T. and Weber, H.(eds). vol. , CRC Press, Florida, p. 17 (1989).
2. Zidenberg, C., Hurley, S., Lonnerdal, B. and Keen, C. L. : *J. Nutr.*, **115**, 460 (1985).
3. Heinecke, J. W. : In "Oxy-radicals in molecular biology and pathology" Cerutti, R., Fridovich, I. and J. Maccord.(eds), Alam. R. Lis. Inc. New York, p. 443 (1988).
4. Harman, D. : In "Role of free radicals in the origination and evolution of life, aging, and disease processes, in free radicals, aging and degenerative diseases". Johnson, J. E., Walford, R., Harman, D., and Miquel, J.(eds), Alan R. Liss New York, p. 3 (1986).
5. Von Sonntag. : In "The Chemical Basis of Radiation of biology" Tylor and Francis.(eds), London. p. 31 (1987).
6. Fred, J., Yost, J. and Fridovich, I. : *Arch. Biochem. Biophys.*, **175**, 514 (1976).
7. Schraufstatter, I., Hyslop, P. A., Jackson, J. H. and Chchrane,

- C. G. : *J. Clin. Invest.*, **82**, 1040 (1988).
8. Bartoli, G. M., Giannattasio, B. G., Palozza, P. and Cittadini, A. : *Biochem. Biophys. Acta.*, **966**, 214 (1988).
  9. Halliwell, B. : *Cell. Biol. Int. Rep.*, **6**, 529 (1982).
  10. Greenwald, R. A., Cohen, G. : "Oxygen radicals and their scavenger system".(eds), New York. Elsevier Science Publishing Co., 173 (1983).
  11. Han, B. H., Park, M. H. and Han, Y. N. : *Korean Biochem. J.*, **18**, 337 (1985).
  12. Choi, J. H. and Oh, S. K. : *Korean J Food Sci. Technol.*, **17**, 506 (1985).
  13. 오미현, 정해영, 양한석, 김규원, 정한영, 오우라히코끼치, 요꼬자와다까꼬 : *한국생화학회지* **25**, 492 (1992).
  14. Deng, H. L. and Zhang, J. T. : *Chin. Med. J.*, 104, 395 (1991).
  15. Yokozawa, T., Liu, Z. W. and Dong, E. : *Nephron Basel*, **78**, 201 (1998).
  16. 김정선, 김규원, 최강주, 박영규, 임광식, 이경희, 정해영 : *고려인삼학회지* **20**, 173 (1996).
  17. Lee, D. W., Sohn, H. O., Lim H. B. and Lee Y. G. : *Korean J. Ginseng Sci.*, **19**, 1 (1995).
  18. Flohe L. and F. Otting : *Methods in Ezymology*, Vol. 105, p.101 (1984).
  19. Aebi, H. E. Catalase. Insight : *Method of Enzymatic An analysis*. H.U. Bergmyer, ed. Third edition. Vol 3. Verlag. Chemi. Weinheim, p. 273 (1982).
  20. Wolff S. P. : *Methods in Enzymology*, Vol. 233, p. 182 (1994).
  21. Okawa, H., Ohishi, N. and Yagi, K. : *Analytical Biochem.*, **95**, 351 (1979).
  22. Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L. and Randall, R. J. : *J. Biol. Chem.*, **193**, 265 (1951).
  23. Kim, Y. H., Park, K. H. and Rho, H. M. : *J. Biol. Chem.*, **271**, 24539 (1996).
  24. 장문석, 최강주, 노현모 : *고려인삼학회지* **23**, 44 (1999).
  25. Wang, X. M., Jiang, Y., Zhong, G. G. and Sun X. X. : *Chung Kuo Chung Yao Chih*, **18**, 113 (1993).
  26. 이화재, 김동윤, 장재철 : *고려인삼학회지* **23**, 182 (1999).
  27. Rao, G., Xia, E. and Richardson, A. : *Mech. Ageing Dev.*, **53**, 49 (1990).
  28. 전 철, 장재철 : *고려인삼학회지* **17**, 29 (1993).
  29. Choi, J. H. and Oh, S. K. : *Korean Biochem. J.*, **17**, 445 (1984).
  30. Choi, J. H. and Oh, S. K. : *Korean J Food & Nutri.*, **12**, 506 (1983).