

홍삼 활성 성분이 생쥐 간 조직에서 Glutathione 및 지질과산화에 미치는 항산화 효과

성금수 · 전 철 · 권용훈 · 장재철[#]

군산대학교 화학과
(2000년 8월 8일 접수)

Effects of Red Ginseng Component Administration on Glutathione and Lipid Peroxidation Levels in Mice Liver

Kum Soo Sung, Chul Chun, Yong Hun Kwon and Che Chul Chang[#]

Department of Chemistry, Kunsan National University
(Received August 8, 2000)

Abstract : The effects of red ginseng component (water extracts, alcohol extracts, lipophilic extracts, total saponins, panaxadiol and panaxatriol) administration on glutathione (GSH) and lipid peroxidation levels in mice were investigated. 20~25 g ICR mice which were pretreated with water extracts (50 mg/kg), alcohol extracts (50 mg/kg), lipophilic extracts (50 mg/kg), total saponins (50 mg/kg), panaxadiol (50 mg/kg) and panaxatriol (50 mg/kg) 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), glutathione, and the activities of glutathione peroxidase (GPX). The GSH level was raised by all the ginseng component, but the GSSG level was lowered largely by all the ginseng component. The ratio of GSSG/total GSH was decreased because the level of GSSG was decreased more than that of GSH. Finally, the lipid peroxidation (MDA) level was the lowest in lipophilic extracts and panaxadiol nest. In conclusion, the order of effectiveness of anti-oxidants was to be lipophilic extracts>panaxadiol>total saponins.

Key words : Glutathione peroxidase, glutathione, malondialdehyde.

서 론

지질과산화 반응은 활성 산소종이 생체 내에서 단백질의 SH기나 DNA와 화학결합의 절단이나 가교결합의 형성 등으로 생체 구성분자의 구조적 변화를 일으키거나,^{1,2)} 세포막의 불포화 지방산과 일련의 연쇄반응을 통하여 지질과산화 유발을 촉진하고, 지질과산화의 최종 산물인 malondialdehyde (MDA)의 함량이 증가되어 세포에 산화적 손상이 생리적 기능을 저하시키므로 간 질환 등의 여러 가지 질병을 초래하여 결국 노화와 유전적 장애의 원인이 된다.^{3,4)}

이러한 환경에 노출된 생명체는 활성 산소종에 의한 조직 손상으로부터 스스로 보호하기 위한 방어체계를 갖추고 있다. 그 방어기전은 항산화 활성효소(catalase, glutathione perox-

idase(GPX), peroxidase) 및 glutathione(GSH), tocopherol 등의 항산화 물질인데 이중 GSH는 동물 조직 중에서 nonprotein thiol의 대부분을 차지하며 활성 산소의 scavenger로서 H₂O₂ 및 과산화지질을 대사 시키는 GPX의 기질로 세포내 항산화제중에서 가장 중요한 역할을 담당하고 있는데, 생체내에서 GSH의 결핍은 지질과산화 반응을 촉진시킨다. 환원형 glutathione(GSH), 산화형 glutathione(GSSG) 및 GSSG/total GSH 비율은 조직세포내의 산화환원반응과 해독작용 상태의 평가에 중요하며, GSSG형성은 라디칼 생성의 유용한 정량적 지표가 되기 때문에 지질과산화 수준이나 조직손상의 유발과 직접적으로 관련되어 있는 것으로 생각되고 있다.⁵⁾

이처럼 생체조직에서 활성 산소종의 증가는 항산화 효소 활성저하나 GSH 등의 항산화제 함량 감소를 야기시킴으로써 과산화 지질 생성을 촉진시키며, 이때 항산화제의 첨가는 과산화 지질의 생성을 효과적으로 억제할 수 있을 것으로 생각된다.^{6,7)}

[#]본 논문에 관한 문의는 이 저자에게로
(전화) 063-469-4574; (팩스) 063-466-2085
(E-mail) ccchang@kunsan.ac.kr

최근에 활성 산소종에 대한 홍삼의 항산화 효능은 홍삼 추출물이 항산화 효소 활성 및 지질과산화 억제,⁸⁾ ginsenoside Rb₂의 노화촉진 마우스에서 항산화작용,⁹⁾ ginsenoside Rb₁, Rg₁의 항 지질과산화 효과,¹⁰⁾ ginsenoside Rd가 cephaloridine에 의해서 유도된 신장 독성에 대한 보호작용,¹¹⁾ 총 사포닌, diol saponin, triol saponin의 지질과산화 생성 억제효과에 대한 보고 등이 있다.¹²⁾

그러나 이와 같은 홍삼 성분에 대한 항산화 물질의 활성은 투여량이나 홍삼 추출물의 종류에 따라 달라지는 것으로 알려져 있고, 항산화기전 연구에 대해서도 확실하게 알려져 있지 않은 실정이므로, 여러 종류의 홍삼 추출물 성분에 대한 활성 검색과 아울러 작용기전에 대한 연구가 있어야 한다고 본다.

따라서 본 연구에서는 생쥐에 물 추출물, 알코올 추출물, 지용성 추출물, 총 사포닌 panaxadiol, panaxatriol을 투여했을 때 간의 지질과산화 수준과 GSH, GSSG의 함량 및 GPX의 활성도에 미치는 영향을 검토하여 지질과산화와의 상호 관련성, 항산화 효소 활성 성분의 규명에 있어서 부가적인 자료를 제시하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험재료

(1) 실험동물 및 시약

실험 동물은 녹십자(주) 지정사육소인 경남축산에서 분양 받은 4 주령의 수컷 생쥐를 실험동물용 사료로 7 일간 사육시킨 후, 실온이 20~25°C, 습도 50~60%, 12 시간 명암주기의 사육 조건에서 사료와 물을 자의로 먹게 하여, 체중이 25~30g인 생쥐를 사용하였다. 실험에 사용한 시약은 sucrose, potassium phosphate, 1,1,3,3-tetramethoxy propane, acetic acid, n-butanol, pyridine, sodium dodecyl sulfate (SDS), thiobarbituric acid(TBA), hydrogen peroxide, NADPH·tetrasodium salt, 5,5'-dithio-bis(2-nitrobenzoic acid), glutathione reductase(GR), GSH(reducedglutathione), sodium carbonate, sodium phosphate, t-butyl hydroperoxide, potassium tartrate, bovine serum albumin(BSA), Folin-ciocalteus phenol reagent 등의 시약은 Sigma사의 제품을 사용하였고, 기타 ethyl ether를 비롯한 일반 시약은 특급을 사용하였다.

홍삼 사포닌 성분은 한국 인삼연초연구원으로부터 제공받아 사용하였다.

(2) 실험 동물 처리

각 홍삼 추출물의 항산화 작용을 알아보기 위하여 25~30g의 ICR계 생쥐 5마리를 1군으로 하여 무처리군을 대조군으로 하고 물 추출물 투여군, 알코올 추출물 투여군, 지용성 추

출물 투여군, 총 사포닌 투여군, PD 투여군, PT 투여군 등 7가지로 분류하여 대조군에는 생리식염수를, 실험군에는 각 홍삼 추출물을 생리식염수에 녹여 50 mg/kg/0.1 ml 용량으로 15일간 경구투여 한 후 실험하였다.

(3) 분석 시료 처리

홍삼 추출물을 15일간 경구투여 한 후 24시간 절식시킨 실험 동물을 경추탈구 한 후, 간 조직을 적출하고, 간 조직의 일부분을 취하여 세 번 생리적 식염수로 세척하여 혈액을 제거한 다음, sucrose/EDTA(0.25 M/1 mM) 냉 용액을 넣고 마쇄기(glass teflon homogenizer)로 분쇄하여 10% 균질액을 만들었다. 이 균질액을 원심분리(20,000×g, 20분)하여 상등액을 시료로 하여 GPX의 활성과 glutathione 함량 및 지질과산화(malondialdehyde; MDA), 단백질 함량 측정 시료로 사용하였다.

2. 실험방법

(1) Glutathione peroxidase 활성도 측정

GPX 활성은 Flohe¹³⁾ 등의 방법으로 측정하였다. 즉 1 mM EDTA가 함유된 0.1 M 인산완충액(pH 7.0) 500 μl에 100 μl의 측정시료, 2.4 U GR 100 μl와 10 mM GSH(환원형) 100 μl를 넣고 전체 반응액에서 농도가 1 mM이 되도록 NaN₃을 첨가한 후 37°C에서 10 분간 incubation한 다음 파장 340 nm에서 3분 동안 NADPH의 농도 변화를 측정하며, 전체 반응은 위 반응액에 1.5 mM H₂O₂용액 100 μl를 가한 후 위와 같은 조건에서 5 분간 흡광도 감소를 측정하였다. 비효소적 반응은 위와 동일한 조건으로 측정 시료 대신에 인산 완충액을 넣고 흡광도 변화를 측정하였으며, 단위는 분당 산화된 NADPH 1 μmol를 1 unit의 효소 활성으로 하였다.

(2) Glutathione 함량 측정

간 조직에서의 total glutathione(GSH+2GSSG)와 GSSG 함량은 Tietze의 방법을 변형한 Griffith¹⁴⁾의 방법에 의해 측정하였다. Total glutathione의 정량은 0.3 mM NADPH/0.125M phosphate buffer(contain 6.3 mM EDTA, pH 7.5) 용액 700 μl, 6 mM DTNB용액 100 μl와 200 μl의 측정 시료를 혼합한 반응액을 30°C로 조절되는 thermostatted cuvette holder에서 4분간 안정화시킨 다음 412 nm에서 흡광도 변화를 1분간 측정하였다. GSSG의 정량은 GSH를 제거하기 위해 측정시료와 2-vinylpyridine(2-VP)를 혼합(50 : 1, v : v)하여 60분간 방치한 다음 total GSH와 동일한 조건에서 단지 GR(200 kU/l) 용액을 20 μl로 증가하여 반응시켜 흡광도의 변화를 측정하였다. GSH의 함량은 다음 식에 의하여 계산하였다.

$$\text{GSH 농도} = \text{total GSH농도} - 2 \times [\text{GSSG}]$$

(3) 지질과산화물 함량 측정

측정 시료의 지질과산화 수준은 지질과산화물인 MDA를 Ohkawa¹⁵방법을 사용하여, TBA법에 의해 측정하였다. 간 조직액의 10% 균질액 0.1 ml, 8.1% SDS 용액 0.2 ml, 20% acetic acid 용액(pH 3.5) 1.5 ml와 0.8% TBA 용액 1.5 ml를 혼합하여 95°C에서 1시간 동안 반응시킨 후, 즉시 냉각시키고, n-butanol과 pyridine 혼합용액(15:1, v:v)을 가하여 격렬하게 흔든 다음 원심분리(4,000 rpm, 10 분)하여 얻은 상등액의 흡광도를 532 nm에서 측정하였다.

(4) 단백질 측정 및 통계처리

조직의 단백질량은 BSA를 표준물질로 사용하여 Lowry¹⁶ 등의 방법에 따라 측정하였다. 또한 모든 실험결과와 통계처리는 Sigma plot에 의한 student's t-test를 이용하여 상호 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. Glutathione peroxidase 활성도 변화

생쥐에 홍삼 추출물을 15일 동안 경구 투여한 후 간 조직

에서의 GPX의 활성도를 조사한 결과 Fig. 1에서 보는 바와 같이 대조군에 비해 물 추출물 투여군은 0.95% 증가한 반면, 알코올 추출물 투여군은 5.23%, 지용성 추출물 투여군은 6.66%, 총 사포닌 투여군은 17.31%이었으며, PD 및 PT 투여군 또한 각각 31.73%, 25.96%으로 모두 유의성(p<0.01) 있게 증가하였다.

한편 총 사포닌을 대조군으로 홍삼 사포닌의 상호 유의성 관계를 조사한 결과 PD, PT 모두 유의성(p<0.01) 있게 증가하였으며, 그 중에서도 PD가 PT보다 5.77% 높게 증가함을 보였다.

이러한 연구결과와 비슷한 견해로서 이 등⁷은 홍삼 사포닌 투여군이 paraquat 단독 투여군 보다 GPX 활성도가 증가하였으나 유의성이 없었으며, Deng 등¹⁰은 PD계 사포닌인 ginsenoside Rb₁이 GPX를 유의성(p<0.001) 있게 증가시켰다고 보고하였다.

한편 김 등¹⁷은 ginsenoside Rb₁, Rb₂, Rc, Rd, Re, Rg₁, Rf, Rh₁ 및 Rh₂ 여러 ginsenoside 성분 중 PD계 사포닌인 ginsenoside Rb₁, Rc에서만 GPX의 활성도가 증가하는 하였을

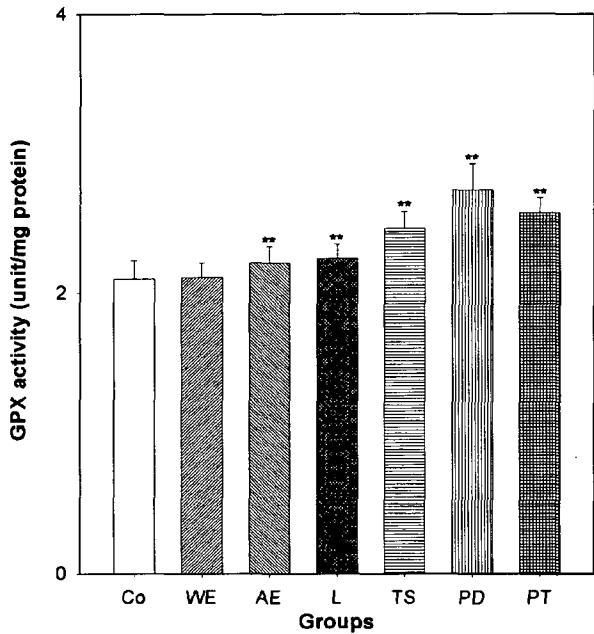


Fig. 1. The changes in glutathione peroxidase activity in mouse liver after treatment with red ginseng components. □ Co : treated with saline, ▨ WE : treated with red ginseng water extracts, ▩ AE : treated with red ginseng alcohol extracts, ▤ L : treated with red ginseng lipophilic extracts, ▥ TS : treated 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 15days. **p<0.01 : Significantly different from control group.

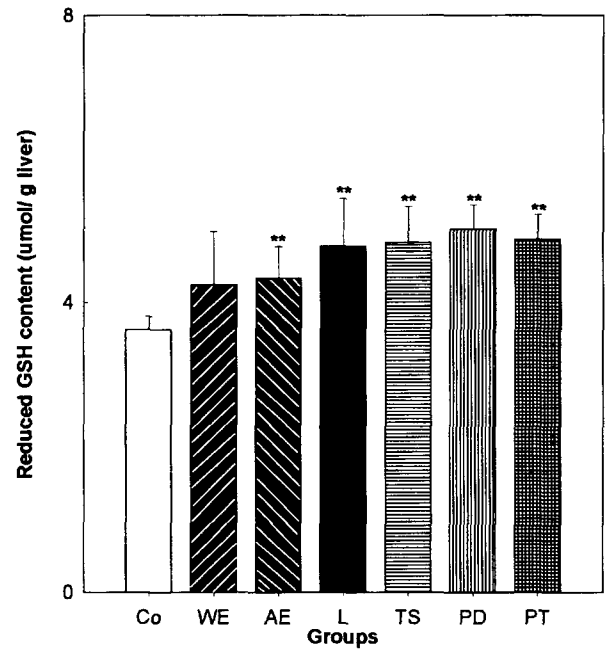


Fig. 2. The changes in reduced glutathione contents in mouse liver after treatment with red ginseng components. □ Co : treated with saline, ▨ WE : treated with red ginseng water extracts, ▩ AE : treated with red ginseng alcohol extracts, ▤ L : treated with red ginseng lipophilic extracts, ▥ TS : treated 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 15days. **p<0.01 : Significantly different from control group.

뿐만 유의성은 없었다고 보고하였다.

지금까지 조사된 결과를 종합하여 볼 때 GPX의 활성도를 모든 홍삼 추출물이 증가를 시키지만 그 중에서도 가장 유효한 성분으로는 PD인 것으로 생각되며, PD에 대한 자세한 분리 정제를 하여 PD분획물중에서 어느 성분이 GPX의 활성화를 나타내는지 지속적인 연구가 필요할 것이라 생각된다.

2. 환원형 GSH 함량 변화

생쥐 간 조직에서 GSH의 함량 변화를 조사한 결과 Fig. 2에서 보는 바와 같이 환원형 GSH의 함량 변화는 생리적 식염수를 투여한 대조군에 비해 물 추출물 투여군은 17.13%로 증가한 반면, 알코올 추출물 투여군 19.61%, 지용성 분획물 투여군은 32.04%, 총 사포닌 투여군은 55.85%, PD 및 PT 투여군 또한 45.48%, 37.46%로 모두 유의성($p < 0.01$) 있게 증가하였다.

한편 홍삼 사포닌의 상호 유의성 관계를 알아보기 위해서 총 사포닌을 대조군으로 하여 PD, PT의 상관관계를 조사한 결과 PD, PT 모두 유의한 차이는 없었다.

이런 결과와 비슷한 견해로서 George 등은 노화에 따른 생쥐의 GSH 함량 변화를 조사한 결과 간, 신장, 심장 등에서 점차 감소¹⁸⁾되거나, GSH 고갈의 가능한 기전으로 항산화적 작용으로의 소모 이외에도 acetaldehyde와 GSH 결합, GSH의 간내 합성의 저해, 담즙으로의 배설 증가, 혈액으로의 유출증가¹⁹⁾ 등을 제시하였다.

또한 Kim 등²⁰⁾은 paraquat는 간 및 적혈구의 GSH을 저하시켰으며, GSH의 투여로 paraquat의 독성이 약화되는 점으로 미루어 보아, GSH의 보호효과를 설명하였다.

이런 결과를 종합하여 볼 때 홍삼 추출물의 각 성분이 GSH의 생성촉진, GSH의 산화억제, GSH biosynthesis의 첫 단계에서 요구되어지는 γ -glutamylcysteine synthetase 효소의 활성화 증대 및 peroxide, 화학물질의 체내 유입에 따른 해독작용에 사용되어진 GSH가 glutathione reductase에 의해 다시 GSH로 원활한 환원이 되어진 결과로 생각된다.

3. GSSG 함량 변화

생쥐의 간 조직에서 GSSG의 함량 변화를 조사한 결과 Fig. 3에서 보는 바와 같이 대조군에 비해 물 추출물 투여군은 1.92%, 알코올 추출물 투여군은 11.54%, 지용성 분획물 투여군은 17.31%, 총 사포닌 투여군은 53.54%, PD 및 PT 또한 24.41%, 37.80%로 모두 유의성($p < 0.01$) 있게 감소하였다.

한편 홍삼 사포닌의 상호 유의성 관계를 총 사포닌을 대조군으로 조사한 결과 PD, PT 투여군 모두 유의성($p < 0.01$) 있게 증가하였다.

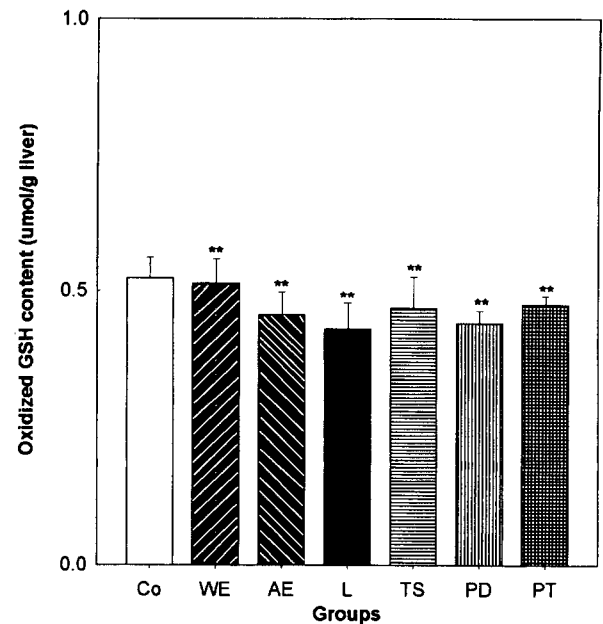


Fig. 3. The changes in oxidized glutathione contents in mouse liver after treatment with red ginseng components. □ Co : treated with saline, ▨ WE : treated with red ginseng water extracts, ▩ AE : treated with red ginseng alcohol extracts, ▤ L : treated with red ginseng lipophilic extracts, ▥ TS : treated with red ginseng total saponin, ▧ PD : treated with red ginseng panaxadiol, ▨ PT : treated with red ginseng panaxatriol. Values are means \pm S.D of 5 mice. Each of red ginseng components was orally administered into mice 50 mg/kg/0.1 ml for 15days.

** $p < 0.01$: Significantly different from control group.

생쥐의 간 조직에서 대조군에 비해 모든 군에서 GSSG 함량이 유의성 있게 감소한 것은 GSH가 GPX에 의해 H_2O_2 를 제거하는 과정에서 전환된 GSSG가 담즙이나 혈액으로 유출되었기 때문이라고 주장⁷⁾하였다.

한편 김 등⁶⁾은 방사선 조사전에 홍삼 추출물을 투여 받은 생쥐의 간에서의 GSSG 함량이 정상 대조군에 비해 감소하는 경향을 보였으나 유의한 차이는 없었다고 보고하였다.

이와 같은 결과를 종합하여 볼 때 대조군에 비해 홍삼 추출물 투여군의 GSSG 함량이 감소한 것은 담즙이나 혈액으로 유출되었거나 glutathione reductase에 의해 GSSG가 GSH로 환원되었기 때문으로 생각되며, 차후에 이러한 항산화 물질의 기전에 대해서 좀더 상세히 연구할 필요성이 제기된다.

4. GSSG/total GSH 비율의 변화

GSSG/total GSH 비율의 변화를 조사한 결과 Fig. 4에서 보는 바와 같이 GSSG/total GSH의 비율 변화는 대조군에 비해 물 추출물 투여군은 11.57% 감소하였으며, 알코올 추출물 투여군은 22.08%, 지용성 분획물은 31.17%, 총 사포닌

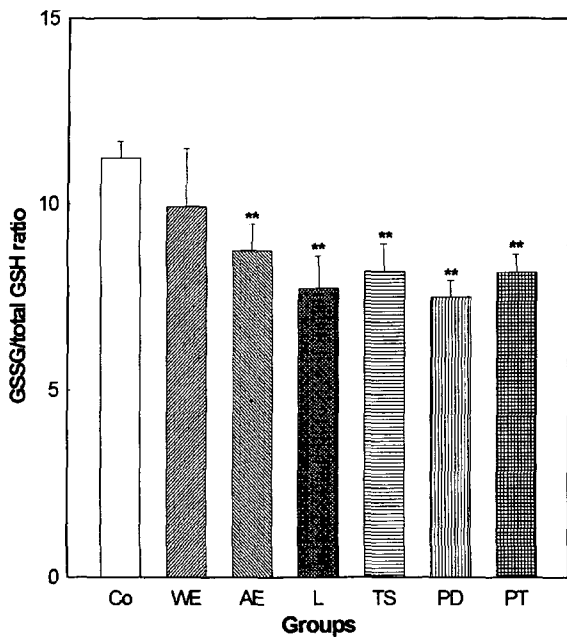


Fig. 4. The changes in GSSG/total GSH ratio in mouse liver after treatment with red ginseng components. □ Co : treated with saline, ▨ WE : treated with red ginseng water extracts, ▩ AE : treated with red ginseng alcohol extracts, ▤ L : treated with red ginseng lipophilic extracts, ▥ TS : treated with 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 15days. **p<0.01 : Significantly different from control group.

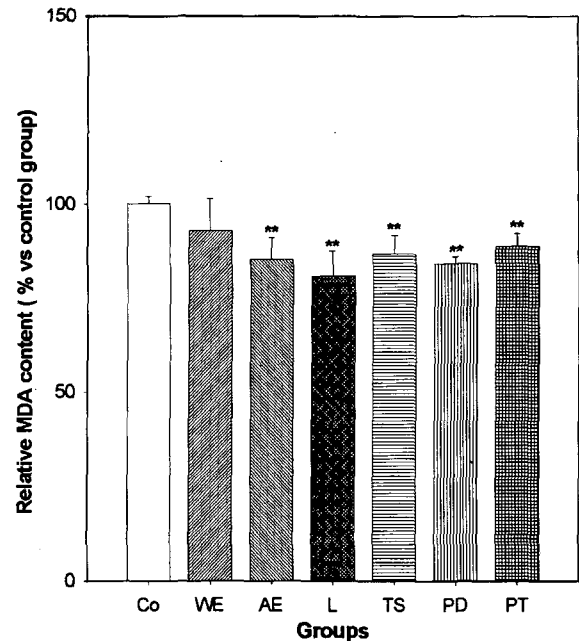


Fig. 5. Effects red ginseng components on hepatic MDA contents of mice. □ Co : treated with saline, ▨ WE : treated with red ginseng water extracts, ▩ AE : treated with red ginseng alcohol extracts, ▤ L : treated with red ginseng lipophilic extracts, ▥ TS : treated with red ginseng total saponin, ▦ PD : 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 15days. **p<0.01 : Significantly different from control group.

투여군은 27.11%, PD 및 PT 투여군 또한 33.20%, 27.22%로 모두 유의성(p<0.01) 있게 감소하였다.

이런 결과와 비슷한 견해로서 이 등⁷⁾은 paraquat 단독 투여군의 생쥐 간에서 GSSG/total GSH 비율은 유의성(p<0.01) 있게 감소하였으며, 홍삼 사포닌 투여군은 유의한 차이가 없었다고 보고한 반면 이²¹⁾는 만성적 에탄올 투여는 흰쥐 간에서의 GSSG/total GSH 비율이 2.69%로 유의성(p<0.05) 있게 증가하였다고 보고하였다.

이러한 결과들을 종합하여 볼 때 GSSG/total GSH 비율의 유의성(p<0.01) 있는 감소는 GSH의 생성촉진, GPX의 활성 증대로 생성된 GSSG가 담즙이나 혈액으로 배출되거나, GR에 의해서 GSSG가 환원되어진 결과라고 생각된다.

5. 항산화 물질이 지질과산화물에 미치는 영향

생쥐에 홍삼 추출물을 경구 투여한 후 간 조직에서 지질과산화의 최종 산물인 MDA 함량 변화를 조사한 결과 Fig. 5에서 보는 바와 같이 대조군에 비해 물 추출물 투여군은 7.13%, 알코올 추출물 투여군은 14.92%, 지용성 분획물 투여

군은 19.16%, 총 사포닌 투여군은 13.25%, PD 및 PT 또한 각각 15.92%, 11.26%으로 물 추출물 투여군을 제외한 모든 군에서 유의성(p<0.01) 있게 감소하였다.

한편 홍삼 사포닌의 상호 유의성 관계를 알아보기 위해서 총 사포닌을 대조군으로 하여 PD, PT의 상관관계를 조사한 결과, PD에서만 유의성(p<0.01) 있게 감소함을 보였다.

홍삼의 지질과산화 억제작용에 대하여 오 등⁹⁾은 노화 촉진 마우스(SAM)에 ginsenoside Rb₂를 투여한 결과 MDA 함량이 유의성(p<0.01) 있게 감소, Deng 등¹⁰⁾은 ginsenoside Rb₁를 쥐에 복강 투여한 결과 지질과산화가 유의성 있게 감소, Yokozawa 등¹¹⁾은 신장의 국소빈혈이나 cephaloridine에 의해서 유도된 흰쥐에서 ginsenoside Rd를 투여한 결과 MDA 함량이 유의성 있게 감소등의 연구 결과와 비슷한 경향을 보였다.

한편 최 등¹²⁾은 triol saponin이 diol saponin 보다 지질과산화 억제 효과가 있는 것으로 조사되었으나 triol saponin과 diol saponin 사이의 유의한 차이는 없다고 보고하였다.

이러한 결과를 종합하여 볼 때 Fig. 6, 7에서 보는 바와 같이

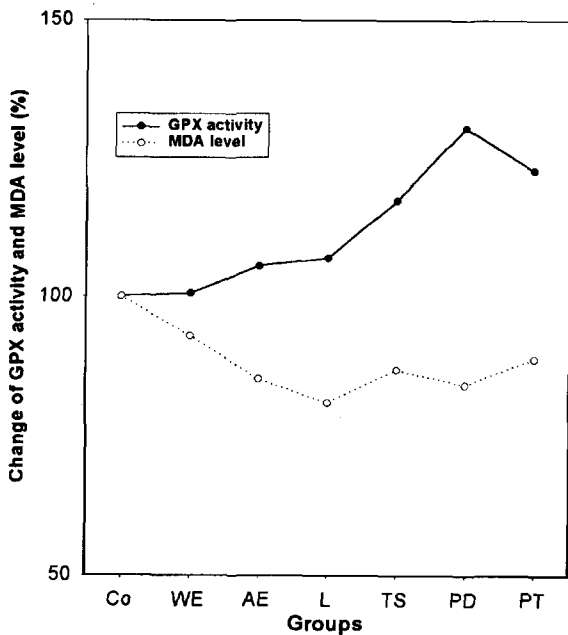


Fig. 6. Changes in glutathione peroxidase activity and MDA as affected by ginseng.

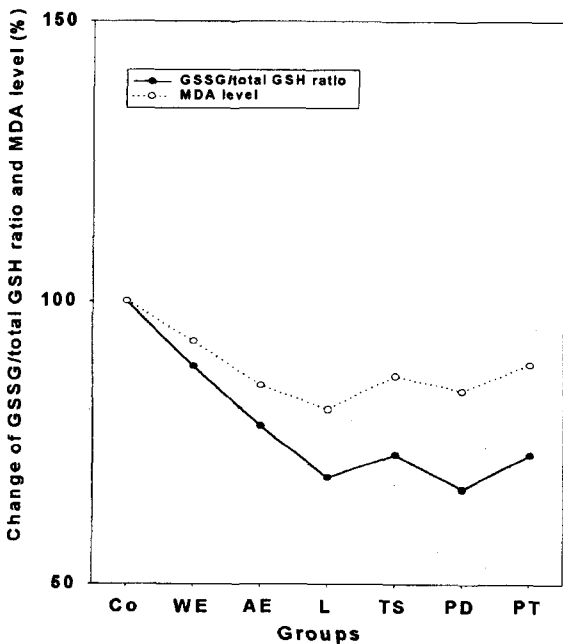


Fig. 7. Changes in GSSG/total GSH ratio and MDA as affected by ginseng.

활성산소에 의해서 생성된 지질과산화의 최종산물인 MDA의 함량 변화는 GPX의 항산화 효소와 항산화 물질인 GSH의 산화환원 비율에 따라 유의성(p<0.01) 있게 감소됨을 볼 수 있었으며, 특히 지용성 분획물의 경우가 가장 좋았으며 PD, 총 사포닌 순으로 조사되었다. 따라서 앞으로 PD계 사포닌에 대하여 폭 넓게 연구가 진행되어야 될 것으로 생각된다.

요 약

홍삼의 물 추출물, 알코올 추출물, 지용성 추출물, 총 사포닌, PD 및 PT 각 홍삼 추출물을 생리식염수에 녹여 50 mg/kg/0.1 ml 용량으로 4주령 수컷 생쥐에게 15일간 경구투여 하여 생쥐 간으로부터 항산화 효소(GPX)의 활성도 변화와 GSH, GSSG 및 MDA의 함량 변화에 미치는 영향을 조사하였다. GPX의 활성도는 PD, PT, TS 순으로 활성도가 높은 것으로 조사되었으며, 항산화 물질인 환원형 GSH 또한 같은 순으로 증가하는 것으로 조사되었다. 한편 GSSG 함량은 지용성 추출물, PD, 알코올 추출물 순으로 감소하는 것으로 조사되었다. 동물조직세포내의 산화환원반응과 해독작용상태의 평가에 중요한 GSSG/total GSH 비율은 지용성 추출물, PD, 총 사포닌 순으로 감소하는 것으로 조사되었다. 활성산소에 의해 생성된 지질과산화의 최종산물인 MDA의 함량은 GSSG/total GSH 비율의 조사 결과와 비슷한 경향을 보였다. 이와 같은 결과를 종합하여 볼 때 항산화 효소 활성화와 항산화 물질 활성 증대를 강화시키는 홍삼 성분으로는 지용성 추출물, PD 및 총 사포닌인 것으로 조사되었으며, 이러한 성분들이 산화적 손상에 대한 방어기전 향상에 좋은 것으로 생각된다.

인용문헌

1. Von, Sonntag. : In "The Chemical Basis of Radiation of biology" Tylor and Francis.(eds), London. p. 31 (1987).
2. Fridovich, I. : *Arch. Biochem. Biophys.*, **247**, 1 (1986).
3. Schraufstatter, I., Hyslop, P. A., Jackson, J. H. and Chchrane, C. G. : *J. Clin. Invest.*, **82**, 1040 (1988).
4. Bartoli, G. M., Giannattasio, B. G., Palozza, P. and Cittadini, A. : *Biochem. Biophys. Acta.*, **966**, 214 (1988).
5. Vendemiale, G., Altomare, E., Grattagliano, I. and Albano, O. : *J. Hepatol.*, **9**, 359 (1989).
6. 김동윤, 장재철 : *고려인삼학회지*, **22**, 1 (1998).
7. 이화재, 김동윤, 장재철 : *고려인삼학회지*, **23**, 182 (1999).
8. 성금수, 전철, 권용훈, 김경현; 장재철 : *고려인삼학회지*, **24**, 29 (2000).
9. 오미현, 정해영, 양한석, 김규원, 정한영, 오우라히코끼지, 요꼬자와다카코 : *한국생화학회지*, **25**(5), 492 (1992).
10. Deng, H. L. and Zhang, J. T. : *Chin. Med. J.*, **104**, 395 (1991).
11. Yokozawa, T., Liu, Z. W. and Dong, E. : *Nephron Basel*, **78**, 201 (1998).
12. Choi, J. H. and Oh, S. K. : *Korean Biochem. J.*, **17**, 445 (1984).
13. Flohe, L. and Gunxler, W. A. : *Methods in Enzymology*, Academic press, New York, 105 p.114 (1984).
14. Griffith, O. W. : *Analytical Biochem.*, **106**, 207 (1980).

15. Ohkawa, H., Ohishi, N. and Yagi, K. : *Analytical Biochem.*, **95**, 351 (1979).
16. Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L. and Randall, R. J. : *J. Biol. Chem.*, **193**, 265 (1951).
17. 김정선, 김규원, 최강주, 박영규, 임광식, 이경희, 정해영 : *고려인삼학회지*, **20**, 173 (1996).
18. George, A. H. and Calvin, A. L. : *Biochem. J.*, **188**, 25 (1980).
19. Speisky, H., Macdonald, A., Giles, G., Orrego, H. and Israel Y. : *J. Biochem.*, **225**, 565 (1985).
20. Kim, M. C., Park, J. Y., Chae, K. Y., Cheon, Y. W., Park, P. S and Cha, J. H. : *The Medical Journal of chosun University*, **16**, 2 (1991).
21. 이정원 : *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **20**, 285 (1991).