

홍삼 투여가 방사선에 조사된 생쥐 간세포의 Superoxide Dismutase, Peroxidase 및 Catalase 활성도에 미치는 영향

전 철 · 장재철
군산대학교 화학과
(1993년 3월 25일 접수)

The Effect of Red Ginseng Extracts on the Superoxide Dismutase, Peroxidase and Catalase Activities in the Liver of Gamma Ray Irradiated Mice

Chul Chun and Che-Chul Chang

Department of Chemistry, Kunsan National University, Kunsan 573-350, Korea
(Received March 25, 1993)

Abstract □ This study was undertaken to investigate the effect of red ginseng extract (5.5 mg/mouse ip) on the activities of superoxide dismutase (SOD), peroxidase and catalase in the liver of the gamma ray irradiated male mice. The experimental groups consisted of control, red ginseng extract injection group, irradiation (8 Gy⁶⁰Co) group and red ginseng extract injection after irradiation group. In red ginseng extract injection group, SOD, peroxidase and catalase activities were similar to that in the control group. In irradiation group SOD, peroxidase and catalase activities increased progressively until the 2nd day after the treatment and then decreased thereafter, whereas red ginseng extract injection after irradiation group recovered more rapidly than irradiation group. The above results suggested that red ginseng extract injection after irradiation group has the recovery effects on the activities of SOD, peroxidase and catalase after radiation injury in the liver of male mice.

Key words □ Red ginseng, SOD, peroxidase, catalase, gamma ray.

서 론

생체내에서 생성되는 산소라디칼은 과산화지질의 발생이나 세포막의 장애를 가져오기도 하고, 상피세포 기저막의 주성분인 hyaluronic acid의 파괴를 일으켜 조직의 손상을 일으킨다.¹⁻⁵⁾ 이러한 산소라디칼의 독성으로부터 생체를 보호하기 위하여 Superoxide Dismutase(EC 1.15.1.1, 이하 SOD라 함), Peroxidase(EC 1.11.1.7) 및 Catalase(EC 1.11.1.6) 등이 존재하고 있으며, 이들의 생물학적 기전이 계속 연구되고 있다.^{6,7)}

특히 모든 산소대사 세포들에 존재하는 SOD는 1938년 Mann과 Keilin에 의하여 소의 혈액으로부터 처음 분리되었으며, 이후 1969년 McCord와 Fridovich⁸⁾에 의하여 활성도가 측정되었고, 그 후 미생물, 의학, 기타 여러 분야에서 많은 연구가 진행되고 있다.

한편, 우리 생활 중 원자력의 이용 영역이 점차로 증가하는 추세이며 생물이 이온화 방사선에 노출될 확률이 높아지고 부작용도 심각하게 발생하고 있다. 따라서 방사선 방호효과에 대한 연구가 활발히 연구되고 있다.

최근에는 인삼이 강력한 항염(anti-inflammation)성분을 가지고 있으며 외적 유해인자에 대한 비특이적

이 논문은 1991년도 문교부 지원 학술진흥재단의 자유응모과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

생체저항력을 증진시켜주고 면역능력 회복에 있어서도 효과가 있다도 보고^{9, 11)} 되고 있으며, 방사선 방호역할을 하는 제재로 각광 받고 있다.

SOD의 방사선 방호효과에 대한 연구로서 Krizala 등¹²⁾은 Cystamin 투여 후 방사선조사 및 비조사구에 대하여 연구하였는데, 진신조사는 골수에서 SOD 활성도가 14일 이상이나 감소의 원인이 된 반면, 적혈구에서는 같은 기간에 활성도가 증가하였다고 보고하였다. 김 등¹³⁾은 과낙시 트리올이 발암과정 중 자유라디칼로 야기되는 여러 반응들을 억제함으로써 피부암 발생을 감소시킬 수 있음을 보고하였다. 본 실험실에서도 방사선과 인삼추출물과의 관계를 밝히기 위한 연구로서 장 등¹⁴⁾은 방사선만을 조사한 생쥐에서 적혈구, 백혈구 그리고 혈소판 등이 현저히 감소한 반면, 인삼투여 및 방사선 처리군은 보다 빨리 회복된다고 보고하였고, 김¹⁵⁾은 방사선조사 후 홍삼추출물 투여군에서는 LDH를 제외한 ACP, ALP, GOT, GPT의 효소활성이 방사선조사 후 생리적식염수 투여군에 비하여 보다 빠르게 회복되었음을 보고한 바 있다.

따라서 본 실험에서는 생쥐에 감마선을 조사한 후 생리적식염수 또는 홍삼추출물을 투여하였을 때 생체의 조직인 간조직에서의 SOD, Peroxidase 및 Catalase의 활성을 비교하여 홍삼추출물이 방사선조사로 인해 대사작용에 이상이 생긴 생쥐조직의 시간경과에 따른 효소의 활성도 변화와 그 회복에 미치는 영향에 관하여 연구하여 약간의 결과를 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

재료 및 방법

1. 재료

실험동물: 실험동물은 녹십자(주) 지정 사육소에서 분양받은 생후 2주령의 ICR계 수컷 생쥐를 실온이 23±2℃로 유지되는 사육실에서 3주간 적응시킨 후 각 실험군으로 분류하였다. 먹이와 물은 실험동물용 사료(powder)와 살균수를 사용하였고, 식이와 물을 자의로 먹게 하였으며, 체중이 20~30g의 것을 사용하였다.

홍삼추출물: 홍삼추출물은 한국담배인삼공사에서 시판되는 고려홍삼정(Korea red ginseng extract)를

Table 1. Experimental design

Groups	Treatment	
	Injection volume	Gy
Control	0.9% NaCl solution 0.1 ml	—
Ginseng	5.5 mg Ginseng extract/0.1 ml 0.9% NaCl solution	—
Radiation+ Saline	0.9% NaCl solution 0.1 ml	8
Radiation+ Ginseng	5.5 mg Ginseng extract/0.1 ml 0.9% NaCl solution	8

1 Gray (Gy) is defined as the absorption of 1 joule of energy per kilogram of mass.

구입하여 생리적식염수에 녹여 사용하였다.

2. 시약

Superoxide dismutase, peroxidase, diaphorase, nitrite, triton-X100 sulphanilamide, anthraquinone-2-sulphonic acid(AQ), naphthylethylene diamine dihydrochloride, hydroxylammonium chloride, reduced nicotinamide-adenine dinucleotide(β-NADH), 2, 2-azino-di-[3-ethyl-benzothiazoline-(6)-sulphonic acid]diammonium salt(ABTS), hydrogen peroxide 등은 Sigma사 제품을 사용하였으며, 그이외의 시약은 특급을 사용하였다.

3. 실험방법

실험동물의 처리 및 실험군의 분류: 실험군은 Table 1과 같이 분류하였으며, 실험군당 실험동물수는 각각 35마리로 하였다.

방사선 처리—생쥐를 다공형 종이상자(20×20×2.5 cm)에 넣어 ⁶⁰Co gamma 선원(110 Gy/min)을 이용하였으며, 20×20 cm 조사범위(Field size)로 방사선 원과 종이상자의 거리를 50 cm로 하여 8 Gy의 방사선량을 1회 진신조사하였다.

홍삼추출물 투여—홍삼추출물 투여는 Table 1에서 보는 바와 같이 홍삼투여군은 홍삼추출물을 생리적식염수에 녹인 후 마리당 5.5 mg/0.1 ml씩을 복강내에 주사하였으며, 방사선처리 후 인삼 투여군은 같은 시간에 동일한 양의 홍삼추출물을 복강내에 주사하였다. 대조군과 방사선 조사군은 역시 같은 시간에 생리적식염수만을 복강내에 주사하였다.

실험동물의 조직 처리—방사선조사 후에 생리적식염수 투여, 또는 홍삼추출물을 투여한 다음 1일, 2일, 3일, 4일 및 5일에 각 군마다 5마리씩 도살하였다.

도살을 에테르로 마취한 후 심장천자(heart puncture) 하여 혈액을 제거하였으며, 간을 취한 다음 생리적 식염수에서 충분히 세척하여 잔류혈액을 제거하였다. 이렇게 얻은 조직은 0.2 M 인산완충용액(pH 7.8)을 가하고, 균질기를 이용하여 4°C 에서 20,000 rpm으로 10분간 균질화시키고, 초음파분쇄기로 4°C , 100 watt 에서 15분간 분쇄시켰다. 이 용액을 31,400 x g로 30 분간 원심분리하여 침전물은 버리고 상등액을 취하여 시료로 사용하였다.

효소활성도 측정 : 원심분리하여 얻은 시료의 효소활성도 측정은 spectrophotometer(GILFORD RES-PONCE)를 이용하였으며, SOD의 활성도 측정은 Elstner법¹⁶⁾을 이용하였으며 Peroxidase의 활성도 측정은 Pütter and Becker법¹⁷⁾을 이용하였고 Catalase의 활성도 측정은 Aebi법¹⁸⁾을 이용하였다.

단백질 정량 : 단백질 정량은 bovine serum albumin을 표준 단백질로 정하여 Lowry법¹⁹⁾을 이용하였다.

통계처리 : 본 실험의 모든 결과는 각 실험군의 평균과 표준편차를 계산하여 student t-test에 의해 실험군의 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

홍삼추출물의 감마선에 조사된 생쥐에서 간 내의 효소활성에 어떠한 영향을 미치는지를 연구하고자 생후 5주령의 수컷 생쥐를 네가지 군으로 분류하였다. 즉, 생리적식염수 투여군을 대조군으로 하여 홍삼추출물 투여군, 방사선조사 후 생리적식염수 투여군, 그리고 방사선조사 후 홍삼추출물 투여군으로 나누었다. 감마선 조사 후 생리적식염수 및 홍삼추출물을 투여하였으며 그후 1일, 2일, 3일, 4일 및 5일 등 5회에 걸쳐 도살하여 간을 취하고 간 조직 내의 SOD, Peroxidase 및 Catalase 등의 활성도를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 체중의 변화

본 실험에서 생쥐의 체중 변화는 Table 2에서 보는 바와 같이 방사선조사 후 생리적식염수 투여군이나 방사선조사 후 홍삼추출물 투여군에서는 대조군에 비하여 별다른 변화가 보이지 않았으나, 홍삼추출물 투여군에서는 대조군에 비하여 유의성 있게 증가하는 경향이었던 큰 차이가 있는 것은 아니었다.

Table 2. Effect of red ginseng extracts on the changes in daily weight of mice irradiated with gamma ray (unit : g)

Day	Ginseng	Radiation + saline	Radiation + Ginseng
0	25.68± 0.23	25.68± 0.23	25.60± 0.32
1	27.44± 0.23**	26.86± 0.23**	25.60± 0.32**
2	26.66± 0.33**	24.28± 0.42**	27.28± 0.37**
3	26.08± 0.18**	22.36± 0.41**	23.24± 0.42**
5	26.22± 0.31**	23.46± 0.20**	22.38± 0.28**

**p<0.01.

이러한 결과는 최 등²⁰⁾의 생쥐에 인삼죽 급여시 대조군에 비하여 체중이 증가하는 경향을 보였으며 수영능력, 혈중 hemoglobin도 유의적으로 증가하였다는 보고와 장 등¹⁴⁾의 생쥐에 홍삼추출물 투여시 생쥐의 체중이 대조군에 비하여 유의성 있게 증가한다는 보고와 비슷한 경향을 보였지만, Brekman²¹⁾의 인삼 주정 추출액을 토끼에 30일간 경구적으로 투여하였을 때 토끼의 먹이 섭취량은 대조군에 비하여 현저히 증가하였다는 보고와 정 등²²⁾의 인삼 주정 추출물을 흰쥐에 투여시 물과 먹이 섭취량의 증가에 유의성이 없었다는 보고와 본 실험의 결과와는 약간의 차이가 있었다. 이러한 차이는 본 실험에 사용한 생쥐의 연령이 이미 성숙한 연령이었으며 홍삼추출물 투여한 후 관찰기간이 5일간으로서 매우 짧았기 때문이라 생각되며, 홍삼추출물이 생쥐의 생체대사를 촉진하여 체중이 유의적으로 증가하였다고 생각된다.

2. SOD 활성도의 변화

SOD 활성도의 변화는 Table 3에서 보는 바와 같이 방사선조사 후 생리적식염수 투여군은 대조군에 비하여 1일째 127%(p<0.01)로 활성이 증가하였고 2일째는 최고치인 134%(p<0.01)를 기록하였으며, 다시 3일째 현저하게 감소하여 4일, 5일째에 최저치인 85%(p<0.01)를 나타내었다. 반면에 방사선조사 후 홍삼추출물 투여군은 대조군에 비하여 점차 증가하여 2일째 최고치인 119%(p<0.05)를 나타내다가 3일째 다시 감소하였으며, 4일째부터는 94%로써 다시 회복하는 경향을 보였고, 5일째는 대조군과 비슷하게 되었다.

이러한 결과로서 산소가 높은 분압에 장시간 노출되거나, 여러 가지 질병, 세포들의 사멸, 그리고 이온화

방사선과 같은 강력한 자극을 받으면 superoxide radical이 지속적으로 생성되며, 방어기전의 하나로써 SOD의 활성이 증가된다^{23,24)}는 연구보고를 확인할 수 있었다. 또한 방사선조사 후 초기에는 효소의 활성도가 급격히 증가한 것은 방사선조사로 인한 라디칼의 증가로 인한 생체의 방어기전에 의한 것이라 생각된다. 김 등²⁵⁾은 고려인삼으로부터 분리한 폴리아세틸렌 성분인 파낙시돌, 파낙시놀과 파낙시트리올이 사염화탄소로 유도된 흰쥐의 지질과산화와 효소적 또는 비효소적으로 유도된 시험관내 과산화지질 형성에 미치는 영향을 관찰한 결과 흰쥐의 *in vivo*와 *in vitro* 과산화지질 형성을 억제함으로써, 사염화탄소 유도된 간 독성에 대한 보호작용이 있다고 보고 하였으며, 오 등²⁶⁾은 생쥐에 X-선을 조사시 급격하게 상승되는 nonprotein-sulfhydryl의 함량이 인삼 투여군에서 정상적으로 유지되었는데 이는 인삼이 X-선 조사로 조직손상에 대하여 방호작용을 할 것이라고 보고하였다.

이러한 보고들과 본 실험의 결과를 비교하여 보았을 때 방사선조사 후 생리적 식염수 투여군 보다 방사선조사 후 홍삼추출물 투여군의 효소활성도 회복이 빠른 이유는 홍삼추출물이 생체대사를 자극하여 방사선장해에 대하여 회복작용을 하는 것으로 생각되며, 모든 군에서 초기에 활성도가 증가하였다가 이후 회복되는 경향을 보이는 것은 생체 자체가 외부에서 가해진 환경에 적응하는 과정이라 생각된다.

최근 공 등²⁷⁾은 중성자 방사선을 조사받은 생쥐에 인삼추출물 등을 급식시켜 혈청중의 항체성 단백질인 γ -globulin, immunoglobulin G(Ig C)의 함량, 혈청 알부민 및 혈청 단백질의 회복실험에서, Adaptagen(인삼의 알카로이드 성분을 주제로한 G¹⁰²제)을 중성자

빔을 조사하기 33일 전에 투여한 군에서는 회복이 뚜렷하였으나 중성자 피폭과 동시에 투여한 생쥐는 회복정도가 극히 부족하였다고 보고한 바 있는데, 이러한 연구보고 역시 본 실험의 결과와 매우 비슷한 경향이었다.

반면에 Krizala 등¹²⁾은 Cystamin 투여 후 방사선 조사군 및 비조사군에 대하여 연구하였는데 전신조사군은 골수에서 SOD 활성도가 14일 이상이나 감소의 원인이 된 반면, 적혈구에서는 같은 기간에 활성도가 증가하였다는 상반된 보고도 있었다. 이는 관찰한 기간의 차이와 사용한 생쥐의 연령의 차이 그리고 방사선장해에 대한 정도가 생체의 기관마다 다르기 때문이라 생각된다.

결론적으로 홍삼추출물은 방사선장해로 인한 생쥐 간에서의 SOD 활성증가를 유의적으로 회복시킴을 관찰할 수 있었으며, 홍삼추출물이 직접적으로 라디칼을 제거하여 회복시키기 보다는 생체내의 대사를 촉진 또는 억제하여 간접적으로 영향을 미치는 것으로 사려된다.

3. Peroxidase의 활성도 변화

Peroxidase의 활성도 변화는 Table 4에서 보는 바와 같이 방사선조사 후 생리적식염수 투여군은 대조군에 비하여 1일째에 122%($p < 0.01$)로 증가하였고, 2일째는 127%($p < 0.01$)로 최고치를 나타내었으며 이후 점차 감소하였다. 방사선조사 후 홍삼추출물 투여군은 방사선조사 후 생리적식염수 투여군과 비슷한 경향을 나타내었는데, 전반적으로 보았을 때 대조군에 비하여 안정되고 빨리 회복됨이 관찰되었다.

본 실험에서는 방사선조사 후 2일째 활성도가 최고치를 보였는데, 이는 방사선 장해로 인하여 생성된

Table 3. Effect of red ginseng extracts on the activity of SOD in the liver of gamma ray irradiated mice (unit : unit/min·mg protein)

Day	Ginseng	Radiation + saline	Radiation + Ginseng
0	4.32 ± 0.10	4.32 ± 0.10	4.32 ± 0.10
1	4.49 ± 0.14	5.48 ± 0.90**	5.01 ± 0.19**
2	4.48 ± 0.16	5.80 ± 0.24**	5.16 ± 0.15*
3	4.89 ± 0.14**	3.98 ± 0.09**	3.58 ± 0.12**
4	4.11 ± 0.13	3.68 ± 0.24**	4.04 ± 0.29
5	4.26 ± 0.07	3.72 ± 0.22*	4.06 ± 0.22

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

Table 4. Effect of red ginseng extracts on the activity of peroxidase in the liver of gamma ray irradiated mice (unit : unit/min·mg protein)

Day	Ginseng	Radiation + saline	Radiation + Ginseng
0	21.29 ± 0.40	21.29 ± 0.40	21.29 ± 0.40
1	21.10 ± 0.18**	26.00 ± 0.27**	24.80 ± 0.30**
2	22.21 ± 0.30*	27.02 ± 0.35**	25.08 ± 0.30**
3	20.08 ± 0.35**	21.69 ± 0.56	23.69 ± 0.45**
4	22.85 ± 0.27**	19.27 ± 0.15**	20.90 ± 0.49
5	19.47 ± 0.41**	18.90 ± 0.29**	23.31 ± 0.31**

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

과산화수소와 SOD의 작용으로 인하여 생성된 과산화수소가 서로 상승효과를 나타내었기 때문이라고 생각된다. 공 등²⁸⁾의 CF²⁵²원전에 의해 방출되는 중성자 방사선에 피폭된 생쥐의 사망률과 그 피해에 대하여 인삼의 alkaloid성분을 주제로 한 Adaptagen이 회복에 효과적이었다고 보고하였으며 백 등²⁹⁾은 최근에 개발된 liposomal SOD를 흰쥐에 투여시 스테로이드에 의한 위장막 장애를 효과적으로 방어한다고 보고하였고, 김 등³⁰⁾은 prednison을 투여하거나 liposomal SOD를 투여한 후 prednison을 투여한 흰쥐의 폐세포로부터 산소라디칼 제거에 관여하는 peroxidase의 활성이 증가되어 폐에서 산소독성 방어인자로 중요한 역할을 한다고 보고하였다.

이러한 결과들을 종합하여 보았을 때 방사선조사로 인해 증가하는 과산화물 제거시 peroxidase의 중요성을 확인할 수 있었으며, 홍삼추출물이 이온화 방사선의 장애에 의하여 증가하는 생쥐 간에서의 peroxidase의 활성을 유의성 있게 감소시켜 주는 것으로 사려된다.

4. Catalase 활성도의 변화

Catalase 활성도의 변화는 Table 5에서 보는 바와 같이 방사선조사 후 생리적 식염수 투여군은 대조군에 비하여 1일째 현저히 상승하여 최고치인 140%($p < 0.05$)를 나타내었고, 2일째부터는 감소하여 4일째는 78%($p < 0.01$)로 최저치를 나타내었으며, 5일째는 다시 활성도가 증가하여 회복하는 경향을 나타내었다. 방사선조사 후 홍삼추출물 투여군은 역시 1일째 136%($p < 0.01$)로 최고치를 기록하였고 이후 서서히 감소하다가 82%($p < 0.05$)의 활성도를 보여준 4일 이후부터 서서히 회복하는 경향이였다.

Table 5. Effect of red ginseng extracts on the activity of catalase in the liver of gamma ray irradiated mice (unit : unit/min·mg protein)

Day	Ginseng	Radiation + saline	Radiation + Ginseng
0	157.05 ± 12.89	157.05 ± 12.89	157.05 ± 12.89
1	182.44 ± 16.17*	220.00 ± 19.59*	213.70 ± 15.40**
2	164.70 ± 16.24	214.08 ± 24.20*	173.69 ± 26.95
3	166.76 ± 09.05	132.18 ± 07.39*	138.30 ± 06.39
4	171.42 ± 07.82	122.23 ± 05.79**	128.55 ± 06.16*
5	143.27 ± 08.12	146.95 ± 08.95	140.32 ± 09.05**

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

이러한 결과로 미루어 볼때 방사선조사 후 1일째 140%까지 활성도가 증가한 것은 방사선장해로 인한 과산화수소 양의 증가와 SOD의 작용으로 인하여 생성된 과산화수소 양의 증가가 동시에 나타내었기 때문이라고 생각된다.

김 등³⁰⁾은 prednison을 투여하거나 liposomal SOD를 투여한 후 prednison을 투여한 흰쥐의 폐세포로부터 과산화물 제거에 관여하는 Catalase의 활성이 증가되어 폐에서 산소독성 방어인자로 중요한 역할을 한다고 보고하였고, 최근 백 등³¹⁾은 광조사 후 catalase를 작용시켰을 때는 lipid hydroperoxide 양이 감소되었고, 여기서 인삼추출물을 첨가시 더 많이 감소하였다고 보고한 바 있는데, 이는 본 실험의 결과와 매우 비슷한 경향이였다.

이러한 결과로서 홍삼추출물은 이온화 방사선의 장애에 의하여 증가하는 간에서의 catalase의 활성을 유의성 있게 감소시켜 주는 것으로 생각된다.

본 실험을 종합적으로 고찰하여 볼 때 홍삼추출물은 방사선조사로 인한 SOD, peroxidase 및 catalase의 활성도 변화에 대하여 회복효과가 있음을 관찰할 수 있었다.

또한 앞으로는 방사선 조사선량, 실험동물의 연령 그리고 관찰기관별로 연구가 되어져야 하며, 방사선 조사시 세포가 받는 장애를 조직학적으로도 연구되어야 한다고 생각된다.

요 약

홍삼추출물이 감마선에 조사된 생쥐의 간에 있어서 효소활성에 어떠한 영향을 미치는지를 연구하고자 생후 5주령의 수컷 생쥐를 네가지 군으로 분류하여 방사선조사 및 홍삼추출물 투여, 혹은 생리적식염수를 투여하고 그로부터 1일, 2일, 3일, 4일 및 5일 등 5회에 걸쳐 도살하여 간을 취하여 간 조직내의 SOD, peroxidase 및 catalase 등의 활성도를 측정하였다. 그 결과 홍삼추출물 투여군은 대조군에 비하여 체중이 유의성 있게 증가하였으며, SOD, peroxidase 및 catalase의 활성은 처음에는 증가하다가 점차로 회복하는 경향이였으나 유의성은 없었다. 감마선조사 후 생리적식염수 투여군은 대조군에 비하여 SOD, peroxidase 및 catalase의 활성이 증가하다가 감소하는 경향이였으나, 감마선조사 후 홍삼추출물 투여군은 SOD, pe-

roxidase 및 catalase의 활성도가 감마선조사 후 생리적식염수 투여군에서 보다 빠르게 회복됨을 관찰할 수 있었다.

이로써 홍삼추출물은 방사선장해로 인한 생쥐의 간에 있어서 SOD, peroxidase 및 catalase의 활성변화에 대한 회복효과가 있는 것으로 생각된다.

인용문헌

1. DelMaestro, R.F., Thaw, H.H., Jork, J.B., Planker, M. and Arfords, K.E.: *Acta Physiol. Scand.*, **492**, 43 (1980).
2. Yamanch, R. and Matsushha, S.: *Agric. Biol. Chem.*, **43**, 2157 (1979).
3. Drath, D.B. and Karnovsky, M.L.: *J. Exp. Med.*, **141**, 257 (1975).
4. Imai, Y.: *Saishim Igaku.*, **33**, 654 (1978).
5. Trush, M.A., Minmangh, E.C. and Gram, T.E.: *Biochem. Pharmacol.*, **31**, 3335 (1982).
6. 백광진, 이희성: 한국생화학회지, **22**, 170 (1989).
7. DiGuseppi, J. and Fridovich, I.: *J. Biol. Chem.*, **257**, 4046 (1982).
8. McCord, J.M. and Fridovich, I.: *J. Biol. Chem.*, **244**, 6049 (1969).
9. Otsuka, H., Komiya, S., Goto, M., Hiramatsu, K. and Fujimurs, H.: *Yakugaku Zasshi*, **101**(11), 113 (1981).
10. Singh, V.K., Agurwal, S.S. and Gupta, B.M.: Pro. 4th INTL Ginseng Symposim., 225 (1984).
11. 김미정, 정노팔: 고려인삼학회지, **11**(2), 130 (1987).
12. Krizala, J., Stoklasova, A., Kovalova, H. and Ledvina, M.: *Radiat. Res.*, **91**, 506 (1982).
13. 김혜영, 이유희, 김신일: 한국생화학회지, **23**, 179 (1990).
14. 장재철: 군산대학교 자연과학연구소 논문집, **5**, 199 (1990).
15. 김동윤: 군산대학교 석사학위논문 (1991).
16. Elstner, E.F., Young, R.J. and Bwald, W.O.: Bergmeyer, H.U. ed., *Methods of Enzymatic Analysis*, Third edition, Vol. III. Verlag Chemi. Weinheim, pp. 293 (1982).
17. Putter, J. and Becker, R.: *Methods of Enzymatic Analysis*, Bergmeyer, H.U. (ed.), Third edition. Vol. III. Verlag Chemi. Weinheim. pp. 286 (1986).
18. Aebi, H.E.: *Methods of Enzymatic Analysis*, Bergmeyer, H.U. (ed.), Third edition, Vol. III. Verlag Chemi. Weinheim, pp. 273 (1982).
19. Lowry, C.H., Rosenbrough, J., Farr, A.L. and Randall, R.J.: *J. Biol. Chem.*, **193**, 256 (1951).
20. 최 면, 김종대, 임경자, 이동일, 주진순: 고려인삼학회지, **13**(1), 30 (1989).
21. Brekhman, I.: in cited by, 대한생리학회지, **7**(2), 21 (1973).
22. 정형근, 최수년, 서정민: 대한생리학회지, **7**(2), 21 (1973).
23. Oberley, L.W. and Buettner, R.: *Cancer Res.*, **39**, 1141 (1979).
24. Oberley, L.W., Lindgren, A.L., Baker, S.A. and Stevens, R.H.: *Radiat. Res.*, **68**, 320 (1976).
25. 김혜영, 이유희, 김신일: 한국생화학회지, **22**, 12 (1989).
26. 오장석: 대한생리학회지, **6**(2), 57 (1972).
27. 공태훈 외 9명: 고려인삼학회지, **14**, 357 (1990).
28. 공태훈: 동대재료과학연구 논문집, **1**, 40 (1981).
29. 백광진, 이희성: 한국생화학회지, **22**, 1709 (1989).
30. 김수영, 백광진, 이희성: 한국생화학회지, **23**(3), 322 (1990).
31. 백태호, 천현자, 강현수: 고려인삼학회지, **14**, 30 (1990).