

40주령의 생쥐 간에 미치는 ginsenoside의 항산화효과

김경현 · 성금수 · 장재철#

군산대학교 화학과
(2000년 8월 28일 접수)

Effects of the Antioxidative Components to Ginsenoside in the Liver of 40-week-old Mice

Kyeng-Hyun Kim, Kum-Soo Sung and Che-Chul Chang#

Department of Chemistry, Kunsan National University
(Received August 28, 2000)

Abstract : To study on antioxidant effects of saponin fractions, we investigated effects in the liver of 40-week-old mice to which were pretreated with 5 mg/kg per body weight of saponins for 5 days. The ability of saponins to protect against oxidative damage to the mouse liver was examined by determining the level malondialdehyde (MDA), hydrogen peroxide and the activity of superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT). The only panaxadiol (PD) among the ginseng saponin fractions significantly increased the hepatic SOD activities ($p<0.01$). Whereas PD, panaxatriol (PT), ginsenoside Rd (G-Rd) ($p<0.01$) and ginsenoside Re (G-Re) ($p<0.05$) significantly decreased the contents of hydrogen peroxide. It was only G-Rd that significantly increased CAT activities ($p<0.05$). The level of MDA was significantly decreased by G-Rd and PD. In conclusion, PD and G-Rd among the saponin fractions were especially increased in the activity of hepatic antioxidative enzyme and decreased the lipid peroxidation that was expressed in term of MDA formation.

Key words : SOD, catalase, hydrogen peroxide, MDA, ginsenoside, saponin.

서 론

인삼은 항산화물질로서 생체에 비특이적으로 효소활성에 영향을 미치며, 여러 성분들의 조화를 통한 정상화효과에 의하여 항산화작용이 증가한다고 알려져 있고,¹⁾ 또한 항산화활성의 본체를 규명하고자 하는 노력도 활발히 진행되고 있다.^{2,3)} 그러나 생체는 노화가 진행함에 따라 활성산소에 의한 항산화방어능력 및 방어기구가 저하되고,^{4,5)} 지질과산화를 촉진하여 각종 질병을 유발한다고 보고되고 있다.⁶⁾

홍삼의 항산화작용에 대한 연구에서, 특히 홍삼 분획물의 최적 투여시기를 결정하는 것은 홍삼의 항산화 활성성분의 효능을 더욱 증가시킬 수 있는 중요한 요소로 생각된다. 지금까지 대부분의 연구에서 홍삼 분획물의 투여 대상

연령이 대부분 4주령⁷⁻⁹⁾의 생쥐이었고, 그 이외에 생후 3개월에서부터 3개월 단위로 최고 24개월까지 장기간에 걸쳐 투여한 실험¹⁰⁾과 노화촉진마우스에 투여하여 실험¹¹⁾한 결과들이 보고되고 있다. 또한 일부에서는 투여시기를 투여연령이 아닌 생체중 등으로 결정하여 실험을 수행한 보고들도 있다.

따라서 본 연구에서는 홍삼 분획물의 투여시기를 어린 시기도 노령의 시기도 아닌 즉, 비교적 활동력이 왕성하다고 판단되는 연령을 10개월(40주)로 정하여, 홍삼의 주요한 항산화 활성성분인 total saponins(TS), PD, PT, G-Rd, G-Re와 장내세균에 의한 최종 분해산물로 알려진 compound K(C-K)를 투여하여 생쥐의 간 조직에서 항산화 활성능력을 조사하였다. 즉, 간 조직에서의 SOD, CAT 등의 항산화 효소활성과 과산화수소 함량, 지질과산화 최종산물인 MDA의 함량변화 등을 비교하여, 홍삼의 어떤 성분이 항산화효소의 활성에 영향을 주는지 알아보고, 항산화효소와 지질과산화와의 상호 관련성을 검토해 보았다.

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

재료 및 방법

1. 실험재료

(1) 실험동물

40주령의 ICR계 수컷 생쥐를 $24 \pm 4^\circ\text{C}$ 로 조절한 사육실에서 상품화된 마우스용 사료와 물을 자유롭게 먹게 하면서 적응시킨 후 체중 30~35 g의 생쥐만을 선별하여 사용하였다.

(2) 시약

실험에 사용한 hydrogen peroxide, xanthine monosodium salt, xanthine oxidase, cytochrome C, sodium dodecyl sulfate, pyridine, xylenol orange, ammonium ferrous sulfate, butylated hydroxytoluene 등은 sigma 제품을 사용하였고, Na_2CO_3 , NaHCO_3 과 메탄올 및 기타 시약 등은 일반 특급시약을 사용하였다. 홍삼 사포닌 성분들은 한국담배인삼공사에서 제공받아 사용하였다.

(3) 분석시료 제조

생쥐 7마리를 1군으로 하여 대조군, TS, PD, PT, G-Rd, G-Re 및 C-K 투여군 등 총 7개군으로 분류하여, 대조군은 생리식염수만을 0.1 ml/day, TS 분획과 PD, PT, G-Rd와 G-Re, C-K는 5 mg/kg/0.1 ml을 5일간 경구 투여하였다. 경구 투여 후 24시간 절식시킨 생쥐를 경추탈구 시킨 후, 간 조직을 적출하여 차가운 생리식염수로 세척한 다음 무게를 달고 간 조직은 얼음 결정상태의 생리식염수에 넣고 세절하고 3회 수세하여 혈액을 제거하였으며, sucrose/EDTA(0.25 M/1 mM) 용액에 넣고 마쇄기(glass teflon homogenizer)로 분쇄하여 10% 균질액을 만들었다. 이 균질액을 원심분리(20,000 \times g, 20분)하여 상등액을 시료로 하여, SOD, CAT, 과산화수소, MDA 함량 측정 시료로 사용하였다.

2. 실험방법

(1) SOD 활성도 측정

Flohe와 Otting¹²⁾의 방법에 의하여 측정하였다. 시험관에 50 mM 인산완충액(containing 0.1 mM EDTA, pH=7.8) 990 μl , 증류수 17 μl , 시료 17 μl , 5 μM xanthine 17 μl 를 넣은 후, 17 μl 의 xanthine oxidase(시료를 가하지 않은 반응에서 흡광도 증가가 550 nm에서 분당 0.025 이상이 되도록 조절한 후)를 가한 다음 25°C , 550 nm에서 흡광도 증가속도를 측정하여 SOD 활성도를 구하였다. SOD 활성도는 위의 조건에서 cytochrome C의 환원 속도를 50% 억제하는 효소의 양을 1 unit로 표시하였다.

(2) 과산화수소 함량 측정

과산화수소는 Simon P. Wolff¹³⁾에 의한 방법을 사용하여 측정하였다. 100 μM xylenol orange, 250 μM ammonium ferrous sulfate, 100 mM sorbitol, 25 mM H_2SO_4 가 되도록

각각을 합한 용액을 FOX I 시약으로 조제하고, 시료 50 μl 에 FOX I 시약 950 μl 를 혼합한 후, 실온에서 최소 30분 이상 방치한 다음, 원심분리 하여 응결된 물질을 제거하고, 560 nm에서 분광광도계로 측정하였으며, 과산화수소를 표준 시약으로 하였다.

(3) Catalase 활성도 측정

CAT 활성도는 Aebi¹⁴⁾ 방법에 따라 측정하였다. 50 mM 인산 완충액(pH 7.0)으로 희석시킨 측정 시료 2.0 ml에 30 mM 과산화수소 용액 1.0 ml를 넣은 후 20°C 에서 파장 240 nm에서의 흡광도 변화를 측정하였다. 효소의 활성도는 1분 동안에 1 μmol 의 과산화수소를 분해시키는 효소의 양을 1 unit로 표시하였다.

(4) MDA 수준의 측정

지질과산화 수준은 지질의 과산화물인 MDA를 Ohkawa¹⁵⁾ 방법을 사용하여, Thiobabutaric acid(TBA)법에 의해 측정하였다. 간 조직액의 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% TBA 용액 1.5 ml를 혼합하여 95°C 에서 1 시간 동안 반응시킨 후, 즉시 냉각시키고, n-butanol과 pyridine 혼합용액(15:1, v/v)을 가하여 격렬하게 흔든 다음 원심분리(4,000 rpm, 10분)하여 얻은 상등액(유기층)의 흡광도를 532 nm에서 측정하며, 표준 검량선을 얻기 위하여 1,1,3,3-tetra-methoxypropane(TMP)을 표준시약으로 사용하였다.

(5) 단백질 측정 및 통계처리

단백질 함량은 bovine serum albumin을 표준물질로 사용한 Lowry¹⁶⁾의 방법에 따라 측정하였다. 또한 모든 실험결과와 통계처리는 t-test법에 의해서 상호 유의성을 검정하였다.

실험결과 및 고찰

1. SOD 활성도 변화

40주령 생쥐에 홍삼 TS, PD, PT, G-Rd, G-Re 및 C-K를 투여한 다음 생쥐 간으로부터 SOD 활성을 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 대조군에서의 SOD 활성도는 74.09 ± 8.54 U/mg protein 이었으며, 모든 홍삼 사포닌 투여군은 대조군에 비하여 SOD 활성이 증가하였다. 이 중 PD 투여군에서는 대조군의 활성에 비하여 18.20%로 가장 높은 활성을 보였고, G-Rd군은 11.19%, PT군은 7.02%, G-Re군은 4.08%, C-K군은 3.64%, TS군은 3.47%로 나타났다. PD와 PT 투여만을 비교해 보면 PD 투여가 PT 투여보다 11.18% 증가를 보였고, G-Rd 투여는 G-Re 투여에 비하여 약 6% 높은 SOD 활성도 증가를 보였다. 대조군에 대하여 상호 유의성을 검토한 결과, 활성이 가장 높은 PD 투여군만이 유의성($p < 0.01$) 있는 변화를 보였다.

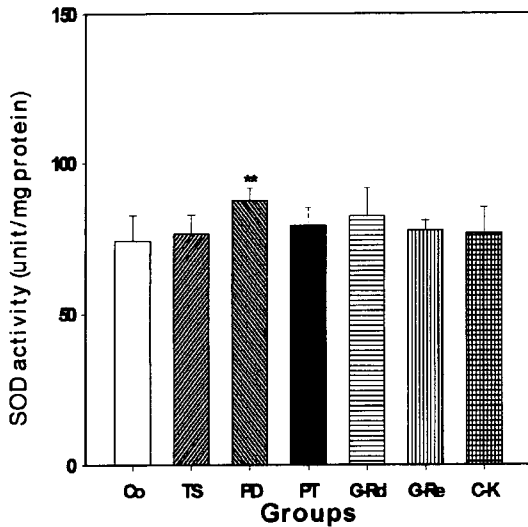


Fig. 1. The changes in SOD activity in mouse liver after treatment with red ginseng saponins. □, Co, treated with saline (Control group); ▨, TS, treated with red ginseng total saponin; ▩, PD, treated with red ginseng panaxadiol; ▪, PT, treated with red ginseng panaxatriol; ▭, G-Rd, treated with red ginseng ginsenoside Rd; ▮, G-Re, treated with red ginseng ginsenoside Re; ▯, C-K, treated with red ginseng compound K. Values are means ± S.D of 5 mice. Each of red ginseng saponins was orally administered into mice 5 mg/kg/0.1 ml for 5days. Statistical significance : **p<0.01, compare with control groups.

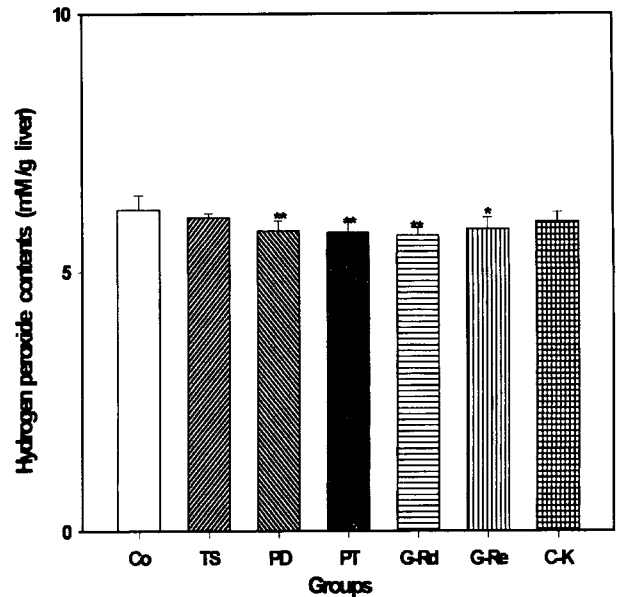


Fig. 2. The changes in hydrogen peroxide contents in mouse liver after treatment with red ginseng saponins. Bar symbols are as described in Fig. 1. Statistical significance : **p<0.01, *p<0.05 compare with control groups.

한편 사포닌 분획물의 투여시기와 관련하여 볼 때 본 연구 결과는, 홍삼 분획물 PD, PT를 4주령의 생쥐에게 투여하여 SOD 활성을 대조군에 비하여 유의성 있게 증가한다는 보고,⁷⁾ 3개월에서부터 24개월까지 3개월 단위로 장기간 투여하여 SOD 활성도 감소를 지연하면서 높은 활성도를 유지한다는 보고,¹⁰⁾ 노화축진마우스에 Rb₂를 투여하여 SOD 활성이 유의성 있게 증가한다는 보고¹¹⁾와 비슷한 경향을 보였다.

또한 SOD 활성을 사포닌 분획물의 종류별로 비교해 보면, PD 투여는 PT 투여보다, G-Rd 투여는 G-Re 투여보다 SOD 활성이 비교적 높게 나타났다. 이것은 PD 투여가 TS, PT 투여와는 달리 Cu, Zn-SOD 함량을 증가시킨다는 보고,^{17,18)} 산화적 스트레스에 대하여 G-Rd 투여가 SOD 활성을 증가한다는 보고,^{19,20)} xanthine에 의한 손상으로부터 PD 투여가 PT투여보다 SOD 활성을 높인 것을 밝혀 낸 보고²¹⁾와 일치하였다. 그러나, 9종의 ginsenoside 중 PD 분획물인 Rc 투여에서 Cu, Zn-SOD 활성이 유의성 있게 감소²²⁾한다는 보고와는 상이한 결과이었다. 이는 사포닌 분획물의 종류 및 투여방법 등에 따라서 효소활성에 차이가 있는 것인지 앞으로 연구가 더 진행되어야 할 것으로 생각된다.

본 연구 결과에서 사포닌 분획물의 투여는 40주령의 생쥐에게도 SOD 활성 증가를 가져왔으며, 그 중에서 PD와 G-

Rd가 효소활성을 크게 증가하는 성분으로 생각되었다. 따라서 앞으로의 과제로서 사포닌 분획물 종류별 투여방법, 즉 투여연령별 투여시기, 투여량 등을 확립하고, 또한 사포닌 분획물의 항산화 활성분체 등을 규명하는 좀더 체계적인 연구가 지속적으로 이루어져야 한다고 생각된다.

2. 과산화수소의 함량 변화

홍삼 분획물을 투여한 다음 생쥐 간으로부터 과산화수소 함량을 측정된 결과는 Fig. 2와 같다. Fig. 2에서 보는 바와 같이 대조군에서의 과산화수소 함량은 6.19±0.29 mM/g liver 이었으며, 대조군에 비하여 홍삼 사포닌을 투여한 군에서는 모두 10% 범위 내에서 TS, C-K, G-Re, PD, PT, G-Rd 투여 순으로 감소되었다. 그 중 PD, PT, G-Rd 투여 (p<0.01)와 G-Re 투여에서는 유의성(p<0.05)이 인정되었다.

성 등⁷⁾은 4주령의 생쥐에게 PD, PT를 투여하여 과산화수소의 함량이 유의성 있게 감소한 것은 SOD, catalase 활성도가 증가하여 유도된 결과라고 보고하였고, 이 등¹⁰⁾은 홍삼의 물 추출물을 24개월까지 장기간 투여하면서 과산화수소 함량을 조사한 결과, 나이가 들어감에 따라 그 함량은 줄어들지만 홍삼 추출물 투여로 인하여 SOD, CAT 활성도가 높은 상태로 유지되기 때문에 노화와 더불어 나타나는 효소활성의 감소가 지연되어 활성산소와 과산화수소 함량이 대조군에 비하여 감소되었다고 보고하였다. Yokozawa 등²⁰⁾은 G-Rd 투여가 라디칼 포착 효소의 활성화를 증대하여 산화적 스트

레스로부터 몸을 보호하고, 특히 G-Rd에 의한 H_2O_2 소거는 peroxisome에서 일어난다고 보고하였다.

이상의 연구 결과와, 홍삼 분획물의 투여로 과산화수소 함량이 감소된 본 실험 결과와 비슷한 경향을 보인 것으로 보아 사포닌 분획물이 40주령의 생쥐 간에서 과산화수소를 소거하여 나타난 것인지, 효소 활성 증가를 유도한 것인지, 또는 효소와 작용하여 효소의 conformation을 변화시킴으로써 효소반응을 촉진한 것인지, 효소 활성화로 인하여 항산화물질의 합성능력이 증대되어 나타난 결과인지 분명하지는 않다. 그러나 PD, PT, G-Re, G-Rd 투여에서 과산화수소 함량이 유의성 있게 감소한 점에 주목하여 좀 더 폭 넓은 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

3. Catalase 활성도 변화

홍삼 분획물을 투여한 다음 생쥐 간으로부터 CAT를 측정 한 결과는 Fig. 3과 같다. Fig. 3에서 보는 바와 같이 대조군에서의 CAT 활성도는 129.54 ± 8.78 U/mg protein이고, 홍삼 사포닌 투여군에서는 대조군에 비하여 활성도가 모두 증가하는 경향을 보였다. TS 투여군은 대조군에 비하여 15.39% 증가하였고, G-Rd는 14.61%, PT는 10.63%, PD는 10.33%, C-K는 8.49% 그리고 G-Re는 5.72% 증가를 보였다. G-Rd 투여군에서만 유의성($p < 0.05$)이 인정되었고, 사포닌 분획물의 종류에 따른 CAT 활성 효능은 PD와 PT 투여 간에는 경미한 차이를 보이고 있지만, G-Rd 투여는 G-Re

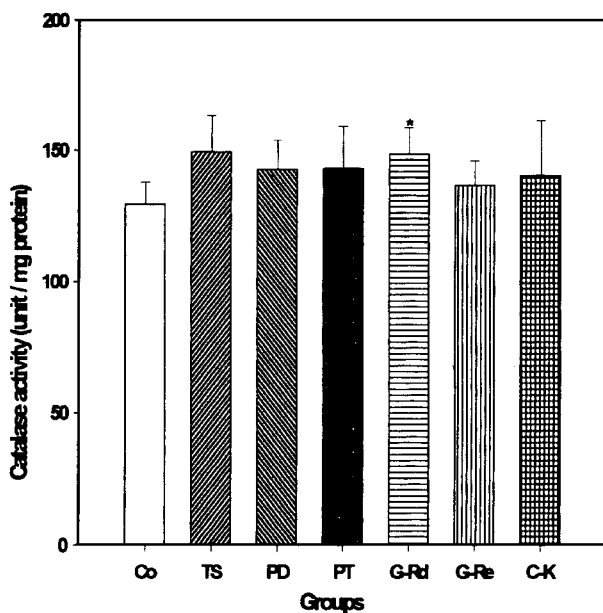


Fig. 3. The change in catalase activity in mouse liver after treatment with red ginseng saponins. Bar symbols are as described in Fig. 1. Statistical significance : * $p < 0.05$ compare with control groups.

투여에 비하여 8.89% 증가한 활성도를 보였다.

그러나 CAT 활성도는 연령에 따라 감소하고,⁵⁾ 나이에 따라 간세포, 신장세포에서 유의성 있게 감소한다고 보고²³⁾되고 있다. 본 실험에서 40주령의 생쥐에게 홍삼 분획물을 투여한 결과는, 성 등⁷⁻⁹⁾과 같이 홍삼 분획물을 4주령에 투여하지는 않았지만 대조군에 비하여 CAT 활성이 증가하는 일치된 경향을 나타냈다. 그러나 이 등¹⁰⁾은 홍삼 추출물을 12개월까지 투여하여 CAT 활성도의 증가를 보았지만, 24개월이 지나면서부터 대조군과 함께 유의성($p < 0.05$) 있게 감소한다고 보고하였다. Yokozawa 등¹⁹⁾은 G-Rd를 투여하여 산화적 스트레스로부터 생성되는 라디칼, 특히 H_2O_2 , $\cdot OH$, OCI^- 의 생성을 억제하는 CAT 활성이 증가함을 보고하였다. 한편, 장 등¹⁷⁾은 인삼 사포닌 중 PD와 Rb₂를 SOD-CAT 융합 유전자에 처리하여 노화와 돌연변이 억제 유도효과가 5배 이상됨을 증명하였으며, PD 분획 중 Rb₂가 특이적으로 유해산소 제거효소의 함량 증대를 유도한다고 보고하였다. 그리고 김 등²²⁾은 9종의 사포닌 분획물을 생쥐에 투여하여 Rh₂만이 CAT 활성을 유의성($p < 0.05$) 있게 증가시킨다고 보고한 바 있어, PD 분획물이 CAT 활성을 더욱 유도하여 나타난 결과라고 생각되며, 사포닌 분획물의 종류에 따라 CAT 활성도에 차이가 나타남을 알 수 있었다.

이러한 결과를 볼 때 40주령의 생쥐에게 사포닌 분획물을 투여함으로써 CAT 활성이 그대로 유지되고, CAT 활성 유지로 인하여 과산화수소의 함량 또한 감소된 것으로 생각되었다. 특히 CAT에 감수성이 예민한 PD 사포닌 분획물은 G-Rd라고 생각되었으며, 앞으로 그 활성분체 및 효소 활성증가의 작용기작을 종합적으로 규명해야 할 것으로 생각된다.

4. MDA수준에 미치는 영향

홍삼 분획물을 투여한 다음 생쥐 간으로부터 MDA 수준을 측정한 결과는 Fig. 3과 같다. 대조군에서의 MDA 함량은 77.52 ± 6.44 nmol/g wet liver이었으며, 각 홍삼 사포닌 투여군에서 지질과산화 최종산물인 MDA 수준은 대조군에 비하여 감소하였다. 대조군에 비하여 PD 투여군에서는 23.29%, G-Rd와 TS 투여군에서는 각각 20.98%와 15.95% 감소를 보였으며, C-K, PT, G-Re 투여군에서는 각각 11.86%, 10.57%, 6.74% 감소하는 경향을 나타냈다. 그러나 상호 유의성 관계에서는 G-Rd 투여군만 유의성($p < 0.05$) 있게 감소함을 보였고, 그 이외의 투여군에서는 유의성을 보이지 않았다. PD는 PT 투여보다 MDA 수준을 12.72%, G-Rd 투여는 G-Re 투여보다 14.24% 만큼 감소함을 보였다.

생쥐의 연령과 관련하여 이상의 결과는, 4주령의 생쥐에게 홍삼 분획물의 투여로 내인성 항산화물질의 생성을 촉진시켜 지질과산화를 억제한다고 보고,⁷⁻⁹⁾ 산화적 스트레스로부터 G-

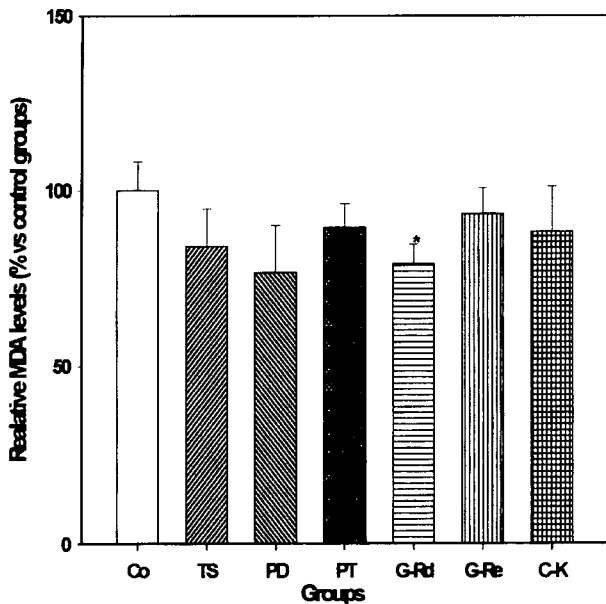


Fig. 4. The change in MDA levels in mouse liver after treatment with red ginseng saponins. Bar symbols are as described in Fig. 1. Statistical significance : * $p < 0.05$ compare with control groups.

Rd 투여가 SOD 및 CAT 활성을 증가시키는 반면 MDA 함량을 감소시킨다고 보고^{19,20)}한 내용과 일치하는 경향을 보이고 있다. 또한 홍삼 사포닌 종류에 따라 항산화효소 활성효능에서 차이는 있지만, SOD나 CAT와 같은 항산화효소의 활성을 유도하여 유리 라디칼의 생성을 억제 또는 소거하고, 항산화물질을 합성하여 유리 라디칼에 의한 지질과산화의 방어를 향상시킨다고 생각할 수 있다. 특히 40주령의 생쥐에게 PD와 G-Rd를 투여한 결과 SOD 활성이 증가한 반면, MDA를 가장 큰 수준으로 감소시킨 것은 이들 두 사포닌이 분명히 다른 사포닌에 비하여 항산화효소 활성과 항산화물질 생성에 대한 감수성이 예민하게 작용하여 나타난 결과로 판단된다. 또한 이 등¹⁰⁾도 홍삼 분획물이 연령과 관련하여 노쇠할 때까지 항산화효소의 활성을 유지시킬 수 있다고 하였다. 그러나 최 등²⁴⁾은 triol 사포닌이 diol 사포닌보다 과산화 지질 생성억제작용이 있다고 보고하였고, 이것에 대하여 sapogenin에 glycoside linkage를 하고 있지 않은 C₃-OH가 존재하고 있기 때문이라고 판단하였다.

한편 사포닌의 활성본체를 규명하기 위하여 사포닌의 체내 동태와 대사에 대해서도 많은 관심이 집중되고 있다. 하 등²⁾은 PD계 사포닌은 대사 되지 않고 C-K를 생성하는 반면 PT계 사포닌은 빠르게 대사 되어 protopanaxatriol이 생성됨을 알았고, 이들이 ginsenoside 주요 대사산물임을 확인함과 동시에 그 대사과정을 밝혀냈고, 또한 성 등³⁾은 흰쥐를 이용하여 인삼 사포닌의 체내동태를 관찰한 결과, ginsenoside는

흡수되지 않고 장내세균에 의하여 대사된 산물이 혈중으로 흡수되어 약리작용을 담당하고 있으며, 인삼 사포닌의 활성 본체가 대사산물을 보고하였다.

본 실험결과로부터 홍삼 사포닌 중 PD와 G-Rd에서 항산화효소 활성의 증가와 지질과산화 억제가 다소 증가한 것에 주목하여, 과연 이들의 활성이 사포닌 구조와 관련되어 있는지, 장내세균에 의하여 대사되어 C-K의 형태로 흡수되는지 아니면 다른 형태로 흡수되는지 단정할 수는 없지만, 그 활성성분이 서서히 흡수되어 항산화효소의 활성 증가와 더불어 내인성 항산화물질의 증가를 가져와 노화와 함께 증가하는 지질과산화물인 MDA의 함량을 감소시킨 것으로 생각되어 앞으로 홍삼의 항산화 활성본체 및 항산화 mechanism에 대해서 지속적인 연구가 이루어져야 될 것으로 생각된다.

요 약

40주령의 생쥐에게 홍삼 총사포닌, PD, PT, ginsenoside G-Rd, G-Re 및 C-K 등을 경구투여하여 생쥐 간에 미치는 항산화효과를 알아보기 위하여 SOD와 CAT 활성도 변화와 과산화수소 함량, MDA 수준의 변화를 조사하였다. SOD와 CAT 활성도는 모든 홍삼 사포닌 투여군에서 증가하였지만 PD 투여군에서만 유의성($p < 0.01$) 있는 증가를 보였다. 과산화수소 함량은 홍삼 사포닌의 투여로 모두 감소하였으며, 특히 PD, PT, G-Rd($p < 0.01$) 및 G-Re 투여군($p < 0.05$)에서 유의성 있게 감소하였다. CAT 활성도는 G-Rd 투여군에서 유의성($p < 0.05$) 있게 증가하였다. 지질과산화의 최종산물인 MDA 수준은 홍삼 투여군 모두에서 감소되었으며, 특히 G-Rd 투여군에서 유의성($p < 0.05$) 있게 감소하였다. 따라서 홍삼 사포닌 성분은 40주령의 생쥐 간에서 항산화효소의 합성 증가를 유도하거나 활성을 촉매하여 활성산소들을 효율적으로 소거하는 기능과 지질과산화를 억제하는 항산화물질의 합성능력을 강화하여 산화적 손상으로부터 생체를 방어하는 효과가 있다고 생각되었다. 특히 홍삼 사포닌 중에서도 PD와 G-Rd 투여군은 항산화 효소활성을 증가시키는 반면 지질과산화를 억제하였다.

인용문헌

1. Joo, C. N. : *Korean J. Ginseng Sci.*, **17**, 250 (1993).
2. Ha, J. Y., Lee, M. S. and Huh, J. D. : *Kor. J. Pham.*, **26**, 360 (1995).
3. Sung, J. H., Hasegawa, H., Ha, J. Y., Park, J. D. : *Kor. J. Pharmacogn.*, **28**, 35 (1997).
4. Yoshikawa, T., Naito, Y., Yasuda, M. and Kond, M. J. : *Acta.*

- Oxyg. Free Rad.*, **2**, 81 (1991).
5. Cand, F., Verdeti, J. : *Free Rad. Biol. Med.*, **7**, 59 (1989).
 6. Culter, R. G. : Free radical in biology(Pryor, W. eds.), Academic Press. p. 371 (1984).
 7. 성금수, 전철, 권용훈, 김정현, 장재철 : *고려인삼학회지*, **24**, 29 (2000).
 8. 김동윤, 장재철 : *고려인삼학회지*, **22**, 1 (1998).
 9. 이화재, 김동윤, 장재철 : *고려인삼학회지*, **23**, 182 (1999).
 10. Lee, D. W., Sohn, H. O., Lim, H. B. and Lee, Y. G. : *Korean J. Ginseng Sci.*, **19**, 31 (1995).
 11. 오미현, 양한석, 김규원, 정한영, 정해영, 오우라히코끼치, 요코자와다카코 : *한국생화학학회지*, **25**, 492 (1992).
 12. Flohe, L. and Otting, F : *Methods in Enzymology*, Vol. 105, p.101 (1984).
 13. Wolff, S. P. : *Methods in Enzymology*, Vol. 233, p. 182 (1994).
 14. Aebi, H. E. Catalase. Insight : Method of Enzymatic an Analysis. H. U. Bergmyer, ed. Third edition. Vol. 3, Verlag. Chemi. Weinheim, p. 273 (1982).
 15. Ohkawa, H., Ohishi, N. and Yagi, K. : *Anal. 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. 장문석, 최강주, 노현모 : *고려인삼학회지*, **23**, 44 (1999).
 18. Kim, Y. H., Park, K. H. and Rho, H. M. : *J. Biol. Chem.*, **271**, 24539 (1996).
 19. Yokozawa, T., Liu, Z. W. and Dong, E. : *Nephron Basel*, **78**, 201 (1998).
 20. Yokozawa, T. and Owada, S. : *Nephron Basel*, **81**, 200 (1999).
 21. Wang, X. M., Jiang, Y., Zhong, G. G. and Sun, X. X. : *Chung Kuo Chung Yao Chih*, **18**, 113 (1993).
 22. 김정선, 김규원, 최강주, 팽영규, 임광식, 이경희, 정해영 : *고려인삼학회지*, **20**, 173 (1996).
 23. Rao, G., Xia, E. and Richardson, A. : *Mech. Ageing Dev.*, **53**, 49 (1990).
 24. Choi, J. H. and Oh, S. K. : *Korean Biochem. J.*, **17**, 445 (1984).
 25. Ha, J. Y., Lee, M. S. and Huh, J. D. : *Kor. J. Pharm.*, **26**, 360 (1995).
 26. Sung, J. H., Hasegawa, H., Ha, J. Y., Park, J. D. : *Kor. J. Pharm.*, **28**, 35 (1997).