

# 마늘 육질과 껍질의 건분 및 에탄올추출물이 노령흰쥐의 항산화능에 미치는 영향\*

신 성 희<sup>§</sup> · 김 미 경

이화여자대학교 식품영양학과

## Effect of Dried Powders or Ethanol Extracts of Garlic Flesh and Peel on Antioxidative Capacity in 16-month-old Rats\*

Shin, Seong Hee<sup>§</sup> · Kim, Mi Kyong

Department of Food and Nutrition, Ewha Womans University, Seoul 120-750, Korea

### ABSTRACT

This study was performed to investigate effect of dried powders and ethanol extracts of garlic flesh and peel on antioxidative capacity in 16-month-old rats. Forty Sprague-Dawley male rats weighing  $618.1 \pm 6.5$  g were blocked into five groups according to body weight and raised for 3 months with experimental diets containing 5% (w/w) of dried powders of garlic flesh or peel, or ethanol extracts from equal amount of each dried powder. Total polyphenols, flavonoids,  $\beta$ -carotene, vitamin C, vitamin E, and total antioxidant status (TAS) levels were determined in garlic preparations. Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) levels in plasma, liver and VLDL + LDL fraction, oxidative DNA damage (8-hydroxy-2'-deoxyguanosine, 8OHdG) in kidney, xanthine oxidase (XO) activities in plasma and liver, superoxide dismutase (SOD) activities in erythrocyte and liver, and carotenoid concentration, and total antioxidant status (TAS) in plasma were measured. Total polyphenols and flavonoids contents in garlic preparations were highest in peel ethanol extract. Vitamin C content was not different significantly among preparations, but peel powder contains slightly more vitamin C. The content of  $\beta$ -carotene was highest in peel ethanol extract and vitamin E content was highest in flesh ethanol extract. The highest level of TAS was observed in peel ethanol extract. Plasma TBARS levels in all the experimental groups were found to be significantly lower than control group, and TBARS concentration in VLDL + LDL fraction was decreased in all the experimental groups in comparison to control group. Also levels of 8OHdG in kidney in experimental groups were lower than that of control group. Plasma and liver XO activities were decreased in all experimental groups, and erythrocyte and liver SOD activities were higher in experimental groups compared to control group. All experimental groups also showed higher plasma TAS levels than control group. Especially, garlic flesh powder group was significantly lower in plasma and liver XO activities, and significantly higher in erythrocyte and liver SOD activities than control group. Moreover, plasma TBARS level and kidney 8OHdG level were decreased in flesh powder group. In conclusion, garlic diets showed effect of improving antioxidative capacity in 16-month old rats, especially, garlic flesh powder was prominent in inhibiting XO activity, promoting SOD activity and decreasing kidney 8OHdG level among experimental groups. (*Korean J Nutrition* 37 (8): 633~644, 2004)

KEY WORDS : garlic, DNA damage, TBARS, SOD, XO.

## 서론

동서양 음식의 선호되는 양념으로서 식용뿐만 아니라 민

간 치료제로 오래 전부터 사용되어온 마늘 (*Allium sativum*) 은 최근 들어 높은 사망률을 나타내는 여러 종류의 암이나 종양 그리고 고혈압, 동맥경화, 허혈성 심장 질환, 뇌졸중 등의 심장 순환계 질환의 예방과 치료에 효능이 있다고 알려지면서 많은 연구가 진행되고 있다.<sup>1,2)</sup>

근래 마늘의 여러 가지 약리 효능이 밝혀지면서 마늘의 수요가 높아지고 있으나 마늘의 가공 후 마늘 껍질은 그대로 폐기되고 있는 실정이다. 그러나 마늘 껍질에는 육질과 마찬가지로 polyphenols이나 flavonoids, 항산화 비타민 등

접수일 : 2004년 3월 15일

채택일 : 2004년 10월 8일

\*This research was supported by grants from Sang Woo Corporation.

<sup>§</sup>To whom correspondence should be addressed.

항산화 성분이 다량 포함되어 있을 것으로 추정된다. Nuttilla 등의 연구<sup>3)</sup>에 의하면 마늘 껍질의 총 polyphenols의 함량이 육질의 7배 가량이며, 껍질의 자유기 포착능 (radical scavenging activity)이 육질보다 1.5배 가량 높다고 보고한 바 있다. 따라서 이러한 마늘 껍질을 그대로 폐기한다면 생리활성 물질의 손실이며, 마늘 껍질 내 항산화 성분을 향후 식품 산업의 기능성 소재로 적절히 활용하는 방법을 모색하여 폐자원을 활용한다는 면에서도 마늘 껍질의 이용은 의미가 있다.

또한 마늘 육질 속의 함 유황 성분이 free radical scavenging능을 통한 항산화 작용에 대한 연구는 많이 보고되고 있지만, 마늘 육질과 껍질 중에 함유된 성분과 더불어 공존하는 polyphenols, flavonoids, 그리고 비타민 C나 tocopherol 등 항산화 성분이나 비타민의 함량 등 이들 성분이 마늘의 항산화력에 미치는 연구와 마늘 껍질의 이용에 관한 연구는 이루어지지 않고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 마늘의 생리 효과를 체계적으로 밝히기 위한 기초자료를 얻고자 마늘이 노령 흰쥐의 항산화능에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 이를 위해 16개월 된 Sprague-Dawley 중의 수컷 흰쥐를 대상으로 마늘 육질 과 껍질 건분 및 에탄올

추출물 식이를 3개월 간 섭취시킨 후 혈장과 간 그리고 LDL fraction 내의 과산화 지질 함량, 혈장의 total antioxidant status (TAS)수준, 적혈구와 간의 항산화계 효소활성 및 신장 조직의 DNA 손상정도를 측정하여 노화중의 항산화능의 변화를 알아보고자 하였다. 또한 마늘 육질 및 껍질의 부위와 건분 및 에탄올추출물 내 마늘 성분의 특성에 따라 이러한 효과에 차이가 있는지를 비교하고, 현재 대부분 폐기되고 있는 마늘 껍질이 만성퇴행성 질환 예방 및 기능성 식품 원료로서 활용 가능성이 있는지 알아보고자 하였다.

## 실험 재료 및 방법

### 1. 실험식이 재료

#### 1) 마늘 육질, 껍질의 건분 및 에탄올추출물의 준비

실험에 사용한 마늘 (전남 고흥, 2002년 6월산)은 난지형 육쪽마늘 (토종마늘)로서 동결건조하여 분말화 하였고, 에탄올추출물은 Kang 등<sup>5,6)</sup>의 방법을 변형하여 준비하였다.

#### 2) 실험식이 시료 내 항산화 물질 함량 분석

총 polyphenols 함량은 AOAC 공인방법인 Folin-Denis

Table 1. Composition of experimental diets

Ingredients	Groups <sup>1)</sup>					(g/kg diet)
	C	GFP	GFE	GPP	GPE	
Cornstarch	700.7	650.7	650.7	650.7	650.7	650.7
Casein	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0	150.0
Corn oil <sup>2)</sup>	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0
Soybean oil <sup>3)</sup>	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
Mineral mix <sup>4)</sup>	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0
Vitamin mix <sup>5)</sup>	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Choline chloride	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
L-Cystine	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
Plant powder	—	50	—	50	—	—
Plant ethanol extract and starch	—	—	50	—	—	50
Total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

1) C: Garlic free control diet group

GFP: 5% garlic flesh powder group

GFE: 5% garlic flesh ethanol extract group

GPP: 5% garlic peel powder group

GPE: 5% garlic peel ethanol extract group

2) Fatty acids per 100g total fatty acids of corn oil (%): 16 : 0 10.36, 18 : 0 1.80, 18 : 1 26.59, 18 : 2 60.43, 18 : 3 0.82

3) Fatty acids per 100g total fatty acids of soybean oil (%): 16 : 0 10.45, 18 : 0 4.11, 18 : 1 23.17, 18 : 2 55.18, 18 : 3 0.82

4) Mineral mix (AIN-93M-MX) (g/kg mixture): Calcium carbonate, anhydrous 357, Potassium phosphate, monobasic 250, Sodium chloride 74, Potassium sulfate 46.6, Potassium citrate, tri-potassium, monohydrate 28, Magnesium oxide 24, Ferric citrate 6.06, Zinc carbonate 1.65, Manganous carbonate 0.63, Cupric carbonate 0.3, Potassium iodate 0.01, Sodium selenate, anhydrous 0.01025, Ammonium paramolybdate 0.00795, Sodium meta-silicate, 9 hydrate 1.45, Chromium potassium sulfate, 12 hydrate 0.275, Boric acid, 0.0815, Sodium fluoride, 0.0635, Nickel carbonate 0.0318, Lithium chloride 0.0174, Ammonium vanadate 0.0066, Powdered sucrose 209.806

5) Vitamin mix (AIN-93-VX) (g/kg mixture): Nicotinic acid 3000, Ca pantothenats 1600, pyridoxine-HCl 700, Thiamin-HCl 600, Riboflavin 600, Folic acid 200,  $\alpha$ -Biotin 20, Vitamin B-12 (cyanocobalamin) 2500, Vitamin E (all-rac- $\alpha$ -tocopheryl acetate) (500 IU/g) 800, Vitamin A (all-trans-retinyl palmitate) (500,000 IU/g) 800, Vitamin D<sub>3</sub> (cholecalciferol) (400,000 IU/g) 250, Vitamin K (phyloquinone) 75, Powdered sucrose 974.655 g

법<sup>4,10</sup>)을 이용하여 분석하였고, 총 flavonoids 함량은 Kang 등<sup>5,6</sup>)의 방법을 이용하여 파장 420 nm에서 spectrophotometer (Genesys 10 UV, USA)로 비색 정량하였다.

Beta-carotene은 Nelis 등<sup>7,8</sup>)의 방법으로,  $\alpha$ -tocopherol 함량은 AOAC<sup>9,10</sup>) 공인 방법을 이용하여 HPLC (Waters 2690 Separation Module, Waters, USA)로 분석하였으며, 총 vitamin C의 함량은 비색법<sup>8,9</sup>)에 의하여 측정하였다.

Total antioxidant status (TAS) 수준은 McCusker 등<sup>11</sup>)과 Marklund 등<sup>12</sup>)의 방법을 응용하여 측정하였다.

## 2. 동물사육 실험

### 1) 실험동물의 사육 및 식이

실험동물은 샘타코 바이오 코리아에 의뢰하여 출생시부터 동일한 환경에서 고형배합사료<sup>13</sup>)로 사육한 생후 16개월 된 Sprague-Dawley종 수컷 흰쥐 40마리를 대상으로 하였다. 실험동물은 8마리씩 5군으로 분류하여 표준식이, 마늘 육질과 껍질의 건조 분말 및 에탄올 추출물 식이로 각각 3개월 간 사육하였다.

실험에 사용한 식이의 탄수화물 급원으로는 옥수수전분 (corn starch, 대상)을, 지방 급원으로는 옥수수유 (corn oil, 오투기)와 대두유 (soybean oil, CJ)를 3 : 2 (w : w)의 비율로 섞어 실험식이의 10% (w/w) 수준으로 사용하였고, 단백질 급원으로는 casein (edible acid casein, Scerma Goulburn Co-operative Co., France)을 식이 무게의 15% 수준으로 사용하였다. 무기질과 vitamin은 시약급을 사용하여 혼합한 것 (AIN-93M)<sup>14</sup>)을 각각 식이 무게의 3.5%와 1% 수준으로 식이에 섞어 공급하였다. 마늘 육질 및 껍질 건분은 식이무게의 5% 수준으로 식이에 섞어 공급하였으며, 에탄올 추출물군의 경우 식이무게의 5%에 상응하는 마늘 육질과 껍질의 건조분말을 각각 95% 에탄올로 추출하여 식이에 첨가하였고, 건분량과의 무게 차이는 옥수수전분을 첨가하여 보충하였다 (Table 1).

실험동물은 한 마리씩 stainless steel cage에서 사육하였고 식이와 물은 자유롭게 먹도록 하였으며, 동물사육실은 온도 22 ± 1°C, 습도 45% 내외로 유지시켰으며, lighting cycle은 12시간 주기로 일정하게 하였다.

### 2) 혈액과 장기의 채취

사육기간이 종료된 실험동물은 12시간 절식시킨 후 diethyl ether로 마취시켜 개복한 후 10 ml 주사기를 사용하여 심장에서 혈액을 채취하였다. 이때 혈장과 저밀도 지단백질의 thiobarbituric acid reactive substances (TBARS)

함량 측정에 사용할 혈액은 3.8% sodium citrate 용액 0.1 ml로 내부를 coating한 주사기를 사용하였고, 그 이외는 heparin (25,000 I.U./5 ml) 40  $\mu$ l로 내부를 coating한 주사기를 사용하였다. Sodium citrate 용액으로 coating한 주사기를 사용하여 채취한 혈액은 응고되는 것을 방지하기 위해 ethylene diamine tetra acetate (EDTA)가 들어있는 polystyrene tube에 담았으며, heparin으로 처리한 주사기를 사용한 경우에는 빈 polystyrene tube에 각각 담아 원심분리하여 아래층의 적혈구와 혈장을 분리하였다.

적혈구를 얻기 위하여 동량의 ice cold saline (0.9% NaCl)을 첨가하여 원심분리기로 2,800 rpm, 4°C에서 10분간 원심분리하는 과정을 세 차례 반복하여 세척하였고, 이렇게 하여 얻어진 적혈구는 0.9% NaCl 용액과 부피비가 1 : 1이 되도록 희석하여 50% 적혈구 현탁액 (hematocrit suspension)을 만든 후 항산화 효소의 활성을 측정하기 전까지 -70°C deep freezer에 보관하였다.

간과 신장은 혈액을 채취한 후 즉시 ice bath 위에서 떼어내어 ice cold saline에 넣어 세척한 다음 여지로 물기를 제거하고 무게를 측정하고 바로 -70°C deep freezer에 보관하여 지질 과산화물 함량과 효소활성 측정 및 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine 분석에 사용하였다.

## 3. 생화학적 분석

### 1) 혈장과 간 및 혈장의 초저밀도 지단백질과 저밀도 지단백질 내 Thiobarbituric acid reactive substances 함량

혈장의 thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) 함량은 lipid peroxidation assay kit (Calbiochem-Novabiochem CO., Germany)를 이용하여 파장 586 nm에서 spectrophotometer (Genesys 10 UV, USA)로 흡광도를 측정하여 분석하였으며, 간의 TBARS 함량은 Buckingham법<sup>15</sup>)을 이용하였다.

또한 본 연구에서는 혈장에서 VLDL + LDL particle을 함께 분리한 후,<sup>16</sup>) 이 VLDL + LDL particle의 단백질 함량을 분석<sup>17</sup>)하고, 일정량의 VLDL+LDL protein을 취하여 Cu<sup>2+</sup>-induced TBARS 함량을 측정<sup>18</sup>)하였다.

### 2) 신장 조직의 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine 농도

신장조직의 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine (8OHdG) 농도를 측정하여 DNA의 산화적 손상 정도를 나타내는 지표로 이용하였다. 신장조직의 DNA는 DNA extractor Wako kit (Wako, Osaka, Japan)를 이용하여 추출<sup>19</sup>) 분리하였다. 추출 분리된 DNA는 다음과 같이 가수분해하여 enzyme linked immunosolvent assay (ELISA)를 이용

한 80 HdG 분석에 사용하였다.

ELISA에 의한 80 HdG의 분석은 8 - O HdG ELISA kit (Japan Institute For the Control of Aging, Japan)를 사용하였는데, 그 원리는 다음과 같다. 즉, 80 HdG specific primary antibody가 microtiter plate에 precoating되어 있는 80 HdG와 sample내에 있는 80 HdG 사이에서 경쟁적으로 반응하고, 이 primary antibody를 detect하는 enzyme labeled secondary antibody와 그 substrate를 순차적으로 첨가하였을 때의 발색 정도를 정량하는 것이다. 따라서 신장 조직 DNA의 산화 손상이 적을수록 plate에 precoating된 80 HdG와 그 antibody의 결합이 증가하게 되므로 진하게 발색된다. 이 때 0.5~200 ng/ml 농도 범위의 80 HdG 표준용액을 사용하여 얻은 표준 곡선으로부터 신장 조직의 80 HdG 함량을 계산하였다.

**3) 혈장과 간의 Xanthine oxidase 활성 및 적혈구와 간의 superoxide dismutase 활성**

혈장의 xanthine oxidase (XO) 활성 측정은 Yoon의 방법<sup>20)</sup>에 준하여 측정하였고, xanthin oxidase의 활성 단위는 혈장 1L가 분당 반응하여 기질로부터 생성된 uric acid의 양을  $\mu$ mole의 농도로 표시하였다.

간은 cytosol 분획을 얻은 후, 이 cytosol 분획을 효소원으로 하여 혈장과 동일한 방법으로 효소활성을 측정하였다. 이 때 xanthine oxidase의 활성 단위는 효소원 중에 함유된 단백질 1 mg이 분당 반응하여 기질로부터 생성된 uric acid 양을 nmole의 농도로 표시하였다. 간의 단백질 함량은 Lowry법<sup>17)</sup>에 준하여 측정하였다.

적혈구와 간의 superoxide dismutase (SOD) 활성은 Floche 등<sup>21)</sup>의 방법을 이용하였으며, ferric cytochrome C의 환원을 50% 방해하는 SOD의 양을 1 unit으로 하여 나타내었다. 이 때 효소 활성을 계산하는데에 필요한 효소원의 단백질 함량 역시 Lowry법<sup>17)</sup>에 준하여 측정하였다.

**4) 혈장의 총 carotenoids 수준 및 혈장의 total antioxidant status 수준**

혈장 내에 존재하는 총 carotenoids 함량은 Kaplan의 방법<sup>22)</sup>을 이용하여 측정하였으며, 혈장의 total antioxidant status (TAS) 수준은 TAS kit (Randox Co., UK)를 이용하여 분석하였다.

**4. 통계 처리**

본 연구의 실험 결과는 각 군의 평균과 표준오차를 계산하였고 일원배치 분산분석 (one-way analysis of variance)을 한 후  $\alpha = 0.05$  수준에서 Duncan's multiple range test에 의하여 각 실험군 평균치간의 유의성을 검정하였다.

**실험결과**

**1. 마늘 육질과 껍질의 건분 및 에탄올추출물 시료 내 항산화 물질 함량**

본 실험의 식이에 첨가한 마늘 육질과 껍질의 건분 및 에탄올추출물 시료의 수율과 총 polyphenols, flavonoids,  $\beta$ -carotene, vitamin C, vitamin E 및 total antioxidant status (TAS)의 수준은 Table 2와 같았다.

마늘 시료들의 total antioxidant status (TAS)를 측정된 결과를 보면, 마늘 육질 및 껍질 건분이 각각 0.04 mmol/g, 0.19 mmol/g으로 마늘 육질 건분에 비해 껍질 건분의 TAS 수준이 약 5배 가량 월등히 높았으며, 육질 및 껍질의 에탄올추출물의 경우는 각각 0.1 mmol/g, 0.21 mmol/g로 껍질 에탄올추출물의 TAS 수준이 육질 에탄올추출물보다 약 2배 가량 높았다.

마늘 육질과 껍질의 건분 및 에탄올추출물 분말 1 g에 함유되어 있는 총 polyphenols의 양은 각각 15.52 mg, 63.63 mg, 27.93 mg, 159.86 mg으로 마늘 껍질 에탄올추출물에 가장 많은 양이 함유되어 있으며, 총 flavonoids의 양도

**Table 2.** Yields and contents of total polyphenols, total flavonoids,  $\beta$ -carotene, vitamin C, vitamin E, and total antioxidant status in garlic powders

Constituents	Types of powder	Garlic flesh powder	Garlic flesh ethanol extract powder	Garlic peel powder	Garlic peel ethanol extract powder
Total antioxidant status (mmol/g)		0.04	0.10	0.19	0.21
Total polyphenols (mg/g powder)		15.52	27.93	63.63	159.86
Total flavonoids (mg/g powder)		0.49	4.36	1.47	18.82
$\beta$ -carotene ( $\mu$ g/g powder)		0.15	1.56	4.22	12.33
Vitamin C (mg/g powder)		0.14	0.14	0.28	0.15
Vitamin E ( $\mu$ g/g powder)		4.44	28.97	3.99	1.68
Total dietary fibers (mg/g powder)		176.50	29.40	780.00	106.00
Insoluble fibers (mg/g powder)		97.50	24.50	587.20	104.90
Soluble fibers (mg/g powder)		79.00	4.90	192.80	1.10
Yields (%)		31.74	4.57	19.33	2.17

껍질 내 함유량이 육질보다 거의 3배 가량 높았으며, 껍질 건분보다 껍질 에탄올추출물 분말 내 총 flavonoids 함유량이 높아 총 polyphenols의 함유량과 같은 경향을 보였다.

시료 1 g당  $\beta$ -carotene의 경우 육질과 껍질 건분이 각각 0.15  $\mu$ g, 4.22  $\mu$ g, 마늘 육질 및 껍질의 에탄올추출물 분말이 각각 1.56  $\mu$ g, 12.33  $\mu$ g으로 껍질 건분의  $\beta$ -carotene 함유량이 육질에 비해 약 26배정도 높은 것을 알 수 있었으며, 껍질 에탄올추출물 분말의 경우에도 육질 에탄올추출물보다  $\beta$ -carotene 함유량이 약 8배정도 높은 것을 알 수 있었다. Vitamin C의 함량은 마늘 육질과 껍질 건분이 각각 0.14 mg, 0.28 mg으로 껍질 건분이 육질 건분에 비해 2배 가량 높았으나, 육질 및 껍질의 에탄올추출물 분말은 각각 0.14 mg, 0.15 mg으로 비슷한 수준을 보였다. Vitamin E는 육질과 껍질 건분이 각각 4.44  $\mu$ g, 3.99  $\mu$ g으로 큰 차이는 없었으며, 마늘 육질 에탄올추출물과 껍질 에탄올추출물은 각각 28.97  $\mu$ g, 1.68  $\mu$ g으로 육질 에탄올추출물 분말이 껍질 에탄올추출물 분말에 비해 약 17배 가량 높았으며, 육질 건분에 비해서는 약 6배 가량 높은 것을 알 수 있었다.

전체적으로 보면 총 polyphenols과 flavonoids, 그리고 지용성 항산화 vitamins 중  $\beta$ -carotene의 함량은 마늘 껍질 에탄올추출물이 가장 높았으며, vitamin E 함량은 마늘 육질 에탄올추출물이, 수용성인 vitamin C의 함량은 마늘 껍질 건분이 가장 높았다. 그리고 총 식이섬유 함유량

은 마늘 껍질 건분이, TAS 수준은 마늘 껍질 에탄올추출물이 가장 높았다. 또한 지용성 vitamin인 vitamin E의 함유량을 제외한 모든 항산화 물질 및 식이섬유 함량은 마늘 육질 건분 보다 마늘 껍질 건분이 월등히 높았다.

한편 본 실험식이 1 kg에 함유된 각 마늘 시료의 총 polyphenols, flavonoids,  $\beta$ -carotene, vitamin C, vitamin E 및 식이섬유의 함량, 그리고 total antioxidant status (TAS)의 수준은 Table 3과 같았다. 각 마늘 시료를 첨가하여 식이 1 kg을 제조하였을 때, 껍질 에탄올추출물 식이의 총 polyphenols과  $\beta$ -carotene의 함량이 껍질 건분 식이보다 낮았다. 또한 식이 내 TAS 수준은 껍질 건분 식이가 가장 높고, 그 다음으로 육질 건분 및 육질 에탄올추출물 식이 순으로 높아 시료에서의 함량과는 다른 양상을 보였다. 또한 껍질 에탄올추출물 시료 1 g에 함유되어 있는 vitamin C의 함량이 육질 건분 및 육질 에탄올추출물과 비슷하였지만, 식이에 첨가하였을 시에는 수율의 영향으로 육질 건분 식이의 십분의 일 정도, 육질 에탄올추출물 식이의 오분의 사로 껍질 에탄올추출물 식이의 vitamin C 함량이 낮아졌다. 특히 껍질 에탄올 식이의 vitamin E 함량이 다른 마늘 시료 식이에 비하여 현저하게 낮아졌으나, 총 flavonoids의 함량에는 별다른 변화가 없었다.

## 2. 식이 섭취량과 항산화물질 섭취량

실험 동물의 일일 평균 식이 섭취량과 실험기간 동안의 체중 증가량은 Table 4과 같았다. 일일 평균 식이 섭취량

**Table 3.** Contents of total polyphenols, total flavonoids,  $\beta$ -carotene, vitamin C, vitamin E, and total antioxidant status in experimental diets

Constituents	Types of Powder	Garlic flesh powder	Garlic flesh ethanol extract powder	Garlic peel powder	Garlic peel ethanol extract powder
Total polyphenols (mg/kg diet)		776.00	201.24	3181.5	897.6
Total flavonoids (mg/kg diet)		24.50	31.41	73.50	105.67
$\beta$ -carotene ( $\mu$ g/kg diet)		7.50	11.23	211.00	69.23
Vitamin C (mg/kg diet)		7.00	1.00	14.00	0.84
Vitamin E ( $\mu$ g/kg diet)		222.00	208.72	199.50	9.43
Total antioxidant status (mmol/kg)		2.00	0.72	9.50	1.12

**Table 4.** Food and antioxidants intakes in Sprague-Dawley rats fed diets containing different part of garlic<sup>1)</sup>

Groups <sup>2)</sup>	Food intake (g/day)	Total polyphenols (mg/day)	Total flavonoids (mg/day)	Beta-carotene ( $\mu$ g/day)	Vitamin C (mg/day)	Vitamin E ( $\mu$ g/day)
C	21.32 $\pm$ 0.66 <sup>NS3)</sup>	-	-	-	-	-
GFP	19.97 $\pm$ 0.87	15.49 $\pm$ 0.67 <sup>6d)</sup>	0.48 $\pm$ 0.02 <sup>c</sup>	0.15 $\pm$ 0.01 <sup>c</sup>	0.14 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>	4.43 $\pm$ 0.19 <sup>a</sup>
GFE	20.69 $\pm$ 0.83	4.16 $\pm$ 0.16 <sup>c</sup>	0.64 $\pm$ 0.02 <sup>c</sup>	0.23 $\pm$ 0.01 <sup>c</sup>	0.02 $\pm$ 0.01 <sup>c</sup>	4.32 $\pm$ 0.17 <sup>a</sup>
GPP	20.32 $\pm$ 0.56	64.65 $\pm$ 1.78 <sup>a</sup>	1.49 $\pm$ 0.04 <sup>b</sup>	4.28 $\pm$ 0.11 <sup>a</sup>	0.28 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	4.05 $\pm$ 0.11 <sup>a</sup>
GPE	20.54 $\pm$ 1.01	18.44 $\pm$ 0.90 <sup>b</sup>	2.17 $\pm$ 0.10 <sup>a</sup>	1.41 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup>	0.01 $\pm$ 0.01 <sup>c</sup>	0.10 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>

1) Mean  $\pm$  Standard Error (n = 8)

2) C: Garlic free control diet group, GFP: 5% garlic flesh powder group, GFE: 5% garlic flesh ethanol extract group, GPP: garlic peel powder group, GPE: garlic peel ethanol extract group

3) Not significant at  $\alpha$  = 0.05 level by Duncan's multiple range test

4) Values with different alphabet within the column are significantly different at  $\alpha$  = 0.05 level by Duncan's multiple range test

**Table 5.** Plasma and liver and plasma VLDL + LDL thiobarbituric acid reactive substances levels in Sprague-Dawley rats fed diets containing different part of garlic<sup>1)</sup>

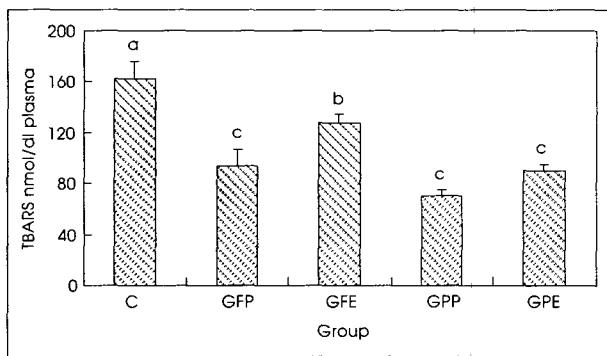
Group <sup>2)</sup>	Plasma TBARS (nmol/dl plasma)	Liver TBARS (nmol/g wet liver)	Plasma VLDL + LDL TBARS (nmol TBARS/24h/mg protein)
C	162.34 ± 13.76 <sup>03)</sup>	7.11 ± 0.51 <sup>NS4)</sup>	545.46 ± 59.89 <sup>NS</sup>
GFP	94.09 ± 13.15 <sup>c</sup>	7.96 ± 0.24	502.92 ± 34.84
GFE	127.81 ± 7.04 <sup>b</sup>	7.80 ± 0.51	412.09 ± 20.44
GPP	70.49 ± 4.89 <sup>c</sup>	7.71 ± 0.32	435.41 ± 61.59
GPE	89.82 ± 4.98 <sup>c</sup>	7.87 ± 0.26	480.00 ± 44.18

1) Mean ± Standard Error (n = 8)

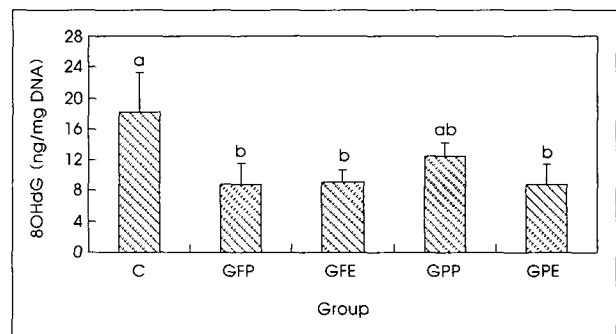
2) See table 3

3) Values with different alphabet within the column are significantly different at α = 0.05 level by Duncan's multiple range test

4) Not significant at α = 0.05 level by Duncan's multiple range test



**Fig. 1.** Plasma thiobarbituric acid reactive substances levels in Sprague-Dawley rats fed diets containing different part of garlic.<sup>1)</sup>



**Fig. 2.** 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine levels in cellular DNA from kidney tissue of Sprague-Dawley rats fed diets containing different part of garlic.

은 모든 군들 간에서 유의적인 차이가 없었으며, 따라서 일일 항산화 물질 섭취량도 각 마늘 시료 간의 차이에서와 같은 경향을 나타내었다.

### 3. 생화학적 분석

#### 1) 혈장과 간 및 혈장의 초저밀도 지단백질과 저밀도 지단백질 내의 Thiobarbituric acid reactive substances 함량

혈장과 간 및 혈장의 초저밀도 지단백질과 저밀도 지단백질 내 지질 과산화 정도를 알아보기 위하여 지질 과산화물 (Thiobarbituric Acid Reactive Substances; TBARS)의 함량을 측정된 결과는 Table 5와 Fig. 1과 같았다.

혈장의 경우 마늘 실험군들이 대조군에 비해 TBARS 함량이 유의적으로 낮았으며, 특히 마늘 껍질 건분군과 껍질 에탄올군이 가장 낮았다(Fig. 1).

그러나 간의 TBARS 함량은 각 군간에 유의적인 차이가 없었다.

또한 혈장의 초저밀도 지단백질 (VLDL)과 저밀도 지단백질 (LDL)내 과산화 정도를 알아보기 위해 Cu<sup>++</sup>로 24 시간 산화시킨 후 지질 과산화물 (TBARS) 함량을 측정된 결과 전반적으로 마늘 실험군들이 대조군보다 지질 과산화물 함량이 낮은 경향을 보였으나, 실험군들과 대조군 간에 유의적인 차이는 없었다. 마늘 실험군들 중에서는 육질 에

탄올추출물군과 껍질 건분군에서 VLDL + LDL fraction 내의 지질 과산화물 함량이 가장 낮았다.

#### 2) 신장 조직의 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine 농도

신장조직의 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine (8OHdG) 농도는 신장조직 내 DNA의 산화적 손상 정도를 나타내는 지표로서 mg DNA 당 산화된 8OHdG의 농도를 ng으로 나타내었는데, 그 결과는 Fig. 2와 같았다.

전반적으로 마늘 실험군들이 대조군보다 8OHdG의 수준이 유의적으로 낮았으며, 마늘 실험군들 간에는 유의적 차이는 없었으나 육질 건분군과 육질 에탄올추출물군, 껍질 에탄올추출물군이 껍질 건분군에 비하여 다소 낮은 경향을 나타내었다.

#### 3) 혈장과 간의 Xanthine oxidase 활성 및 적혈구와 간의 superoxide dismutase 활성

혈장과 간의 xanthine oxidase (XO) 활성을 측정된 결과와 superoxide dismutase (SOD)의 적혈구 및 간 내 활성을 측정된 결과는 Table 6과 같았다. 혈장의 XO 활성은 마늘 실험군들이 모두 대조군에 비해 낮은 경향을 보여주었는데, 육질 건분군만이 대조군에 비해 유의적으로 낮았고, 껍질 건분군과 육질 및 껍질 에탄올추출물 건분군은 대조군과 유의적인 차이가 없었다.

**Table 6.** Plasma and liver xanthine oxidase activities and erythrocyte and liver superoxide dismutase activities in Sprague-Dawley rats fed diets containing different part of garlic<sup>1)</sup>

Group <sup>2)</sup>	Plasma XO <sup>3)</sup> ( $\mu$ mol/min/L)	Liver XO <sup>4)</sup> (nmol/min/mg protein)	RBC SOD <sup>5)</sup> (Unit/min/mg protein)	Liver SOD (Unit/min/mg protein)
C	9.02 $\pm$ 1.26 <sup>a)</sup>	1.28 $\pm$ 0.16 <sup>a)</sup>	46.75 $\pm$ 2.27 <sup>c)</sup>	50.06 $\pm$ 2.98 <sup>b)</sup>
GFP	5.81 $\pm$ 0.60 <sup>b)</sup>	0.87 $\pm$ 0.11 <sup>bc)</sup>	68.26 $\pm$ 2.09 <sup>a)</sup>	60.57 $\pm$ 2.94 <sup>a)</sup>
GFE	6.73 $\pm$ 0.96 <sup>ab)</sup>	0.73 $\pm$ 0.06 <sup>c)</sup>	60.57 $\pm$ 2.46 <sup>ab)</sup>	55.96 $\pm$ 1.05 <sup>ab)</sup>
GPP	7.86 $\pm$ 0.28 <sup>ab)</sup>	1.06 $\pm$ 0.06 <sup>ab)</sup>	55.37 $\pm$ 5.61 <sup>bc)</sup>	57.42 $\pm$ 1.61 <sup>ab)</sup>
GPE	8.11 $\pm$ 0.66 <sup>ab)</sup>	0.96 $\pm$ 0.08 <sup>bc)</sup>	56.05 $\pm$ 2.75 <sup>bc)</sup>	54.85 $\pm$ 2.30 <sup>ab)</sup>

1) Mean  $\pm$  Standard Error (n = 8)

2) See table 3

3) Plasma xanthine oxidase activities are expressed as  $\mu$  mol of uric acid formed per minute per liter of plasma

4) Liver xanthine oxidase activities are expressed as nmol of uric acid formed per minute per mg of protein

5) SOD activities are expressed as units per minute per mg protein (One unit inhibits cytochrome C reduction rate by 50% in a coupled system with xanthine oxidase at pH 7.8 and 25°C in a 3 ml reaction volume)

6) Values with different alphabet within the column are significantly different at  $\alpha = 0.05$  level by Duncan's multiple range test

**Table 7.** Plasma total carotenoids level and plasma total antioxidant status in Sprague-Dawley rats fed diets containing different part of garlic<sup>1)</sup>

Group <sup>2)</sup>	Total carotenoids ( $\mu$ g/dl)	TAS (mmol/L)
C	0.15 $\pm$ 0.03 <sup>b)</sup>	0.96 $\pm$ 0.08 <sup>b)</sup>
GFP	0.09 $\pm$ 0.02 <sup>b)</sup>	1.25 $\pm$ 0.02 <sup>a)</sup>
GFE	0.89 $\pm$ 0.08 <sup>a)</sup>	1.21 $\pm$ 0.03 <sup>a)</sup>
GPP	0.03 $\pm$ 0.01 <sup>b)</sup>	1.29 $\pm$ 0.04 <sup>a)</sup>
GPE	0.03 $\pm$ 0.01 <sup>b)</sup>	1.33 $\pm$ 0.03 <sup>a)</sup>

1) Mean  $\pm$  Standard Error (n = 8)

2) See table 3

3) Values with different alphabet within the column are significantly different at  $\alpha = 0.05$  level by Duncan's multiple range test

간의 XO 활성을 보면 마늘 실험군들이 대조군보다 낮았으며, 마늘 실험군들 중에서도 육질 건분군, 육질 에탄올추출물군 및 껍질 에탄올추출물군이 대조군보다 유의적으로 낮았으며 그중 육질 에탄올추출물군이 가장 낮은 XO 활성을 보였다.

적혈구의 SOD 활성은 마늘 실험군들이 대조군 보다 높았는데, 육질 건분군과 육질 에탄올추출물군은 SOD 활성이 대조군보다 유의적으로 높았으며, 껍질 건분군과 껍질 에탄올추출물군은 유의적이진 않았으나 대조군보다 다소 높은 경향을 보였다. 특히 육질 건분군에서 SOD 활성이 가장 높게 나타났다.

간의 SOD 활성도 마늘 실험군들이 대조군보다 높았는데, 적혈구에서와 마찬가지로 육질 건분군이 실험군들 중 가장 유의적으로 높았다.

**4) 혈장의 총 carotenoids 수준 및 혈장의 total antioxidant status 수준**

혈장의 총 carotenoids의 농도를 측정한 결과와 혈장 내의 total antioxidant status (TAS)를 측정한 결과는 Table 7과 같았다. 혈장 내의 총 carotenoids 수준은 마늘 육질 에탄올추출물 군이 대조군을 비롯한 나머지 마늘군들에 비

하여 유의적으로 높았으며, 육질 건분군과 껍질 건분 및 에탄올추출물군들은 대조군과 유의적인 차이가 없었다.

또한, 혈장 내의 TAS 수준은 마늘 실험군들이 모두 대조군에 비하여 유의적으로 높았으며, 마늘 실험군들 간에는 유의적인 차이는 없었으나 껍질 에탄올추출물군의 TAS 수준이 가장 높았다.

**고 찰**

**1. 마늘 시료의 항산화 성분 함량**

마늘 육질과 껍질, 그리고 육질 에탄올추출물 및 껍질 에탄올추출물의 4가지로 마늘 시료의 동결건조 분말 1 g에 들어있는 총 polyphenols의 함량을 측정하였을 때 16~160 mg으로 껍질 에탄올추출물 내 함량이 육질과 껍질 건분 및 육질 에탄올추출물보다 월등히 높았으며, 육질 건분에 비해서는 10배 이상 높았고, 껍질 건분 보다는 2배 이상 높았다. 또한 마늘 시료 내 총 flavonoids 함량을 살펴보면 0.5~18.8 mg이었고 총 polyphenol 함량과 마찬가지로 껍질 에탄올추출물의 총 flavonoids가 가장 높았으며, 육질 건분에 비하여 껍질 건분이 3배 정도 높았다.

마늘의 경우 마늘 육질 속 함 유황 성분의 자유기 포착 (free radical scavenging)능을 통한 항산화 작용에 대한 연구는 많이 보고되고 있지만, 마늘 육질과 껍질 중에 함유 성분과 더불어 공존하는 polyphenols과 flavonoids 함량과 이들 성분이 마늘의 항산화력에 미치는 연구에 대한 자료는 매우 부족한 실정이다. Park 등<sup>23)</sup>은 마늘 육질에 astragalinal과 kaempferol과 비슷한 구조의 allivcin이라는 flavonoids가 함유되어 있다고 보고한 바 있으며, Nuutila 등<sup>3)</sup>의 연구에 의하면 마늘 껍질의 총 polyphenols의 함량은 육질의 7배 가량이었고, 이는 본 연구에서와 같은 경향이였다. 본 연구에서는 건분 및 에탄올추출물 분말 시료 내의 총

polyphenols과 flavonoids 함량만을 측정하였을 뿐, 이에 함유되어 있는 각각의 성분에 대한 정량분석을 실시하지 않았기 때문에 마늘 육질과 껍질을 구성하고 있는 polyphenols와 flavonoids의 종류를 확인할 수는 없었다.

각 마늘 시료의 총 항산화능을 평가해보고자 TAS 수준을 측정하였다. Total antioxidant status (TAS)는 생성되는 free radical (ABTS<sup>•+</sup> radical)을 억제시킬 수 있는 항산화 물질의 농도를 나타내는 지표로서 수치가 높을수록 항산화능이 크다는 것을 의미하는데, 본 연구에서는 마늘 껍질 에탄올추출물이 가장 높았으며 그 다음 껍질 건분, 육질 에탄올추출물, 육질 건분 순으로 높았는데, 껍질 에탄올추출물의 경우 총 polyphenols과 총 flavonoids,  $\beta$ -carotene 함량도 4가지 시료 중 가장 높았다. 항산화 vitamin인 vitamin C의 함량은 껍질 건분이 가장 높았으며, 육질 건분 및 에탄올추출물과 껍질 에탄올추출물의 함량간에는 차이가 없었으며, vitamin E의 함량은 육질 에탄올추출물에서 가장 높았다. 그러나 마늘의 총 polyphenols과 TAS 수준 및 항산화 vitamins의 함량이나 이들 생리 활성 성분들이 마늘의 항산화력에 미치는 영향에 관한 연구는 아직 미흡한 실정이므로, 앞으로 이에 대한 연구가 더 진행되어야 할 것이라고 사료된다.

## 2. 마늘 시료의 섭취가 노령 흰쥐의 항산화능에 미치는 영향

본 연구에서는 마늘 시료의 섭취가 노령흰쥐의 항산화능에 미치는 영향을 알아보기 위하여 마늘 시료에 함유되어 있는 총 polyphenols, flavonoids,  $\beta$ -carotene, vitamin C, vitamin E 및 식이섬유의 함량을 분석하고, 시료의 total antioxidant status 수준을 측정하였다. 또한 혈장의 총 carotenoids 농도 및 total antioxidant status (TAS) 수준과 혈장과 간 그리고 VLDL과 LDL fraction내의 지질 과산화물 (TBARS) 함량 및 신장 조직의 DNA 손상 (8-hydroxy-2'-deoxyguanosine) 정도를 측정하였고, 혈장과 간의 xanthine oxidase (XO) 및 적혈구와 간의 superoxide dismutase (SOD) 등의 효소활성을 측정하였다.

한편 본 마늘 식이 내 함유된 총 polyphenols, flavonoids,  $\beta$ -carotene, vitamin C, vitamin E 및 total antioxidant status (TAS)의 수준은 앞서 언급한 마늘 시료 1g에 들어있는 함량과 다소 달랐다. 이는 마늘 시료의 수율 차이 때문인데, 마늘식이 내 함유된 총 polyphenols의 함량은 껍질 건분 식이가 가장 높았고, 그 다음으로 껍질 에탄올추출물 식이, 육질 건분 식이, 육질 에탄올추출물 식이 순으로 높았으며, 총 flavonoids의 함량은 껍질 에탄올추출물 식이가 가장 높았고, 그 다음으로 껍질 건분 식이, 육

질 에탄올추출물 식이, 육질 건분 식이가 높았다. 또한 마늘 식이 내 vitamin C의 함량은 껍질 건분 식이가 가장 높았고, vitamin E의 함량은 껍질 에탄올추출물 식이가 가장 낮고 육질 건분 및 에탄올추출물 식이와 껍질 건분 식이 간에는 차이가 없었다. 특히 마늘 식이 내  $\beta$ -carotene의 함량은 껍질 건분 식이가 육질 에탄올추출물 식이보다 19배 정도 높았으나, 혈중 총 carotenoids 수준은 육질 에탄올추출물 식이를 섭취한 군만이 대조군보다 유의적으로 높았다. 또한 식이 내 TAS 수준도 마늘 껍질 건분 식이가 나머지 세 마늘 식이들보다 월등히 높았으나, 혈중 TAS 수준은 마늘실험군들이 대조군보다 유의적으로 높았지만, 마늘 실험군들간에는 유의적인 차이가 없었다.

본 연구에서는 생체 내 산화적 손상의 결과라 할 수 있는 혈장과 간내 TBARS, 그리고 혈장의 초저밀도 지단백질과 저밀도 지단백질 내의 TBARS 함량을 측정하였다. 그 결과 혈장에서는 껍질 건분군과 껍질 에탄올추출물군의 TBARS 함량이 가장 낮았고, 간에서는 모든 군간에 차이가 없었다. 껍질 건분군과 껍질 에탄올추출물군의 경우 식이 내 총 polyphenols, 총 flavonoids 함량이 높아 혈장 TAS 수준도 높아 혈 중에서의 지질 과산화가 효과적으로 억제되었을 것으로 사료된다. 그러나 혈장 내 TBARS 함량이 가장 낮았던 껍질 건분군의 경우, 혈장과 간의 XO 활성과 적혈구와 간의 SOD 활성이 대조군과 유의적인 차이를 보이지 않았고, 껍질 에탄올추출물군의 경우도 혈장의 XO 활성과 적혈구와 간의 SOD 활성이 대조군과 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과는 마늘 껍질 건분과 껍질 에탄올추출물의 섭취가 XO 활성을 감소시키고, SOD 활성을 증진시킴으로써 혈장 내 지질 과산화물의 생성을 억제시키기보다는 껍질 건분과 껍질 에탄올추출물 시료 내에 함유되어 있는 총 polyphenols이나 항산화 vitamins, TAS와 같은 항산화 물질들이 효과적으로 작용했을 가능성이 있다는 것을 시사해준다.

VLDL + LDL 분획 내의 TBARS 함량은 유의적은 아니나 마늘 시료를 섭취한 군들이 대조군에 비하여 낮은 경향을 보였고, 그 중 육질 에탄올추출물군이 가장 낮았다. 또한 혈장의 전반적인 항산화능을 측정하기 위해서 TAS 수준을 측정한 결과 마늘 실험군들이 모두 대조군보다 유의적으로 높았으며, 실험군들 간에는 유의적인 차이가 없었다. 그러나 TAS의 경우 지용성 분획에 존재하는 지용성 항산화 물질의 항산화 활성을 제대로 반영하지 못할 수도 있는 단점이 있기 때문에, 친지성 구조의 내부에 존재하는 총 carotenoids를 함께 측정하였다.



본 연구에서 측정된 혈장의 총 carotenoids 수준은 육질 에탄올추출물군만이 대조군과 나머지 세 마늘 시료군들보다 유의적으로 높았다. Beta-carotene을 포함하는 carotenoids는 주로 LDL을 비롯한 지방 친화성 구조의 내부 (core)에 존재<sup>24)</sup>하며, singlet oxygen을 효과적으로 quenching 하고, hydroperoxides의 생성을 억제시키므로 혈 중 carotenoids의 증가는 LDL 산화를 비롯한 지질 과산화물을 감소시키는 것으로 알려져 있다.<sup>25)</sup> 또한 vitamin E의 경우 혈중에서 주로 LDL에 의해서 운반되므로, 혈 중 vitamin E 농도의 증가는 LDL 내의 vitamin E 함량 증가를 가져올 수 있으며, 이로써 LDL 산화가 감소 될 수 있다.<sup>26)</sup> 본 실험에서는 혈중 vitamin E 수준을 분석하지 않았으나, vitamin E 함량이 높은 식이를 섭취하였을 경우 혈중 vitamin E 수준이 높을 것이라 생각된다. 따라서 VLDL + LDL 분획 내 TBARS 함량이 육질 에탄올추출물군에서 낮았던 이유는 식이 내 vitamin E의 함량이 높고, 더불어  $\beta$ -carotene의 함량도 높아 이로 인해 혈 중의 carotenoids가 증가되었으므로, carotenoids를 비롯한 지용성 항산화물질의 영향으로 생각된다.

또한 Jung 등<sup>27)</sup>에 의하면 LDL은 산화되기 쉬운 특성이 있기 때문에 혈청 지질과산화물의 증가는 지단백질 등에서도 주로 LDL에서의 증가에 기인한다고 보고된 바 있다. 본 실험에서도 VLDL + LDL 분획내의 TBARS 함량이 대조군보다 낮았던 육질 에탄올추출물군이 혈장 TBARS 함량도 대조군보다 유의적으로 낮아 Jung 등의 연구 결과와 부합하였다.

특히 본 연구에서는 총 polyphenols, 총 flavonoids 함량과  $\beta$ -carotene의 수준이 높고, 혈장 TAS 수준도 높았던 껍질 건분군과 에탄올추출물군에서 혈 중 지질 과산화가 효과적으로 억제되었으며, 식이 내  $\beta$ -carotene과 vitamin E의 함량이 높아 이로 인해 혈중 총 carotenoids의 수준이 가장 높았던 육질 에탄올추출물군에서 VLDL + LDL 분획내의 TBARS 함량이 가장 낮았음을 알 수 있었다. 이와 같은 결과로 미루어 보아 본 연구에서는 polyphenols, flavonoids 및 지용성 항산화 vitamins과 더불어 마늘의 함유 성분인 혈장과 VLDL + LDL 분획 내 TBARS의 생성을 효과적으로 억제시킨다고 사료된다.

본 연구에서는 혈장과 간내 TBARS 그리고 VLDL + LDL 분획 내의 TBARS와 더불어 생체 내 산화적 손상의 결과라 할 수 있는 신장 조직의 DNA 손상을 측정하였다. 신장조직의 DNA 손상 정도를 나타내는 지표로서 측정된 8O HdG의 함량은 마늘 육질 건분 및 에탄올추출물과 껍질 에탄올추출물을 섭취한 실험군들이 대조군과 비교하여

유의적으로 낮았으며, 이들 세 마늘 실험군들 간에는 유의적인 차이는 없었다. 또한 혈장의 전반적인 항산화능을 측정하기 위해서 혈장 TAS 수준은 마늘 실험군들이 모두 대조군보다 유의적으로 높았으며, 마늘 실험군들 중에서는 유의적이지 않으나 껍질의 건분군과 에탄올추출물군에서 TAS 수준이 다소 높게 나타났다. 이상의 결과로 보아 껍질 에탄올추출물의 경우 식이 내 총 polyphenols과 총 flavonoids 및  $\beta$ -carotene 함량이 높고, 혈 중 TAS 수준도 높았으므로 신장 조직의 8O HdG의 함량을 효과적으로 낮출 수 있었을 것으로 보인다. 그러나 8O HdG의 함량이 가장 낮았던 육질 건분군의 경우 식이 내 vitamin E 함량을 제외한 식이 내 총 polyphenols, 총 flavonoids,  $\beta$ -carotene, vitamin C의 함량과 식이 내 TAS 및 혈중 TAS와 같은 비효소적 항산화능이 껍질 에탄올추출물군보다 낮았다. 그러나 육질 건분은 free radical을 생성하는 XO 활성이 낮고, 항산화 효소인 SOD 활성은 높아 육질 건분의 DNA 산화 억제는 총 polyphenols, 총 flavonoids와 항산화 vitamins 보다는 XO 활성을 감소시키고, SOD 활성을 증진시키는 등의 효소 체계에 의한 것으로 생각할 수 있겠다.

또한 본 연구에서는 free radicals의 발생 기전 중 하나인 XO를 선택하여 혈장과 간에서의 활성을 측정하고, 적혈구와 간에서의 SOD 활성을 측정하여 마늘의 섭취가 이들 효소 활성에 어떠한 영향을 미치는지 살펴보았다. 본 연구에서 혈장과 간 내 XO 활성을 측정된 결과 마늘 실험군들이 대조군 보다 낮은 경향을 보였으며, 혈장 XO의 활성은 특히 육질 건분군이 대조군보다 유의적으로 낮았다. 이는 마늘의 allicin이 강력한 XO 활성 억제 효과를 갖는 다고 보고한 Lee 등<sup>28)</sup>의 연구 결과와 일치되는 내용이다. 하지만 혈장 내 TBARS 함량이 가장 낮았던 껍질 건분군의 경우 혈장의 XO 활성이 대조군에 비하여 다소 낮았지만 유의적인 차이는 보이지 않았다. 또한 껍질 건분군은 적혈구와 간의 SOD 활성도 대조군보다 다소 높았지만 유의적인 차이는 없었다. 이러한 결과는 껍질 건분의 섭취가 XO 활성을 감소시키고 SOD 활성을 증진시켜 혈장 내 지질 과산화물의 생성을 억제시키기보다는 총 polyphenols이나 항산화 vitamins와 같은 항산화 물질들이 효과적으로 작용했을 가능성이 있다는 것을 시사해준다. 혈장에서와 같이 간에 존재하는 XO 활성 역시 육질 건분군, 육질 에탄올추출물군, 껍질 에탄올추출물군은 대조군 보다 유의적으로 낮았으나 껍질 건분군은 대조군보다 낮은 경향을 보였으나 유의적이지 않았다. 즉 마늘 육질 건분과 육질 에탄올추출물의 섭취는 혈장과 간의 XO 활성을 억제시킴으로 XO에 의한 free radicals의 생성을 감소시키는 효과가 있으며, 이로써 혈장 TBARS, VLDL

+ LDL TBARS, 신장 80 HdG의 생성이 저하되었을 가능성이 있다.

본 연구에서 적혈구내 SOD 활성은 마늘 실험군들이 대조군보다 높은 경향을 보였으며, 육질 건분 및 에탄올추출물군은 대조군보다 유의적으로 높았다. 간 내 SOD 활성은 마늘 실험군들이 대체적으로 높은 경향을 보였으나 육질 건분군만이 대조군에 비해 유의적으로 높은 활성을 보였다. 특히 혈장과 간 내 SOD 활성이 대조군보다 유의적으로 높았던 육질 건분군의 경우 혈장의 TBARS 함량이 낮고 DNA의 산화적 손상이 매우 적었는데, 이는 SOD 활성 증가에 의한 활성산소 소거능의 증진과 vitamin C, E 등의 항산화물질의 작용이 큰 것이라고 생각할 수 있겠다. 그러나 혈장의 지질 과산화물 함량이 가장 낮았던 껍질 건분군에서 적혈구 SOD 활성이 높지 않았는데, 이러한 결과는 껍질 건분군의 경우 적혈구 SOD에 의한 효소적 기전의 증진에 의해 서라기보다는 껍질 건분식에 다량 포함되어 있는 polyphenols, 항산화 vitamins, 함유황 성분이 산화적 손상을 촉진하는 free radical을 포착하여 radical chain reaction을 지연시킴으로써 지질과산화물의 생성을 감소시켰을 것으로 생각된다. 따라서 이러한 본 연구의 결과로 보아 혈장의 지질 과산화물 생성 억제에 SOD 활성 증진 또는 XO 활성 억제 등의 효소 체계에 의해 전적으로 이루어진 것은 아니며 마늘 식이에 함유되어 있는 polyphenols, 항산화 vitamins, 함유황 성분들이 함께 영향을 주었을 것으로 생각된다.

이상과 같이 마늘 시료의 섭취가 노령 흰쥐의 체내 항산화능을 증진시키는 것으로 나타났다. 하지만 그 효과와 양상은 마늘 식이의 종류, 체내 조직, 산화적 손상의 대상 물질에 따라 달랐다. 따라서 이상의 결과를 종합해보면 마늘 시료군들의 혈장과 간, 그리고 LDL 내의 지질 과산화(TBARS) 및 신장 조직의 DNA 손상과 혈장과 간 내의 XO 활성은 현저히 억제된 반면, 적혈구 및 간 내의 SOD 활성과 혈장 내 TAS 수준은 대조군에 비하여 높았다. 이렇듯 혈장과 간 그리고 LDL 내 지질 과산화 및 신장 조직의 DNA 손상이 억제된 것은 SOD와 같은 항산화 효소의 작용과 더불어 혈장 TAS에서 알 수 있는 항산화 물질 수준의 증가로 인한 것임을 알 수 있었다. 또한 마늘 식이 중 육질 건분군이 혈장 XO 활성의 억제 및 적혈구와 간의 SOD 활성 증진에 의한 신장 조직의 DNA 산화 억제에 가장 큰 효과를 보였으며, 육질 에탄올추출물군은 혈중 carotenoids 수준이 높아 VLDL + LDL 분획 내 TBARS 함량을 낮추는데 효과가 있었다. 껍질 건분 및 에탄올추출물군도 혈장 XO 활성의 억제 및 적혈구와 간의 SOD 활성 증진에 의한 신장 조직의 DNA 산화 억제 정도가 육질 건

분군 보다 높지는 않았지만 대조군에 비하여 높았으며, 껍질 건분 및 에탄올추출물의 혈장 TBARS는 육질 건분 보다 더 낮고, 혈장 TAS 수준은 더 높아 항산화능이 있음을 알 수 있었다. 따라서 마늘 시료의 섭취는 활성산소종 등 자유기에 의해 발생하는 여러 만성질환 발병을 지연시키고 나아가서는 예방하는데 효과적인 것으로 기대되며, 특히 폐기되고 있는 마늘 껍질은 항산화 기능성 식품원료로서 활용 가능성이 높을 것으로 전망된다.

## 요약 및 결론

본 연구에서는 마늘 (*Allium sativum*) 육질과 껍질의 건분 및 에탄올추출물의 섭취가 생후 16개월 된 노령 흰쥐의 항산화능에 미치는 영향에 대해 알아보고자 하였으며 그 결과는 다음과 같았다.

1) 마늘 시료 중의 총 polyphenols 함량은 껍질 에탄올추출물이 가장 높고, 그 다음으로 껍질 건분, 육질 에탄올추출물 및 육질 건분 순이었다. 또한 총 flavonoids 함량 역시 껍질 에탄올추출물이 가장 높았고, 육질 에탄올추출물, 껍질 건분, 육질 건분 순이었다. Vitamin C의 함량은 네 가지 마늘 시료들 간에 큰 차이는 없었으나 껍질 건분이 다소 높았으며,  $\beta$ -carotene은 껍질 에탄올추출물이, vitamin E는 육질 에탄올추출물이 월등히 높았다. 마늘 시료 중의 TAS 수준은 껍질 건분 및 에탄올추출물이 육질 건분 및 에탄올추출물보다 2 배 이상 높았다.

2) 식이 내  $\beta$ -carotene의 함량은 껍질 건분군이 가장 높았으나, 혈중 carotenoids의 함량은 육질 에탄올추출군이 대조군보다 유의적으로 높았으며, 식이 내 TAS 수준도 껍질 건분이 가장 높았으나, 혈중 TAS 수준은 마늘 실험군들 모두 대조군보다 유의적으로 높았으나, 네 실험군들 간에는 차이가 없었다.

3) 혈장과 VLDL + LDL 내 TBARS 및 신장 조직의 80 HdG 수준은 마늘 실험군들 모두에서 대조군에 비하여 현저히 억제되었고, 혈장과 간의 XO 활성도 대조군에 비하여 낮게 나타났으며, 적혈구와 간 내의 SOD 활성 및 혈장 TAS 수준은 대조군에 비하여 높은 경향을 나타내었다. 특히 혈장과 간 내 XO 활성은 대조군보다 유의적으로 낮고, 적혈구와 간 내 SOD 활성은 대조군보다 유의적으로 높았던 육질 건분군의 경우 혈장의 TBARS 함량이 낮고 DNA의 산화적 손상이 매우 적었는데, 이는 SOD 활성 증가와 XO 활성 억제의 효과가 컸던 것으로 생각할 수 있겠다. 그러나 혈장의 TBARS 함량이 가장 낮았던 껍질 건분군에서 XO 활성은 유의적으로 낮지 않고, SOD 활성도 대조군 보다 유의

적으로 높지 않았던 것으로 보이거늘 건분군의 경우 XO와 SOD에 의한 효소의 증진에 의해서라기보다는 polyphenols, 항산화 vitamins, 함유황 성분의 free radical 제거 효과가 커서 TBARS 생성을 효율적으로 감소시켰을 것으로 생각된다. 따라서 이러한 연구의 결과로 보아 혈장 및 VLDL + LDL의 TBARS 생성 억제 및 DNA 손상의 감소는 XO와 SOD 등의 효소 작용에 의해 전적으로 이루어진 것은 아니며 마늘 시료에 함유되어 있는 polyphenols, 항산화 vitamins, 함유황 성분 등의 항산화 성분들이 함께 영향을 주었을 것으로 생각된다.

이상의 결과를 종합해보면 마늘 육질과 껍질의 건분 및 에탄올추출물의 섭취가 혈장과 VLDL + LDL 내 TBARS 및 신장 조직의 DNA 손상을 억제하였음을 알 수 있었다. 또한 마늘 실험군들의 혈장과 간의 XO 활성이 감소하였고, 적혈구와 간 내의 SOD 활성 및 혈장 TAS 수준은 증가하는 경향을 보이는 등 항산화 효과가 나타났다. 특히 육질 건분군에서 혈장과 간의 XO 활성은 가장 낮았고 SOD 활성은 가장 높았으며 신장 조직의 DNA 산화적 손상을 억제하는 효과가 가장 컸다.

따라서 마늘은 활성산소종 등 자유기에 의해 발생하는 여러 만성질환 발병을 지연시키고 나아가서는 예방하는데 효과적일 것으로 기대되며, 특히 폐기되고 있는 마늘 껍질은 기능성 소재로서의 활용 가능성이 높을 것으로 전망된다.

Literature cited

- 1) Chun HJ, Paik JE. Effect of heart treatment of garlic added diet on the blood of spontaneously hypertension rat. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 103-108, 1997
- 2) Wu CC, Sheen LY. Effects of organosulfur compounds from garlic oil on the antioxidation system in rat liver and red blood cells. *Food and Chem Toxicology* 39: 563-569, 2001
- 3) Anna Maria Nuutila, Riitta Puupponen-Pimia. Comparison of antioxidant activities of onion and garlic extracts by inhibition of lipid peroxidation and radical scavenging activity. *Food Chem* 81: 485-493, 2003
- 4) Thompson LU, Yoon JH, Jenkins DJ, Wolever TM, Jenkins AL. Relationship between polyphenol intake and blood glucose response of normal and diabetic individuals. *Am J Clin Nutr* 39(5): 745-751, 1984
- 5) Kang YH, Park YK, Ha TY, Moon KD. Effects of pine needle extracts on serum and liver lipid contents in rats fed high fat diet. *J Korean Soc Food Nutr* 25(3): 367-373, 1996
- 6) Kang YH, Park YK, Ha TY, Moon KD. Effects of pine needle extracts on enzyme activities of serum and liver, and liver morphology in rats fed high fat diet. *J Korean Soc Food Nutr* 25(3): 374-378, 1996

- 7) Nelis HJ, De Leenheer AP. Isocratic nonaqueous reversed-phase liquid chromatography of carotenoids. *Anal Chem* 55: 270-275, 1983
- 8) The Industrial Dictionary of Foods. Department of health and welfare. Republic of Korea, 1997
- 9) The Guide to Hygienic Experimental Method. Japan Drug Association. Kumwon Press, Japan, 1995
- 10) Official methods of analysis. 16th Ed. AOAC international USA, 1995
- 11) McCusker CA, Fitzgerald SP. Measurement of total antioxidant status in beverages using a rapid automated method. Randox Laboratory Ltd., Ardmore, Diamond road, Crumlin, Co., 1996
- 12) Marklund S, Marklund G. Involvement of the superoxide anion radical in the autoxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eur J Biochem* 47: 469, 1974
- 13) Rho KA, Kim MK. Age-related changes and antioxidative capacity in rats. *Korean J Nutrition* 35(3): 279-301, 2002
- 14) Lee SC, Prosky L, Devries JW. Determination of total, soluble and insoluble dietary fiber in food-enzymatic gravimetric method. MES-TRIS buffer: Collaborative study. *J Assoc off Anal Chem* 75: 395-416, 1992
- 15) Buckingham KW. Effect of dietary polyunsaturated/saturated fatty acid ratio and dietary vitamin E on lipid peroxidation in the rat. *J Nutr* 115: 1425-1435, 1985
- 16) Linnea Sjoblom, Anders Eklund. Determination of HDL2 cholesterol by precipitation with dextran sulfate and magnesium chloride: Establishing optimal conditions for rat plasma. *Lipids* 24: 532-534, 1989
- 17) Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randall RJ. Protein measurement with folin phenol reagent. *J Biol Chem* 193: 265-275, 1951
- 18) Roberto M, vivian F, Ana MA. Oral administration of policosanol inhibits in vitro copper iron-induced rat lipoprotein peroxidation. *Physiology & Behavior* 67(1): 1-7, 1999
- 19) Helbock HJ, Beckman KB, Ames BN. 8-Hydroxydeoxyguanosine and 8-hydroxyguanosine as biomarkers of oxidative DNA damage: in *Methods in Enzymology* vol 300 'oxidants and antioxidants part B' ed. Lester Packer pp.156-163, Academic Press 1999
- 20) Yoon CG. A modified colorimetric assay for xanthine oxidase in rat liver extracts. *Keimyung Research Journal (Keimyung Junior College)* 2: 295-308, 1984
- 21) Flohe L, Becker R, Brigelius R, Lengfelder E, Otting F. Convenient assays for superoxide dismutase. *CRC Handbook of free Radicals and Antioxidants in Biomedicine*, pp.287-293, 1992
- 22) Kaplan LA. Carotenes. In: *Methods in Clinical Chemistry (Pesce AJ, Kaplan LA) The C.V. Mosby Company, St Louispp.*, pp.513-519, 1987
- 23) Lim, Sang-Cheol and Park, Hee-Juhn. Structures of flavonoids and furostanol glycosides isolated from the bulbs of *Allium victorialis* L. *J Kor Soc Hort Sci* 37(5): 675-679, 1996
- 24) Hercberg S, Galan P, Preziosi P. The role of antioxidant vitamins in preventing cardiovascular disease and cancers. *Nutrition* 14: 513-520, 1998
- 25) Esterbauer H, Dieber-Rotheneder M, Striegl G, Waeg G. Role if

- vitamin E in preventing the oxidation of low-density lipoprotein. *Am J Clin Nutr* 53: 314S-321S, 1991
- 26) Hagihara M, Nishigaki I, Maseki M, Yagi K. Age-dependent changes in lipid peroxide levels in the lipoprotein fractions of human serum. *J Gerontology* 39: 269-272, 1984
- 27) Jung KA, Kim SY, Choi YJ. The nutritional status of antioxidant vitamins in relation to serum MDA level in postmenopausal women. *Korean J Nutr* 34 (3) : 330-337, 2001
- 28) Sang-Il, Lee and Keun Huh. Effect of garlic on the hepatic xanthine oxidase activity in rats. *Korean Biochem J* 18 (3) : 209-214, 1985