

Paraquat에 의해 유발된 산화적 스트레스에 의한 흑마늘 추출물의 항산화 효과

노병규 · 이정규 · 원용덕¹ · 박현진 · 이성준*
고려대학교 생명과학대학 식품공학부, ¹의성흑마늘 영농조합

The Antioxidative Effect of Black Garlic Extract on Paraquat-induced Oxidative Stress in ICR Mice

Byung-Kyu Noh, Jung Kyu Lee, Yong-Duk Won¹, Hyun-Jin Park, and Sung-Joon Lee*

Division of Food Bioscience and Technology, College of Life Sciences and Biotechnology, Korea University

¹Uiseong Black Garlic Farming Association

Abstract We investigated the antioxidative effect of black garlic extract (BGE) on paraquat (PQ)- induced oxidative stress in mice. A DPPH radical scavenging activity assay showed that BGE had potent free radical scavenging activity, comparable to that exhibited by vitamin C. Mice were administered with either vitamin C or two levels of BGE by oral gavage for 10 days, with PQ being injected intraperitoneally on day five. It was found that BGE reduced the liver enzyme levels induced by PQ injection in mice. The concentrations of plasma and hepatic malonaldehyde were both significantly reduced in the BGE groups compared with the levels in the PQ group, whereas the hepatic superoxide dismutase and catalase activities were significantly increased in the BGE groups compared with the PQ group. These findings suggest that BGE has potent antioxidative activities *in vivo* and thus could prevent the oxidative stress induced by PQ injection in mice by two mechanisms: the induction of antioxidative enzyme systems and direct scavenging of reactive oxygen species.

Keywords: black garlic, antioxidant, oxidative stress, paraquat

서 론

생체 내 에너지 대사 과정은 산소분자를 이용한 산화작용이 끊임없이 일어나며 이 과정 중 상당량의 활성산소종이 생성된다. 과량의 활성산소는 세포 내에 여러 가지 유해한 결과를 초래하는데, 예를들면, 지질 과산화 반응을 촉진하여 반응성이 매우 높은 과산화물이 생성되고, 이러한 물질들은 다양한 2차 산물로 전환되어 면역계 손상 등 각종 세포 독성을 나타낸다. 특히, 생체막의 구성성분인 인지질의 불포화 지방산을 공격하여 세포 및 조직의 기능의 저하를 통해 노화 및 성인병을 유발하는 것으로도 알려져 있다(1). 이와 같은 활성 산소의 생성은 다양한 환경요인, 식이요인, 유전적 요인에 의해 촉진되는데, 즉 헤모글로빈이나 티올기 같은 비단백성 대사물질의 자가산화 과정, 흡연 및 오존의 영향, paraquat, 사염화탄소 등과 같은 독성화합물에 의해서도 많이 생성되며 이러한 요인에 노출이 되면 활성산소 및 산화적 스트레스 증가에 따라 노화 및 성인병 발병위험이 증가되는 것으로 보고되고 있다(2).

건강한 세포는 대사 과정 중에 생성된 활성산소를 중화하여 자기 스스로를 보호하는 방어기전이 존재하는데, 이러한 방어 시스템은 크게 효소계와 비효소계로 구성되어 있다. 즉, 효소계로서 superoxide dismutase(SOD), catalase, glutathione peroxidase(GSH-Px) 등의 항산화 효소(3,4) 등이 활성산소를 제거하는 방법이 있으며, 비효소계로서 항산화 활성이 강한 유기화합물인 비타민 C, 토코페롤 등에 의해 활성산소를 제거하는 메커니즘을 가지고 있어 세포 내 활성산소 생성을 효율적으로 제어하고 있으나, 여러 가지 요인에 의해 세포 내 활성산소종이 과다하게 생성되거나 생체 내 항산화 시스템의 활성이 저해되어 균형이 깨어지면, 조직 내 산화적 스트레스가 증가하여 노화 및 각종 성인병 발병의 위험이 증가하게 된다.

따라서 노화 및 성인병 예방을 위해서는 생체 및 조직 내 산화적 스트레스를 효율적으로 조절하는 것이 매우 중요하므로 다양한 방법이 연구 및 개발되고 있는데, 항산화 물질이 포함되어 있거나 항산화 효소계를 활성화하는 식품을 이용한 방법도 주목 받고 있으며, 생체 내에서 이러한 활성산소의 생성을 억제하거나, 생성된 활성산소 라디칼 물질을 소거하는 식물유래 항산화 식품에 대한 연구가 전 세계적으로 많이 진행되고 있다.

Paraquat(PQ, N,N-dimethyl-4,4-bipyridinium dichloride: methyl viologen)은 1958년 영국에서 개발하여 Gramoxone이라는 상품명으로 시판되어 1950년대 광범위하게 사용된 제초제의 일종으로 미생물이나 식물, 동물, 인간 등에 치명적인 독성을 나타내는 것으로 알려져 있다. 이러한 독성은 PQ가 세포내의 효소작용에 의해 PQ 라디칼로 변화되며 그 후의 자동산화반응에서 슈퍼옥사이드

*Corresponding author: Sung-Joon Lee, Division of Food Bioscience and Technology, College of Life Sciences and Biotechnology, Korea University, Seoul 136-713, Korea
Tel: 82-2-3290-3494
Fax: 82-2-3290-3494

E-mail: junelee@korea.ac.kr

Received October 29, 2011; revised November 22, 2011;

accepted November 22, 2011

드(O₂⁻)의 생성에 기인하는 것으로 알려져 있으며, 이러한 자유라디칼은 세포막 파괴 등 여러 생화학적 경로를 통해 세포손상을 유도하므로 인체노출 시에 강력한 독성을 지니게 되며(5), 항산화 실험에서 산화적 스트레스를 유발하는 물질로도 널리 사용되고 있다.

백합과 파속에 속하는 마늘(*Allium sativum* L.)은 다년생 채소로서 강장, 강정 식품으로 널리 이용되어 왔으며, 특유의 풍미가 있고 생리활성이 우수하여 조미료, 라면스프, 소스류 등의 가공식품의 향신료 및 건강 기능성 식품으로 광범위하게 이용되어 왔으며 그 수요가 지속적으로 증가하고 있다. 마늘은 주요성분인 유기 유황화합물의 -SH기의 강력한 환원력으로 인하여 항산화 활성이 강하며, 이로 인해 세포의 활성을 촉진하고 항암작용, 동맥경화 예방, 항근작용, 항산화 작용 및 중성지방 및 콜레스테롤 수치를 낮추는 효능 등 여러 가지 건강기능성이 보고되고 있다(6,7).

최근에는 마늘을 일정한 온도와 습도에서 장기간 숙성시켜 만든 흑마늘이 제품화되고 있는데 흑마늘은 일정한 온도와 습도를 유지하는 가공과정을 통하여 포도당, 과당, 자당 및 맥아당 등 유리당의 함량이 증가되고 산도가 낮아져서 독특한 맛을 갖게 되며, 마늘 자체에 함유된 당과 아미노산에 의한 갈변 반응 및 중합반응으로 인해 흑색으로 변화된다(8). 이러한 흑마늘은 생마늘에 비해 아존 성분이 많이 함유되어 있어 항혈액응고 및 뇌혈관, 콜레스테롤 저하에 도움이 되며(9), 셀레늄은 항산화 및 항암효과, 심혈관계 질환 예방효과가 있다고 보고되고 있다(10). 이러한 건강기능성에 대한 기대감으로 인해 흑마늘 환, 흑마늘 액기스, 흑마늘 파우더 등의 여러 가지 가공제품들이 유통되고 있으며 건강기능에 대한 연구도 시작되어 왔다. 항산화능과 관련된 연구로서 제2형 당뇨병을 대상으로 동결 건조한 마늘과 흑마늘을 섭취시킨 결과 항산화 효소농도가 증가하였고(9), 흰쥐를 대상으로 5주간 마늘분을 섭취시킨 결과 지질과산화가 억제되고 항산화 효소 활성이 증가하였으며(11), 흑마늘 분말 첨가 급여가 고콜레스테롤 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향 등에 대한 연구가 보고된 바 있으나 흑마늘의 생리활성 규명 및 관련물질에 대한 연구를 위해 항산화 작용에 대한 다양한 연구가 보다 분명히 규명되어야 할 필요성이 있다. 따라서 본 연구는 생쥐를 이용한 동물 실험을 통하여 PQ에 의한 산화적 스트레스에 대해서, 흑마늘 추출물의 섭취가 항산화 효소계에 어떠한 영향을 미치는지를 관찰하고 흑마늘 추출물의 항산화 능력을 측정함으로써 흑마늘 추출물의 건강기능식품 소재로서의 가능성을 검토하고자 하였다.

재료 및 방법

실험동물 및 시약

실험동물은 썬타코(BioKorea, Osan, Korea)에서 6주령의 수컷 ICR 생쥐를 실험동물용 사료로 7일간 사육시킨 후, 실온 20-25°C, 습도 50-60%, 12시간 명암주기의 사육 조건에서 사료와 물을 자유급여 하였으며, 체중이 28-35 g인 생쥐를 사용하였다. 동물실험 프로토콜은 고려대학교 실험동물 윤리위원회의 승인을 받은 방법에 따라 수행하였다(동물 실험 프로토콜 번호: KUIACUC-20090421-2). 실험에 사용한 vitamin C와 PQ는 Sigma Aldrich (St. Louis, MO, USA)에서 구입 하였으며 흑마늘 추출물은 의성 흑마늘영농조합에서 제공 받았다.

실험 동물 처리

실험동물군은 각 군당 ICR계 생쥐 8마리씩 무작위로 배정하였으며, 무처리 대조군, PQ 투여군, PQ + 흑마늘 저농도(BGL), PQ

+ 흑마늘 고농도 처리군(BGH), 양성 대조군인 PQ + vitamin C 처리군 등 5군으로 나누어 실험을 수행하였다. 무처리 대조군에는 생리식염수를 경구투여 하였으며 나머지 실험군에는 PQ(25 mg/kg, single dose)를 복강 주사를 통해 투여하였는데, 흑마늘 저농도군에는 90 mL/kg BW의 흑마늘 추출물, 고농도에서는 180 mL/kg BW의 흑마늘 추출물, vitamin C 투여군은 400 mg/kg BW의 비타민 C를 PQ 투여 전 5일, 투여 후 5일 동안 경구투여하여 실험하였다. 흑마늘 투여량은 65 kg 성인에게 흑마늘추출물 각각 90 mL(2포) 및 180 mL(4포)에 해당하는 양이었다.

분석시료 처리

흑마늘 추출물과 vitamin C를 5일간 경구투여한 후 24시간 절식시킨 실험 동물은 심장에서 혈액을 채취한 후 혈중 간 기능 지표 효소의 활성 측정과 혈액 내 지질과산화 측정을 위해 사용하였고, 간 조직은 적출 후 간 조직의 일부분을 취하여 세 번 생리식염수로 세척하여 혈액을 제거한 다음 -80°C에 보관하여 간 조직 내 지질과산화 측정과 SOD, catalase, 글루타치온 활성도의 측정에 사용 하였으며 조직의 단백질 함량은 bovine serum albumin을 표준물질로 사용하여 Bradford(12) 방법에 따라 측정하였다.

혈청 중 간기능 지표효소의 활성도 측정

혈청 alanine aminotransferase(ALT) 및 aspartate aminotransferase(AST) 활성도는 쥐의 혈액을 채취하여 13,000×g에서 20분간 원심 분리하여 혈청을 분리한 다음 Cobas C111(Roche, Basel, Switzerland)를 사용하여 흡광도를 이용하여 측정하는 방법을 통하여 측정하였다.

자유라디칼 소거 활성 측정

실험에 사용된 DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)는 Sigma Aldrich 제품을 사용하였다. DPPH 라디칼 소거능은 Blois(13)의 방법을 응용하여 DPPH 라디칼에 전자를 공여함으로써 라디칼을 소거하는 효과를 517 nm에서 흡광도를 측정하여 계산한 후 나타내었다. 즉 0.15 mM DPPH solution(99.8% methanol)을 제조한 후, 흑마늘 추출물을 0.125, 0.25, 0.5, 1%(v/v)의 농도로 증류수에 희석하여 만든 시료 0.1 mL을 DPPH solution 2.9 mL에 가하여 교반한 다음 실온에서 30분간 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 양성 대조군으로 항산화제인 vitamin C(100 µg/mL)를, 증류수를 대조군으로 사용하여 동일 한 방법으로 측정하였다. 측정값은 대조군의 흡광도에 대한 흑마늘 처리군의 상대적 흡광도(%) 값을 이용하여 다음의 공식에 대입하여 시료의 전자공여능으로 나타내었다.

$$\text{Antioxidant efficiency (\%)} = \left(1 - \frac{\text{Ab}_{\text{Samples}} - \text{Ab}_{\text{Revision}}}{\text{Ab}_{\text{Standard}}}\right) \times 100\%$$

혈액과 간 조직중의 과산화지질 함량 측정

혈액과 간 조직내의 지질과산화물의 함량은 Ohkawa 등(14)의 방법에 의한 TBA법을 이용하여 sample의 532 nm에서의 흡광도를 이용하여 생성된 malondialdehyde(MDA) 양을 측정하였다. 혈액과 간 조직 1 g 당 생성된 MDA를 µM 단위로 나타내었다.

항산화효소계 활성측정

SOD 활성은 SOD assay kit(Dojindo Molecular Technologies, Tokyo, Japan)를 이용하고 catalase 활성도는 Catalase assay kit

Table. 1 Experimental groups

Group	Treatment
C	No paraquat+H ₂ O
PQ	Paraquat+H ₂ O
PQ+Vit C	Paraquat+Vitamin C (400 mg/kg BW)
PQ+BGL	Paraquat+Black garlic extract (90 mL/kg BW)
PQ+BGH	Paraquat+Black garlic extract (180 mL/kg BW)

PQ was injected in a single dose (25 mg/kg BW). Vitamin C and black garlic were administered orally before 5 days and after 5 days of PQ injection. Vitamin C was used as a positive control. Group C and PQ was received H₂O instead of BGE

(Abcam, Cambridge, UK)을 이용하여 제조사의 지시에 따라 각 그룹당 3번 반복하여 측정하였다.

글루타치온 함량 측정

글루타치온(glutathione, GSH) 함량은 GOH assay kit(Biovision, San Francisco, CA, USA)를 이용하여 제조사의 지시에 따라서 각 그룹당 3번 반복하여 측정하였으며 1g 간 조직당 μmol 의 함량으로 나타내었다.

통계처리

모든 실험은 3반복으로 측정하여 측정치를 $\text{mean} \pm \text{SEM}$ 으로 나타내었고 실험 결과의 통계적 유의성은 Student's *t*-test를 이용하여 *p* 값이 0.05 미만일 때 통계적으로 유의성이 있다고 판단하였다.

결과 및 고찰

DPPH 라디칼 소거능

세포 내 자유라디칼은 약 90%가 미토콘드리아에서 일어나는 산화적 인산화과정에서 일어나며 그 외에도 식세포작용, 세포질 중 xanthine oxidase나 glutathione reductase등의 flavoenzyme에 의한 대사과정 등 여러 가지 생물학적 반응에 의해 형성되며 전자공여 작용은 이런 산화성 생물활성 자유라디칼에 전자를 공여하여 산화를 억제하는 항산화작용의 주요한 척도 중 하나이다(15). DPPH는 짙은 자색을 띠는 비교적 안정한 자유라디칼로 항산화 물질에 의한 전자 공여에 의해 지질과산화 연쇄반응에 관여하는 산화성 자유라디칼의 억제 정도를 측정할 수 있다(16). 본 실험에서 사용한 흑마늘 추출물을 증류수에 희석하여 농도별 전자공여능을 조사한 결과는 Fig. 1과 같다. 흑마늘 추출물은 0.125%(v/v)에서 1%(v/v)까지의 농도에서 대조군인 증류수와 비교하여 유의적인 차이를 나타내었으며 0.125%의 농도에서는, 흑마늘 추출물의 전자 공여능은 대조군에 비해 0.125%에서 10%, 1%(v/v)의 농도에서 50% 높게 농도의존적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 또한 1%의 농도에서는 양성 대조군으로 사용된 vitamin C(100 $\mu\text{g}/\text{mL}$) 보다도 약 2배 정도의 더 높은 전자공여효과를 나타내었다.

마우스 체중의 변화

PQ와 흑마늘 추출물의 투여가 마우스의 체중에 미치는 영향을 측정하기 위하여 PQ 투여 5일 전과 투여 후 5일 동안 vitamin C, 흑마늘 저농도와 고농도를 경구투여한 후 마우스 체중의 변화를 측정하고, PQ 투여군은 투여 전과 비교하여 평균 체중이 약 10% 정도 감소 하였으나, PQ를 투여하지 않은 대조군은 유의적으로 체중이 증가 하였으며, 흑마늘 투여군은 유의성을 나타내지는 않았지만 평균 체중이 무처리 대조군과 유사하게 증가

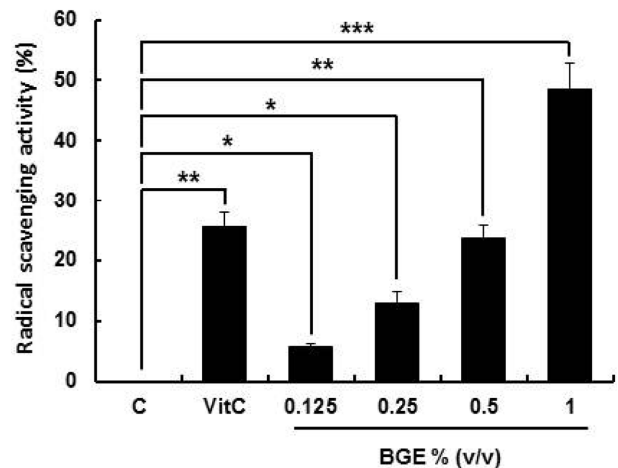


Fig. 1. DPPH radical scavenging activity of BGE. Radical scavenging activity was assessed as described in 'Materials and Methods' using DPPH. H₂O was used as a control for group C. The data are means \pm SEM (n=3 per group). **p*<0.05; ***p*<0.01; ****p*<0.001 compared with PQ group.

하는 경향을 나타내었다(Fig. 2A). 이 실험 결과를 통해, PQ에 의한 급격한 산화적 스트레스가 마우스의 체중 감소를 유발 하였으나, 흑마늘 추출물을 투여하면 PQ의 산화적 스트레스를 감소시켜, 보호효과를 지니면서 체중의 감소를 억제한 것으로 보인다.

혈액 내 간기능 지표 측정

흑마늘 추출물의 섭취가 PQ의 산화적 스트레스에 의해서 유발된 간 손상에 대한 영향을 검토 하고자 PQ 투여 전 5일, 투여 후 5일 동안 흑마늘 추출물을 투여 후, 혈청 AST, ALT의 활성을 측정하였다(Fig. 2B). PQ 투여군은 무처리 대조군에 비해 AST 농도는 약 2배, ALT 농도는 약 1.5배의 유의적인 증가를 보였으며, 흑마늘 저농도와 저농도 처리군은 대조군과 비슷한 수준의 AST와 ALT의 값을 나타내었다. 이 결과는 PQ의 투여는 산화적 스트레스를 증가시켜 간조직 손상을 일으켜 AST와 ALT를 증가시키지만, 흑마늘을 투여하면 PQ에 의한 산화적 스트레스를 감소시켜 간조직 손상을 억제하고 따라서 혈중 간조직 손상지표인 AST와 ALT 농도를 감소시킨다는 것을 의미한다. 즉, 흑마늘 투여는 산화적 스트레스에 의한 간조직 손상을 억제할 수 있음을 보여주며, 저농도 투여로 유의적인 효과를 볼 수 있음을 보여준다.

혈액과 간에서의 지질과산화물 함량 변화

지질과산화 반응은 여러 가지 독성화학물질이나 약물에 의한 간 손상 발생의 가장 중요한 기전으로써 인정되어지고 있고(16), 이러한 기전은 세포 내 산화적 스트레스의 증가, 즉 자유라디칼 생성의 증가 및 항산화적 방어력의 감소에 의해 야기 된다고 볼 수 있다(17). 마우스에 PQ를 투여한 후, 흑마늘 추출물을 경구투여하여 산화적 스트레스에 대한 회복효과를 연구하기 위해 마우스의 혈액과 간 조직에서 지질과산화 반응의 부산물인 MDA 함량을 Thiobarbituric acid reactive substances(TBARS) 정량법을 이용하여 측정하였다(Fig. 3). 혈액에서 흑마늘 추출물 저농도와 고농도 처리군은 PQ 처리군에 비해 MDA 함량이 유의적으로 낮게 나타났으며, 조직에서는 흑마늘 추출물 고농도 처리군에서 PQ처리군에 비해서 MDA 함량이 60% 정도 낮게 나타났다. 지질과산화는 활성산소 매개체가 세포 자체의 국소적인 방어 작용을 초

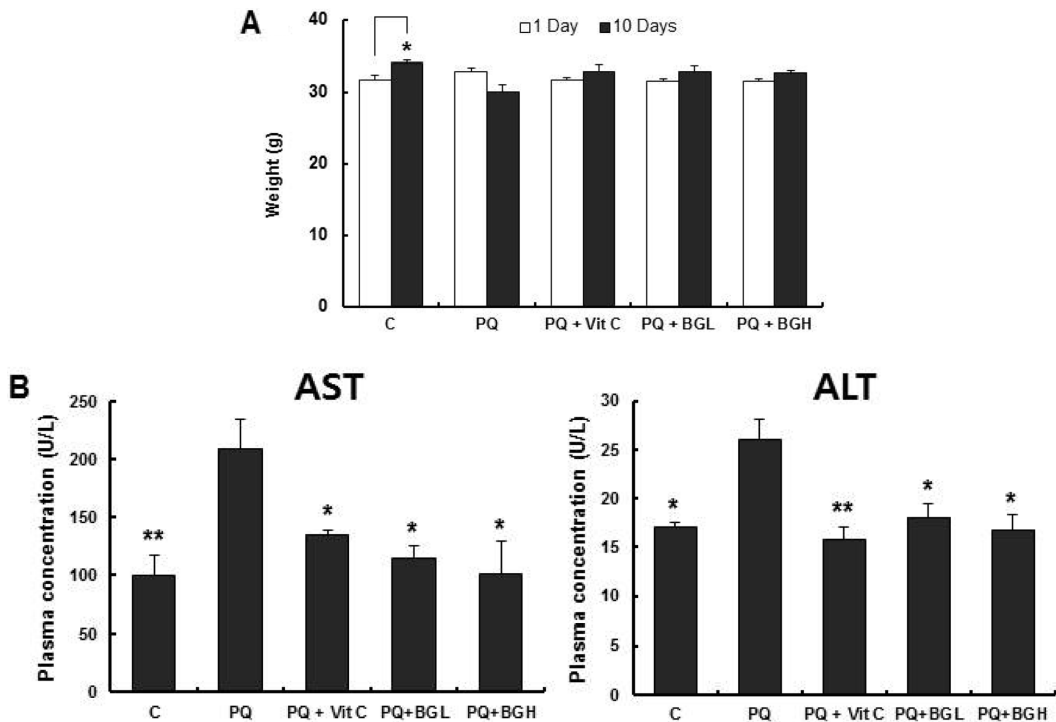


Fig. 2 The effect of BGE on paraquat-induced toxicity in mice. (A) Mouse body weight, BGE and vitamin C were orally administered for 10 days and PQ was injected on day 5. C, control; PQ, mice injected with PQ alone; PQ+VitC, mice administered vitamin C for 10 days and injected with PQ on day 5; PQ+BGL and PQ+BGH, mice administered low and high levels of BGE for 10 days and injected with PQ on day 5. (B) Plasma AST and ALT levels. The data are means±SEM (n=7 per group). **p*<0.05; ***p*<0.01; ****p*<0.001 compared with PQ group.

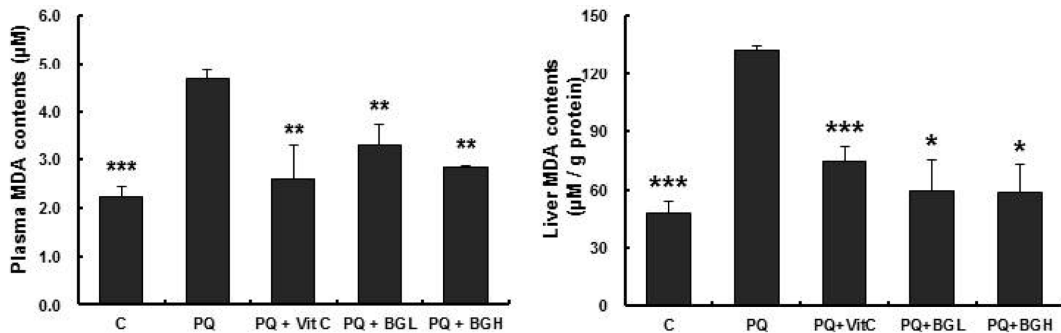


Fig. 3 The effect of BGE on MDA concentrations in the plasma and the livers in mice injected with PQ. MDA concentrations were quantified with TBARS assay. Group designation is the same as shown in Fig. 2. **p*<0.05; ***p*<0.01; ****p*<0.001 compared with PQ group.

과함으로써 발생하는 세포손상의 주된 형태이다. 이 결과를 통하여 PQ의 투여가 혈액에서의 지질과산화물을 유발하며 흑마늘 엑기스의 섭취가 이러한 지질과산화물의 생성에 의한 세포나 조직의 손상을 억제함으로써 산화적 스트레스에 대한 방어 작용을 일으킨다고 결론 내릴 수 있다.

간 조직 내 항산화 효소 활성 변화

급성 간 손상 과정에서는 글루타치온 함량 감소와 대사활성체에 의한 지질과산화 반응이 일어난다. 지질과산화 반응은 간기능의 부전을 야기하는 기본적인 기전중의 하나로 중요시 되어 왔으며(18), 이러한 지질과산화 반응에 의한 간 손상 예방과 관련된 기전은 글루타치온 대사와 밀접하게 관련되어 있을 뿐 아니라(19), 간 조직 내에서 superoxide를 제거하는 SOD, 그리고 과산화 수소를 제거하는 catalase와 같이 산소라디칼을 제거하여 최

종적으로 지질과산화물을 감소시키는 항산화 효소들도 산화적 스트레스에 의한 세포나 조직의 손상의 방어작용에 중요한 역할을 담당한다(20).

마우스의 간 조직에서 PQ 대사과정에서 생성된 superoxide라디칼의 소거 기능을 가진 SOD의 활성도를 측정하여 단위 mg 당 백질당 SOD의 활성도(U)로 나타내었다(Fig. 4A).

대조군과 PQ군 간에는 유의적인 차이가 나타나지 않았으며, 흑마늘 추출물 투여군은 PQ를 단독 투여한 군과 비교하여 저농도와 고농도 투여군 모두 SOD 활성도가 유의적으로 증가 하였다. Catalase의 활성은 단위 g 단백질당 catalase의 활성도(mU)로 나타내었으며 SOD 측정값과 유사한 경향을 나타내었다(Fig. 4B).

흑마늘 투여군들은 PQ 투여군에 비하여 유의적으로 catalase 활성이 증가하는 경향을 보였으며 흑마늘 고농도 투여군은 대조군과 비교하여 약 20% 정도의 높은 catalase 활성을 보였다. 위

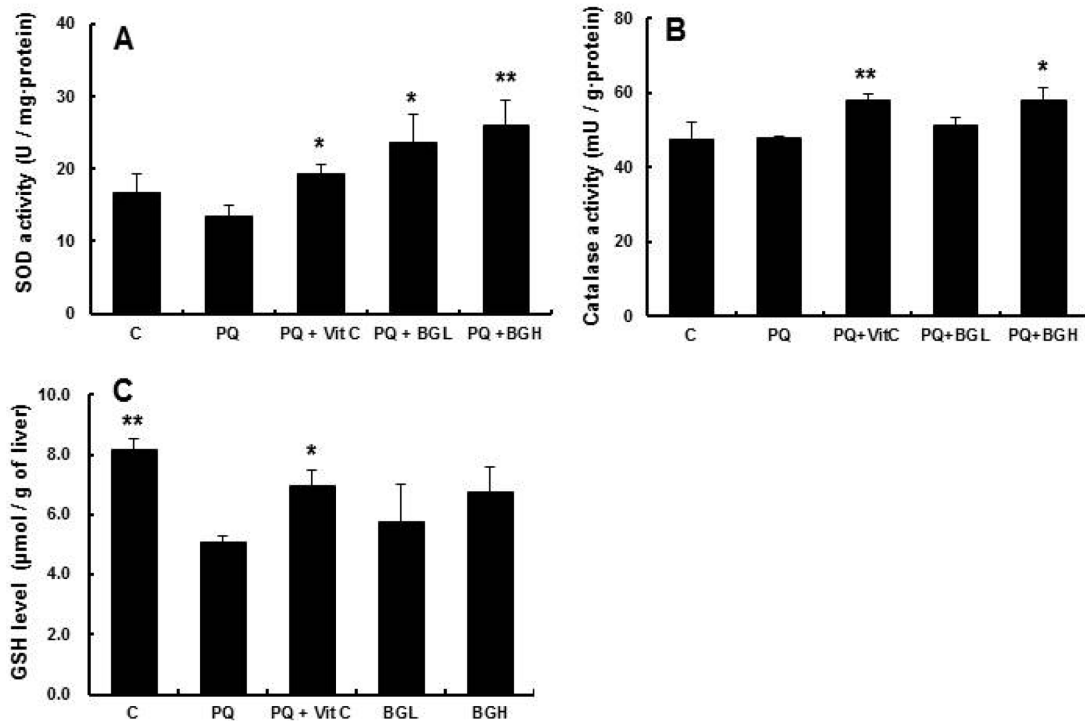


Fig. 4 The effect of BGE on the antioxidant enzyme activities and the plasma GSH levels in the livers of PQ-injected mice. SOD (A) and catalase (B) activities were normalized with cellular protein concentrations. (C) The reduced form of GSH concentration. Group designation is the same as shown in Fig. 2. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$ compared with PQ group.

의 결과를 통해서, 흑마늘 추출물이 간조직에서 SOD의 활성을 증가시켜 PQ의 투여로 인해서 생성된 superoxide 라디칼을 소거하고, SOD의 활성결과 생성된 과산화 수소를 catalase의 활성 유도를 통해서 제거 함으로써 PQ에 의해 유발된 산화적 스트레스로부터 간을 보호 한 것으로 사료된다.

간 조직 내 글루타치온 함량 측정

간 조직 내 글루타치온 함량을 측정하여 1g 간 조직당 μmol 농도로 나타내었다(Fig. 4C). 글루타치온 함량은 대조군에서 가장 높게 나타났으며, 흑마늘 추출물 투여군이 PQ군 보다 농도 의존적인 경향으로 높은 글루타치온 함량을 나타내었지만 $p < 0.05$ 수준에서의 유의성은 나타나지 않았다. 이 실험 결과, 흑마늘 추출물의 투여가 PQ의 체내 유입에 따른 해독작용에 사용된 GSH의 원활한 환원을 촉진한 것으로 추측되며 따라서 흑마늘 추출물 GSH의 함량을 증가시켜 산화적 스트레스에 대해서 간을 보호하는 기능을 지닌다고 추측 할 수 있다.

요 약

본 연구에서는 PQ의 독성으로 유발된 산화적 스트레스에 대한 흑마늘 추출물의 항산화 활성 효과를 검증하여 건강기능식품으로써의 흑마늘 추출물 기능성을 알아보기 위해 흑마늘 추출물의 전자공여능을 측정하였으며 마우스를 이용하여 PQ 투여 전 5일, 투여 후 5일간 흑마늘 추출물을 경구투여한 후, PQ 독성에 의한 체중 변화 관찰과 혈중 간 기능 지표인 AST와 ALT값을 측정 하였다. 또한 간 조직에서 SOD, catalase의 활성과 GSH, MDA 함량 등을 측정하여 비교함으로써 흑마늘 추출물의 항산화 활성 성분이 PQ의 독성에 대한 회복 작용 그리고 지질과산화와의 상호 관련성을 검토하였다. 흑마늘 추출물의 투여는 간조

직에서 항산화 효소인 SOD, catalase 활성을 유의적으로 증가 시켰다. 또한, 흑마늘 추출물은 자유라디칼에 의해 생성된 지질과산화의 최종 산물인 MDA의 함량을 혈액과 간 조직에서 유의적으로 감소 시키는 효과를 보였으며, 산화적 스트레스에 의한 방어 작용을 하는 GSH 농도를 유의적으로 증가 시켰다. 이와 같이 흑마늘 추출물은 항산화 관련 효소의 활성도를 증가시키고 생체 내에서 내인성 항산화 물질의 합성능력을 강화 시킴으로써 산화적 스트레스로 인한 생체 손상에 대한 회복 작용을 향상 시킨다고 결론 내릴 수 있으며, 항산화 건강기능식품으로써의 기능이 기대된다.

감사의 글

본 연구는 보건산업진흥원이 지원하는 건강기능식품센터 사업(A05037610230000300)과 산림청 산림과학특정연구사업(S120911L130110)의 지원을 통해 수행되었습니다.

문 헌

- Rubin H. Cell aging *in vivo* and *in vitro*. Mech. Aging Dev. 98: 1-35 (1997)
- Kelner MJ, Alexander NM. Inhibition of erythrocyte superoxide-dismutase by diethyldithiocarbamate also results in oxyhemoglobin-catalyzed glutathione depletion and methemoglobin production. J. Biol. Chem. 261: 1636-1641 (1986)
- Scandalios JG. Oxygen stress and superoxide dismutases. Plant Physiol. 101: 7-12 (1993)
- Harris ED. Regulation of antioxidant enzymes. FASEB J. 6: 2675-2683 (1992)
- Suntres ZE. Role of antioxidants in paraquat toxicity. Toxicology 180: 65-77 (2002)
- Lee SJ, Kim JH, Kim MJ, Yoon SM, Jeong JC, Sung NJ. Effect

- of garlic and medicinal plants composites on antioxidant activity and lipid levels of liver in hypercholesterolemic rats. *J. Life Sci.* 19: 1769-1776 (2009)
7. Yoon GA. Effect of garlic spplement and exercise on pasma lipid and antioxidant enzyme system in rats. *Korean J. Nutr.* 39: 3-10 (2006)
 8. Choi DJ, Lee SJ, Kang MJ, Cho HS, Sung NJ, Shin JH. Physico-chemical characteristics of black garlic (*Allium sativum* L.). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 37: 465-471 (2008)
 9. Lee HS, Yang ST, Ryu BH. Effects of aged black garlic extract on lipid improvement in rats fed with high fat-cholesterol diet. *J. Life Sci.* 21: 884-892 (2011)
 10. Ahn JN, Chae HS, Moon JS, Kim DW, Kwon MS, Park BS. Effects of full-fat flax seed, α -tocopherol and selenium on the expression of cell surface antigen of broiler chickens. *Korean J. Poultry Sci.* 28: 231-237 (2001)
 11. Kim SH, Baek BH. Effects of aerobic exercise and black garlic intake on blood lipids, lipid peroxidation and BAP in rats. *J. Life Sci.* 21: 1025-1031 (2011)
 12. Bradford MM. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 72: 248-254 (1976)
 13. Blois MS. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200 (1958)
 14. Ogkawa H, Ohishi N, Yagi K. Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Anal. Biochem.* 95: 351-358 (1979)
 15. Delmaestro RF. Free-radicals in medicine and biology. *Int. J. Microcirc. Clin. Exp.* 1: 207-207 (1982)
 16. Villano D, Fernandez-Pachon MS, Moya ML, Troncoso AM, Garcia-Parrilla MC. Radical scavenging ability of polyphenolic compounds towards DPPH free radical. *Talanta* 71: 230-235 (2007)
 17. Afanasev IB, Dorozhko AI, Brodskii AV, Kostyuk VA, Potapovitch AI. Chelating and free-radical scavenging mechanisms of inhibitory-action of rutin and quercetin in lipid-peroxidation. *Biochem. Pharm.* 38: 1763-1769 (1989)
 18. Casini AF, Pompella A, Comporti M. Liver glutathione depletion induced by bromobenzene, iodobenzene, and diethylmaleate poisoning and its relation to lipid-peroxidation and necrosis. *Am. J. Pathol.* 118: 225-237 (1985)
 19. Ross D. Glutathione, free-radicals and chemotherapeutic-agents-mechanisms of free-radical induced toxicity and glutathione-dependent protection. *Pharmacol. Therapeut.* 37: 231-249 (1988)
 20. Kakkar R, Kalra J, Mantha SV, Prasad K. Lipid-peroxidation and activity of antioxidant enzymes in diabetic rats. *Mol. Cell. Biochem.* 151: 113-119 (1995)