

캐모마일, 세이지, 녹차 건분의 섭취가 노령흰쥐의 항산화능에 미치는 영향*

정 세 원 · 김 미 경

이화여자대학교 식품영양학과

Effect of Dried Powders of Chamomile, Sage, and Green Tea on Antioxidative Capacity in 15-Month-Old Rats*

Jung, Se Won · Kim, Mi Kyung

Department of Food & Nutritional Sciences, Ewha Womans University, Seoul 120-750, Korea

ABSTRACT

This study was performed to investigate the effect of chamomile, sage, and green tea intakes on antioxidative capacity in 15-month-old rats. Dried powders of three plants were analyzed to determine the amount of total flavonoids, β -carotene, vitamin C, vitamin E, and dietary fibers. In order to examine the change of antioxidative capacity in old rats, forty-eight Sprague-Dawley male rats weighing 621.2 ± 9.5 g were divided into four groups according to body weight and fed for four weeks with each experimental diet of three dried powders and control diet. Plasma and liver thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) levels and xanthine oxidase (XO) activities, erythrocyte and liver superoxide dismutase (SOD) activities and plasma vitamin A, C, E, and total carotenoids levels were measured. The total flavonoids and vitamin C contents were the highest in green tea powder. Beta-carotene and vitamin E contents were not significantly different among all three dried powders. Total dietary fiber contents also were not different among all three dried powders, but soluble dietary fiber contents of chamomile was higher than other two dried powders. Plasma TBARS level was found to be significantly lower in all the experimental groups as compared to control group. Chamomile powder group, especially, showed the lowest level among all experimental groups. Liver TBARS levels of experimental groups were also lower than that of control group and significant differences were observed in chamomile and green tea groups compared to control. Plasma XO activity of green tea group was significantly lower than control group. Liver XO activities of green tea and chamomile groups were significantly lower than control group. Erythrocyte SOD activity was not significantly different among all the groups. However, liver SOD activities of sage and green tea groups showed a significant increase as compared to control group. Plasma vitamin A level was not significantly different among all the groups. Plasma total carotenoids levels were found to be significantly higher in experimental groups as compared to control group. Plasma vitamin E level of chamomile group and vitamin C level of green tea group showed the highest level among all the groups. In conclusion, chamomile, sage, and green tea intakes had an effect on improving antioxidative capacity in 15-month-old rats. Effects of green tea and chamomile powders, especially, were higher than sage powder. (*Korean J Nutrition* 36(7) : 699~710, 2003)

KEY WORDS : chamomile, sage, green tea, antioxidative capacity.

서 론

우리나라는 최근 65세 이상의 노인이 총인구의 7.9%를 차지하면서¹⁾ 노령화 사회로 진입함에 따라 노인과 관련된

암, 당뇨, 순환기계 질환, 백내장 등의 만성퇴행성질환의 예방이 시급한 과제로 떠오르고 있는데, 만성 퇴행성 질환과 노화의 원인으로 부각되고 있는 것이 바로 superoxide anion, hydroxyl radical과 같은 활성 산소종 (Reactive Oxygen Species, ROS)이다.

원래 ROS를 비롯한 다양한 free radicals은 유산소 호흡을 하는 모든 생명체에서 정상적인 대사과정을 통해 자연 발생적으로 생성되며, 흡연, 중금속, 독성물질, 방사선 조사와 같은 환경적인 요인에 의해서도 쉽게 발생된다. 이렇게

접수일 : 2003년 3월 18일

채택일 : 2003년 7월 29일

*This research was supported by grants from Sungshin Yanghui.

[§]To whom correspondence should be addressed.

여러 경로를 통해 생성된 free radicals은 체내 방어기전에 의해 대부분 제거되지만 그렇지 못할 경우 생체분자들과 빠르게 반응하여 단백질의 변성이나 생체막의 지질 과산화, DNA 손상 등을 일으키며, 세포 내로 확산되거나 혈류를 통해 이동된 지질 과산화물은 새로운 radical reaction을 촉진시켜 각종 만성질환과 노화의 원인으로 작용한다.²⁻⁴⁾ 이렇게 ROS를 비롯한 free radicals의 유해성이 알려지면서 항산화능이 큰 성분들을 함유하고 있는 식품섭취를 통해 체내의 산화적 손상을 감소시켜 노화와 여러 가지 만성질환을 예방하고자 하는 노력이 활발히 이루어지고 있다. 이와 관련하여 phytochemicals과 항산화 비타민에 대한 관심이 증대되고 있는데, 이는 phytochemicals과 항산화 비타민의 경우 체내 항산화 효소의 활성을 증가시키거나, 산화적 손상을 촉진하는 'free' 상태의 금속이온들을 chelating 하고, free radical의 생성을 억제시키며, 생성된 free radical을 포착하여 radical chain reaction을 지연시키고, 산화적 손상을 복구시키는 과정에 관여함으로써 각종 산화적 스트레스로부터 생체조직을 보호하는 것으로 알려져 있기 때문이다.⁵⁾

Phytochemicals의 일종인 flavonoids는 식품에 가장 풍부하게 함유되어 있는 polyphenols의 하나로 diphenylpropanes (C₆-C₃-C₆) structure를 갖는 benzo- γ -pyrone의 유도체이며, oxygen heterocycle의 산화정도에 따라 flavonols, isoflavones, catechins, flavanones, flavones, anthocyanins 등으로 나뉜다.⁶⁾ 이러한 flavonoids는 동맥경화 유발 억제⁷⁾ 및 항 돌연변이 효과⁸⁾를 갖는 등 다양한 생리활성을 갖는 것으로 보고되고 있다.

Beta-carotene은 주로 lipoprotein과 같은 지방산화성 구조의 내부에 존재하면서⁹⁾ singlet oxygen을 효과적으로 억제¹⁰⁾하는 것으로 알려져 있다. Vitamin C는 세포외액에 주로 존재하는 수용성 항산화제로 가장 먼저 소실되는 경향이 있고, 체내에서 free radicals과 singlet oxygen을 직접적으로 제거할 뿐만 아니라 지질 과산화 연쇄반응을 차단시키는 기능이 있다.¹¹⁾ 또한 지용성 항산화제인 vitamin E, β -carotene, glutathione의 재생을 돕는 등¹²⁾ 강력한 항산화 효과를 갖는 것으로 보고되고 있다. Vitamin E는 세포막 표면 혹은 표면근처에 존재하며, singlet oxygen, superoxide radicals, peroxy radicals 등을 억제한다. 또한 chromanol ring에 존재하는 phenolic hydroxyl group의 수소원자를 lipid peroxy radical, alkoxy radical들에게 제공함으로써 지질과산화의 연쇄반응을 억제시킨다.¹³⁾

허브류와 녹차잎과 같은 식물에는 항산화 비타민뿐만 아니라, 항산화 활성을 갖는 다양한 종류의 phytochemicals

이 함유되어 있는 것으로 보고되고 있으며,¹⁴⁻¹⁹⁾ 최근에는 국내에서 허브류를 차, oil, 향신료, 샐러드 등 다양한 형태로 즐기려는 사람들이 늘고 있는 추세이다.

허브류 중 캐모마일 (*Matricaria chamomilla* L.)은 염증성 질환, 발열, 설사, 소장과 간의 종양을 치료하기 위한 약용 차로 이용되어 왔다.²⁰⁾ 꽃에는 terpenes, flavonoids, coumarin, malic acid, 무기질 성분들이 함유되어 있으며, essential oil에는 28 종류의 terpenes (α -bisabolol, chamazulene, bisabolol oxide 등)과 36가지의 flavonoids (apigenin 등), 52가지의 유기산 등 120여종의 화합물들이 함유되어 있는 것으로 보고되었다.¹⁶⁾ 이 성분들 중에서 특히 α -bisabolol은 통풍을 감소시키며, 위궤양의 진행을 억제시키고, 피부염 치료에 효과가 있으며,²¹⁾ chamazulene은 항염증,²²⁾ 지질 과산화 억제 효과²³⁾가 있는 것으로 알려져 있다.

세이지 (*Salvia officinalis* L.)는 Lamiaceae family에 속하는 허브로 향신료로 많이 이용되었으나 세이지 추출물이 우수한 항산화력을 갖는다는 것이 보고되면서²⁴⁾ 세이지에 함유되어 있는 항산화 물질들을 밝혀내려는 연구들이 계속되고 있다. 이미 밝혀진 항산화 성분으로는 carnosic acid, rosmarinic acid와,¹⁷⁾ sagecoumarin, sagericin acid, caffeic acid, luteolin-7-O-glucoside, apigenin, hispidulin, carnosol, rosmanol과 같은 다양한 종류의 terpenes, flavonoids, phenolic acids 등이 있다.¹⁸⁾

녹차 (*Camellia Sinensis* O. Ktze)는 커피, 코코아와 함께 널리 애용되고 있는 비알코올성 기호음료일 뿐만 아니라¹⁹⁾ 식용유지 및 식품의 보존에도 일부 사용되고 있다.²⁵⁾ 녹차에는 (-)-epicatechin, (-)-epicatechin gallate, (-)-epigallocatechin gallate, (-)-epigallocatechin이 풍부하게 함유되어 있으며, 이 외에도 단백질, 전분, 카페인, 엽록소, 정유, methylxanthine, theophylline, arginine, vitamin C 등도 존재한다.¹⁹⁾ 녹차 catechins은 항산화 활성을 갖는 폴리페놀성 화합물이기 때문에 지질 과산화에 의한 순환기장애와 발암 및 노화 등을 억제하며,^{26,27)} 혈중 콜레스테롤과 지질 농도를 저하시키고,^{28,29)} 혈압을 강하³⁰⁾시킨다고 보고되고 있다.

지금까지 허브류를 대상으로한 연구는 주로 향미적인 특성과 항산화 물질 탐색에만 집중되었을 뿐 그들이 갖는 항산화적 생리활성에 관한 *in vivo* 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 허브류 중 독특한 향과 맛으로 현재 우리 나라에서 차 형태로 이용되고 있는 캐모마일과 여러 *in vitro* 연구에서 항산화력이 큰 것으로 보고된 바 있는 세이지를 선정하여 이들의 섭취가 노령 흰쥐의 항산화능에 어떠

한 영향을 미치는지 알아보려고 하였으며, 이와 더불어 이미 여러 선행 연구에서 항산화력이 강한 것으로 보고되고 있고 널리 애용되고 있는 녹차의 효과도 함께 살펴보고자 하였다. 이를 위해 각각의 시료를 생후 15개월령 된 노령원 쥐에게 1개월간 섭취시키고 혈장과 간의 thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) 함량, 혈장과 간의 xanthine oxidase (XO) 활성 및 적혈구와 간의 superoxide dismutase (SOD) 활성, 그리고 혈장의 vitamin A, C, E 및 total carotenoids 농도를 측정하여 항산화 효과를 살펴볼 수 있고 동시에 그 효과가 효소적 기전 증진에 의한 것인지 비효소적 기전 증진에 의한 것인지 규명하여 케모마일, 세이지, 녹차 건분이 만성퇴행성질환의 예방과 노화 억제를 위한 기능성 식품 개발에 이용할 수 있는지 알아보려고 하였다.

재료 및 방법

1. 실험식이 시료

1) 케모마일, 세이지, 녹차 건분의 준비

케모마일과 세이지 (강원도 오색, 2001년산)는 허브농원에 서 재배되어 건조된 것을, 녹차잎 (전남 보성, 2001년산)은 경동시장에서 건조된 상태의 것을 구입하여 분쇄기 (HMF-

560, Hanil, KOR)로 40 mesh 체를 통과할 수 있도록 분말화 하여 시료로 하였다.

2) 실험식이 시료 내 항산화 물질 및 식이 섬유 함량 분석

총 flavonoids의 함량은 Kang 등의 방법^{31,32)}을 이용하여, 420 nm에서 spectrophotometer (Genesis 10 UV, USA)로 비색정량하였다.

Beta-carotene은 Nelis의 방법^{33,34)}으로, vitamin E는 AOAC 공인 방법^{34,35)}을 이용하여 HPLC (Waters 2690 Separation Module, Waters, USA)로 분석하였으며, vitamin C의 함량은 비색법^{34,36)}을 사용하여 측정하였다.

식이섬유 함량은 AOAC 공인 방법인 Lee 등의 방법³⁷⁾으로 정량하였다. 즉 건조 시료 1 g에 α -amylase, protease amyloglucosidase를 차례로 첨가하여 여과한 후 crucible에 남은 residue를 건조하여 불용성 식이섬유 (Insoluble Dietary Fibers, IDF)의 양으로 간주하였고, 또한 여과액에 60°C ethanol을 여과액 부피의 4배만큼 가하여 실온에서 1시간 동안 침전시킨 후 재여과하여 건조한 것을 수용성 식이 섬유 (Soluble Dietary Fibers, SDF)의 양으로 간주하였다. 이렇게 하여 얻어진 IDF와 SDF의 양을 합하여 총 식이섬유 (Total Dietary Fibers, TDF)의 양으로 간주하였다.

Table 1. Composition of experimental diets (g/kg diet)

Ingredients	Groups ¹⁾			
	C	CM	SG	GT
Cornstarch	700.7	650.7	650.7	650.7
Casein	150.0	150.0	150.0	150.0
Corn oil ²⁾	60.0	60.0	60.0	60.0
Soybean oil ³⁾	40.0	40.0	40.0	40.0
Mineral mix ⁴⁾	35.0	35.0	35.0	35.0
Vitamin mix ⁵⁾	10.0	10.0	10.0	10.0
Choline chloride	2.5	2.5	2.5	2.5
L-Cystine	1.8	1.8	1.8	1.8
Plant Powder	-	50	50	50
Total	1,000	1,000	1,000	1,000

1) C: Control Diet (Plant-free diet)

CM: Experimental diet containing 5% chamomile powder

SG: Experimental diet containing 5% sage powder

GT: Experimental diet containing 5% green tea powder

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 7.08

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) (mg/kg mixture): nicotinic acid 3000, Ca pantothenate 1600, pyridoxine-HCl 700, thiamin-HCl 600, riboflavin 600, folic acid 200, D-biotin 20, vitamin B-12 (cyanocobalamin) 2500, vitamin E (all-rac- α -tocopheryl acetate) (500 IU/g) 800, vitamin A (all-trans-retinyl palmitate) (500,000 IU/g) 800, vitamin D₃ (cholecalciferol) (400,000 IU/g) 250, vitamin D (phyloquinone) 75, powdered sucrose 974.655 g

2. 동물사육 실험

1) 실험동물의 사육 및 식이

생후 15개월된 Sprague-Dawley종 수컷 흰쥐 48마리를 구입하여 실험 시작 전 1주일간 고행배합사료 (삼양사료)로 적응시켰다. 적응기간 후 체중이 621.2 ± 9.5 g인 쥐들을 체중에 따라 난괴법 (randomized complete block design)에 의해 12마리씩 4군으로 분류하여 온도는 $22 \pm 1^\circ\text{C}$, 습도는 45% 내외, lighting cycle은 12시간으로 일정하게 유지되는 사육실에서 4주간 사육하였다. 실험동물은 한 마리씩 분리하여 stainless steel cage에서 사육하였고, 식이와 물은 자유롭게 먹도록 하였다.

본 실험에 사용한 식이 구성성분은 Table 1과 같았다. 식이의 탄수화물 급원으로는 옥수수전분 (corn starch, 대상(주))을, 지방 급원으로는 옥수수유 (corn oil, 제일제당)와 대두유 (soybean oil, 제일제당)를 3 : 2 (w : w)의 비율로 섞어 실험식이의 10% (w/w) 수준으로 사용하였고, 단백질 급원으로는 casein (edible acid casein, Murry Goulburn Co-operative Co., Australia)을 식이무게의 15%로 사용하였다. 무기질과 비타민은 시약급을 사용하여 혼합한 것 (AIN-93M³⁸⁾을 각각 식이무게의 3.5%와 1% 수준으로 식이에 섞어 공급하였으며 실험군은 각각 세가지 시료가 식이 무게의 5%가 되도록 하였다.

식이섭취량은 일주일에 3회 일정한 시각에 측정하여 사육기간동안의 일일 평균 식이섭취량을 계산하였고, 체중은 일주일에 1회 같은 시각에 측정하였으며, 식이 섭취에서 오는 갑작스런 체중의 변화를 막기 위하여 체중 측정 2시간 전에 식이 공급을 중단하였다.

2) 혈액과 장기의 채취

사육기간이 종료된 실험동물은 12시간 절식시킨 후 diethyl ether로 마취시켜 개복하고 주사기를 사용하여 심장에서 혈액을 채취하였다. 채취한 혈액은 응고되는 것을 방지하기 위해 EDTA (Ethylene Diamine Tetra Acetate)가 들어있는 polystyrene tube에 담아 ice bath에서 20분간 방치한 후 원심분리기 (refrigerated multipurpose centrifuge union 55R Hanil, KOR)로 2,800 rpm, 4°C 에서 30분간 원심분리하여 아래층의 적혈구와 위층의 혈장을 분리하고, 혈장은 생화학적 분석 직전까지 -70°C deep freezer에 보관하였다. 이때 혈장 내에 존재하는 vitamin A, C, E 및 carotenoids의 손실을 막기 위해 모든 조작은 간접조명 하에서 이루어졌으며, deep freezer에 보관하는 동안에도 호일로 감싸서 빛을 차단시켰다.

적혈구는 동량의 ice cold saline을 첨가하여 원심분리기

로 2,800 rpm, 4°C 에서 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.

간은 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 측정에 사용하였다.

3) 생화학적 분석

(1) 혈장과 간의 TBARS 함량

혈장의 TBARS 함량은 Yagi법³⁹⁾을 이용하여 1,1,3,3,-tetramethoxypropane을 표준용액으로 excitation 515 nm, emission 553 nm에서 luminescence spectrometer (Perkin Elmer, LS50, USA)로 정량하였으며, 간의 TBARS 함량은 Buckingham법⁴⁰⁾을 이용하여 spectrophotometer (Genesis 10 UV, USA)로 파장 532 nm에서 비색정량하였다.

(2) 혈장과 간의 xanthine oxidase (XO) 활성

혈장의 xanthine oxidase (XO) 활성 측정은 xanthine을 기질로 하여 30°C 에서 20분간 반응시켜 생성되는 uric acid를 phosphotungstic acid를 가하여 710 nm에서 흡광도를 측정하는 Yoon의 방법⁴¹⁾에 준하여 측정하였고, xanthine oxidase의 활성 단위는 혈장 1 l가 분당 반응하여 기질로부터 생성된 uric acid의 양을 μmole 의 농도로 표시하였다.

간은 일정량을 칭량하여 4배양의 0.25 M sucrose 용액을 가하고 마쇄하여 마쇄균질액 (20% w/v)을 만들었다. 이를 $600 \times g$ 에서 10분간 원심분리 (Refrigerated multipurpose centrifuge union 55R, Hanil, KOR)하여 핵 및 미마쇄부분을 제거하고 상층액을 $10,000 \times g$ 에서 20분 동안 원심분리 (Ultra 80, Sorval, USA)한 후 다시 그 상층액을 $105,000 \times g$ 에서 1시간 동안 초고속 원심분리 (Ultra 80, Sorval, USA)하여 cytosol 분획을 얻었다. 이 cytosol 분획을 효소원으로 하여 혈장과 동일한 방법으로 효소활성을 측정하였다. 이때 xanthine oxidase의 활성 단위는 효소원 중에 함유된 단백질 1 mg이 분당 반응하여 기질로부터 생성된 uric acid양을 nmole의 농도로 표시하였다. 간의 단백질 함량은 Lowry법⁴²⁾에 준하여 측정하였다.

(3) 적혈구와 간의 superoxide dismutase (SOD) 활성

적혈구와 간의 SOD 활성은 Flohé 등의 방법⁴³⁾을 이용하

여 측정하였다. 이 방법은 xanthine이 xanthine oxidase에 의해 superoxide를 생성하고, 이 superoxide가 ferricytochrome c (Fe⁺⁺⁺)를 ferrouscytochrome c (Fe⁺⁺)로 환원시키는데 이 때 SOD가 존재하면 SOD가 superoxide에 대해 경쟁하여 cytochrome c의 환원속도가 감소된다는 원리를 이용한 것이다. 본 실험에서는 ferricytochrome c의 환원이 방해되는 정도를 550 nm에서 30초 간격으로 3분간 비색정량한 후 ferric cytochrome c의 환원을 50% 방해하는 SOD의 양을 1 unit으로 하여 분당 활성정도를 나타내었다. 이때 효소 활성을 계산하는 데에 필요한 효소원의 단백질 함량은 Lowry법⁴²⁾에 준하여 측정하였다.

(4) 혈장의 항산화 비타민 농도

혈장의 vitamin A와 E의 농도는 Bieri 등의 방법⁴³⁾으로, vitamin C 농도는 Bieri법의 수정법⁴⁵⁾을 이용하여 HPLC (Waters 2690 Separation Module, Waters, USA)로 분석하였다. 총 carotenoids 함량은 Kaplan의 방법⁴⁶⁾을 이용하였으며, β-carotene 표준용액으로 표준곡선을 구하여 이로부터 총 carotenoids 함량을 계산하였다.

4. 통계처리

본 연구의 모든 동물 사육 실험 결과는 실험군당 평균과 표준오차를 계산하였고, 일원배치 분산분석 (one-way analysis of variance)을 한 후 α = 0.05 수준에서 Duncan's multiple range test에 의하여 각 실험군 평균치간의 유의성을 검정하였다. 시료의 항산화물질 함량 측정결과는 duplicate한 값의 평균으로 나타내었다.

실험 결과

1. 캐모마일, 세이지, 녹차 건분 시료 내 항산화 물질 및 식이섬유 함량

본 실험의 식이에 첨가한 캐모마일, 세이지, 녹차 건분 내

에 함유되어 있는 총 flavonoids, β-carotene, vitamin C, vitamin E 및 식이섬유의 함량은 Table 2와 같았다.

총 flavonoids 함량은 건분 1 g당 캐모마일이 25.40 mg 세이지가 30.40 mg, 녹차가 32.77 mg으로 녹차에 가장 많은 양이 함유되어 있었다.

시료 1 g 당 β-carotene의 함량은 캐모마일이 36.69 μg, 세이지가 33.26 μg, 녹차가 32.64 μg으로 캐모마일이 다소 높았으나 큰 차이는 없었다. 그리고 세이지와 녹차는 비슷한 수준을 보였다. Vitamin C의 함량은 캐모마일이 0.21 mg, 세이지가 0.83 mg, 녹차가 3.66 mg으로 녹차가 가장 높았다. Vitamin E의 함량은 캐모마일이 280.13 μg, 세이지가 215.68 μg, 녹차가 257.68 μg으로 큰 차이는 없었으나 캐모마일, 녹차, 세이지의 순이었다.

총 식이섬유의 양은 건분 1 g 당 캐모마일이 336.56 mg 세이지가 334.61 mg, 녹차가 367.42 mg이었다. 총 식이섬유의 함량은 시료들 간에 유사한 수준을 보였으나 세이지의 경우 수용성 식이섬유의 양이 캐모마일과 녹차에 비해 다소 적었다. 또한 캐모마일은 다른 시료들에 비하여 불용성 식이섬유의 함량은 낮고 수용성 식이섬유 함량은 높은 경향을 보였다.

전체적으로 보면 총 flavonoids과 vitamin C의 함량은 녹차 건분이 가장 높았으며, β-carotene 함량은 세 가지 시료가 비슷하였고, vitamin E의 함량은 캐모마일이 가장 높았다. 그리고 세 가지 시료의 총 식이섬유 함유량은 세 가지 다류에서 비슷하였지만, 불용성 식이섬유는 캐모마일이 다른 시료보다 낮았고, 수용성 식이섬유는 높은 경향을 보였다.

2. 식이 섭취량과 체중 증가량

실험동물의 일일 평균 식이 섭취량과 실험기간 동안의 체중 증가량은 Table 3과 같았다.

일일 평균 식이 섭취량은 각 군들간에 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 또한 실험기간 동안의 체중 증가량은 각

Table 2. Contents of moistures and total flavonoids, β-carotene, vitamin C, vitamin E and total dietary fibers in plant powders

Contents	Kinds of powder		
	Chamomile	Sage	Green tea
Moisture (%)	5.06	4.45	4.24
Total flavonoids (mg/g plant powder)	25.40	30.40	35.77
β-carotene (μg/g plant powder)	36.69	33.26	32.64
Vitamin C (mg/g plant powder)	0.21	0.83	3.66
Vitamin E (α-T.E. ¹⁾ μg/g plant powder)	280.13	215.68	257.68
Total dietary fibers (mg/g plant powder)	336.56	334.61	367.42
IDF (mg/g plant powder)	258.91	306.39	304.60
SDF (mg/g plant powder)	77.65	28.23	62.82

1) α-tocopherol equivalent = 1 × α-tocopherol + 0.5 × β-tocopherol + 0.1 × γ-tocopherol

군간에 유의적인 차이가 없었으나 세이지군이 가장 높은 경향을 보였다.

3. 생화학적 분석

1) 혈장과 간의 TBARS 함량

TBARS 함량을 측정한 결과는 Table 4와 같았다.

혈장의 경우 시료를 섭취한 실험군들이 대조군에 비해 TBARS 함량이 유의적으로 낮았으며, 특히 케모마일군이 가장 낮은 값을 보였다. 세이지군과 녹차군 간에는 별 차이가 없었다. 간의 TBARS 함량도 다류 건분군들이 대조군에 비해 낮았는데, 그 중 케모마일군과 녹차군이 대조군에 비해 유의적으로 낮았다. 세이지군은 대조군에 비해 유의적은 아니나 다소 낮은 경향을 보였다.

2) 혈장과 간의 Xanthine oxidase (XO) 활성

혈장과 간의 XO 활성을 측정한 결과는 Table 5와 같았다.

혈장의 XO 활성은 세 가지 다류군들이 대조군보다 낮았는데, 녹차군만이 대조군에 비해 유의적으로 낮았고, 케모마일과 세이지군은 대조군과 유의적인 차이가 없었다. 간의

Table 3. Food intake and body weight gain in Sprague-Dawley rats fed diets containing plant powders¹⁾

Groups	Food intake (g/day)	Body weight gain (g/4 weeks)
C	24.03 ± 1.16 ^{NS2)}	6.44 ± 9.51 ^{NS}
CM	24.45 ± 0.88	4.66 ± 14.52
SG	25.04 ± 0.84	19.27 ± 10.20
GT	23.48 ± 1.79	8.93 ± 4.18

1) Mean ± Standard Error (n = 12)
2) Not significant at α = 0.05 by Duncan's multiple range test

Table 4. Plasma and liver TBARS levels in Sprague-Dawley rats fed diets containing plant powders¹⁾

Groups	Plasma (nmol/100 ml plasma)	Liver (nmol/g wet liver)
C	414.74 ± 14.35 ^{a2)}	5.93 ± 0.20 ^a
CM	267.85 ± 13.28 ^c	5.25 ± 0.20 ^b
SG	340.45 ± 27.62 ^b	5.38 ± 0.14 ^{ab}
GT	342.56 ± 33.26 ^b	5.14 ± 0.28 ^b

1) Mean ± Standard Error (n = 12)
2) Values with different alphabet within the column are significantly different at α = 0.05 by Duncan's multiple range test

Table 7. Plasma antioxidant vitamin levels in Sprague-Dawley rats fed diets containing plant powders¹⁾

Groups	Vitamin A (μg/dl)	Total carotenoids (μg/dl)	Vitamin E (μg/dl)	Vitamin C (μg/dl)
C	87.34 ± 23.21 ^{NS2)}	2.45 ± 0.24 ^{b3)}	4.52 ± 0.15 ^b	109.03 ± 3.31 ^b
CM	91.45 ± 21.70	6.11 ± 0.50 ^a	5.48 ± 0.40 ^a	124.08 ± 15.54 ^{ab}
SG	101.13 ± 18.87	5.77 ± 0.73 ^a	4.99 ± 0.77 ^{ab}	123.42 ± 9.62 ^{ab}
GT	99.06 ± 26.75	5.61 ± 0.32 ^a	5.13 ± 0.20 ^{ab}	155.04 ± 23.82 ^a

1) Mean ± Standard Error (n = 12)
2) Not significant at α = 0.05 by Duncan's multiple range test
3) Values with different alphabet within the column are significantly different at α = 0.05 by Duncan's multiple range test

XO 활성은 다류군들이 대조군보다 유의적으로 낮은 수준을 보였으며 그 중 케모마일과 녹차군이 대조군보다 유의적으로 낮았다.

3) 적혈구와 간의 Superoxide dismutase (SOD) 활성

적혈구와 간의 SOD의 활성을 측정한 결과는 Table 6과 같았다.

적혈구의 SOD 활성은 실험군들과 대조군간에 유의적인 차이는 없었으나 실험군들이 대조군보다 다소 높은 경향을 보였다. 또한 간의 SOD 활성도 실험군들이 대조군보다 높았는데, 특히 세이지와 녹차군의 경우에는 대조군보다 유의적으로 높았다.

Table 5. Plasma and liver xanthine oxidase activities in Sprague-Dawley rats fed diets containing plant powders¹⁾

Groups	Plasma ²⁾ (μmol/min/l)	Liver ³⁾ (nmol/min/mg protein)
C	11.16 ± 0.51 ^{a4)}	15.39 ± 2.88 ^a
CM	9.77 ± 0.80 ^{ab}	6.64 ± 0.63 ^b
SG	10.32 ± 0.86 ^{ab}	11.11 ± 1.49 ^{ab}
GT	8.21 ± 0.66 ^b	8.35 ± 1.91 ^b

1) Mean ± Standard Error (n = 12)
2) Plasma xanthine oxidase activities are expressed as μmol of uric acid formed per minute per liter of plasma
3) Liver xanthine oxidase activities are expressed as nmol of uric acid formed per minute per mg of protein
4) Values with different alphabet within the column are significantly different at α = 0.05 by Duncan's multiple range test

Table 6. Erythrocytes and liver superoxide dismutase activities in Sprague-Dawley rats fed diets containing plant powders^{1,2)}

Groups	RBC (Unit/min/mg protein)	Liver (Unit/min/mg protein)
C	17.52 ± 0.77 ^{NS3)}	23.96 ± 0.85 ^{b4)}
CM	19.58 ± 0.87	25.97 ± 0.75 ^{ab}
SG	20.03 ± 1.36	26.69 ± 1.18 ^a
GT	20.21 ± 1.23	27.14 ± 0.79 ^a

1) Mean ± Standard Error (n = 12)
2) 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 3.0 ml reaction volume)
3) Not significant at α = 0.05 by Duncan's multiple range test
4) Values with different alphabet within the column are significantly different at α = 0.05 by Duncan's multiple range test

4) 혈장의 항산화 비타민 농도

혈장의 항산화 비타민 수준을 알아보기 위하여 vitamin A, 총 carotenoids, vitamin C, vitamin E, 의 농도를 측정 한 결과는 Table 7과 같았다.

혈장의 vitamin A 수준은 모든 군들간에 유의적인 차이를 보이지 않았으나 세 가지 다류 군들이 대조군에 비해 다소 높은 경향을 보였다. 혈장의 총 carotenoids 수준은 다류군들이 대조군에 비하여 유의적으로 높았으나 세 가지 다류군들 간에는 차이가 없었다. 혈장의 vitamin E 수준은 다류군들이 대조군에 비해 높은 경향을 보였으나 세이지와 녹차군의 경우에는 대조군과 유의적인 차이를 보이지 않았고 캐모마일군만이 대조군 보다 유의적으로 높은 수준을 보였다. 혈장의 vitamin C 수준은 다류군들이 대조군보다 높았는데, 특히 녹차군과 대조군간에는 유의적으로 차이가 있었으나 캐모마일과 세이지군은 대조군과 유의적 차이는 없었다.

고 찰

1. 시료의 항산화 성분 함량

캐모마일, 세이지, 녹차 건분 1 g에 함유되어 있는 총 flavonoids 함량은 녹차가 가장 높았으며, 그 다음이 세이지, 캐모마일 순이었다. Lee 등⁴⁷⁾과 Kim 등⁴⁸⁾은 녹차에 함유되어 있는 총 flavonoids 함량을 측정한 결과 건분 1 g 당 함량이 각각 44.7 mg, 31.3 mg 이었다고 하였는데, 본 연구에서는 35.77 mg으로 측정되어 약간의 차이를 보였다. 이는 녹차의 품종이 다양하며, 동일한 품종이라 할지라도 재배 환경조건이 다를 수 있기 때문으로 여겨진다.

캐모마일과 세이지의 경우 총 flavonoids 함량에 대한 자료는 매우 부족한 실정이다. 최근 Lee 등⁴⁷⁾은 22종류의 허브류를 대상으로 건분 1 g에 함유되어 있는 flavonoids 함량을 분석한 결과 스피어민트 (spearmint), 정향 (clove) 등 5종류의 허브들만 25~45 mg이 함유되어 있었고, 그 외의 허브류들은 25 mg 이하였다. 비록 이 연구에서는 세이지와 캐모마일을 분석하지는 않았으나 본 연구에서 세이지와 캐모마일 건분 1 g 당 flavonoids 함량이 각각 30.40 mg, 25.24 mg으로 분석된 것으로 보아 이들의 flavonoids 함량이 다른 허브류들에 비해 적지 않다는 것을 알 수 있다. Zheng 등⁴⁹⁾은 세이지 신선물 100 g 당 rosmarinic acid가 117.8 mg, luteolin이 33.4 mg으로 다른 항산화 물질보다 많이 함유되어 있다고 하였으며, Cuvelier 등¹⁷⁾도 rosmarinic acid, caffeic acid dimer, carnosic acid, carnosol와 같은 phenolic compound들이 항산화 활성을 갖는다고 보고했다. 또한 캐모마일의 꽃에는 flavonoids, coumarin,

phenolic terpenes 성분들이 함유되어 있으며, essential oil에는 α -bisabolol, chamazulene, bisabolol oxide 등이 함유되어 있는 것으로 보고된 바 있다.¹⁶⁾

본 연구에서는 시료 내의 총 flavonoids 함량만을 측정 하였을 뿐, 이에 함유되어 있는 각각의 성분에 대한 정량분석을 실시하지 않았기 때문에 세이지와 캐모마일을 구성하고 있는 flavonoids의 종류를 확인할 수는 없었다. 하지만 이들 시료들이 갖는 항산화 활성의 원인을 정확히 규명하기 위해서는 이에 함유되어 있는 flavonoids의 종류 및 함량에 대해 연구가 더 이루어져야 할 것으로 여겨진다.

2. 다류 식이의 섭취가 노령흰쥐의 항산화능에 미치는 영향

일반적으로 생체는 체내에서 자연발생적으로 발생되거나 여러 환경적인 요인에 의해서 생성되는 free radicals에 지속적으로 노출되어 있다. Free radicals은 하나 혹은 그 이상의 unpaired electron을 가지고 있으며, 반응성이 매우 커서 생체막의 구성성분인 다중 불포화 지방산과 반응하여 지질 과산화를 유발시키는 것으로 알려져 있다. 물론 체내에는 다양한 항산화 체계가 존재하여 SOD 등의 항산화 효소 및 다양한 항산화제에 의해 free radicals이 효율적으로 제거되지만 노화가 진행되는 동안 체내 항산화 체계는 약화되며, 이러한 이유로 나이가 증가함에 따라 지질 과산화물의 수준이 증가하는 것으로 알려져 있다.

본 연구에서 체내 지질과산화 정도를 나타내는 TBARS 수준을 측정한 결과 혈장의 TBARS 함량은 캐모마일, 세이지, 녹차군 모두 대조군보다 유의적으로 낮았고, 특히 캐모마일군이 가장 낮은 수준을 보였다. 그리고 간 내 TBARS 함량 또한 다류군들이 대조군에 비해 낮았으며, 캐모마일과 녹차군은 대조군과 유의적인 차이를 보였다. 이러한 결과는 다양한 phytochemicals과 항산화 비타민이 함유되어 있는 식품을 섭취할 경우 체내 항산화 체계가 개선되어 산화적 손상으로부터 체내 조직들을 효율적으로 방어할 수 있게 되므로 TBARS 함량이 감소된다고 한 보고들과 일치되는 결과로 이미 녹차를 대상으로 한 많은 연구에서 녹차 catechins이 혈장 내 지질 과산화물 수준을 감소시키는 것으로 보고되고 있다.^{48,50)} 하지만 세 가지 시료 중에서 총 flavonoids 함량이 가장 낮았던 캐모마일 시료를 섭취한 실험군이 혈장 내 지질 과산화물의 함량이 가장 낮았던 것으로 보아 혈장의 지질 과산화 억제에 flavonoids가 단독으로 작용하지 않는다는 것을 알 수 있다. 또한 지질 과산화를 억제시키는 정도가 체내 조직별로 달라 세이지군의 경우 혈장의 TBARS 함량은 대조군보다 유의적으로 낮았으나 간의 TBARS 함량은 대조군과 유의적인 차이가 나타나지 않

있고, 케모마일군의 경우 혈장 TBARS 함량은 가장 낮은 수준을 보였으나 간에서는 이러한 경향을 보이지 않았다. 이렇듯 다류에 함유되어 있는 다양한 phytochemicals과 항산화 비타민은 혈장과 간의 TBARS의 생성을 억제시키는 효과는 있으나 그 효과가 다류의 종류, 체내 조직에 따라 다른 것으로 사료된다.

혈장과 간 내 XO 활성은 다류군들이 대조군보다 낮은 경향을 보였으며, 혈장의 XO 활성은 특히 녹차군이 대조군보다 유의적으로 낮았다. 체내의 free radicals 생성 경로중 하나인 XO는 purine의 대사산물인 hypoxanthine을 xanthine으로, xanthine을 다시 산화시켜 uric acid를 생성하는 반응을 촉매하는 효소로 xanthine dehydrogenase (XD, D-type)와 xanthine oxidase (XO, O-type)의 두가지 형태가 있는 것으로 알려져 있다.⁵¹⁾ 이는 정상 상태에서는 거의 (약 90%) dehydrogenase 형태로 존재하지만 산화적 스트레스나 여러 가지 질병상태 하에서는 XD가 XO로 변환되며, XO의 활성이 증가되어 $O_2^{\cdot -}$, H_2O_2 을 생성시킨다.⁵²⁾ 여러 연구들에서 flavonoids가 XO의 활성을 저해시키는데, flavonoids 분자에 존재하는 hydroxyl group의 위치에 따라 저해정도가 다르며,⁵³⁾ 특히 galloyl group을 함유한 flavonoids가 XO의 활성 저해에 효과적이라고 보고된 바 있다.⁵⁴⁾ Cho 등⁵⁵⁾도 녹차에서 추출한 catechins이 XO 활성 저해에 효과가 있었으며, (-)-Epicatechin-gallate의 가장 효과적인 것으로 나타나 위의 연구들과 일치된 결과를 보였다. 따라서 본 실험에서 녹차군의 혈중 XO 활성이 대조군보다 유의적으로 낮았던 것은 녹차에 존재하는 flavonoids, 특히 (-)-Epicatechin gallate의 효과로 설명할 수 있겠다. 케모마일군은 혈장 내 TBARS 함량이 가장 낮았지만 혈장의 XO 활성이 대조군과 유의적인 차이가 없었던 것으로 보아 케모마일 시료의 섭취가 XO 활성을 감소시킴으로써 혈장 내 지질 과산화물의 생성을 억제시키는 것이 아니며, XO에 의해 생성된 free radicals을 제거해주는 효소적 혹은 비효소적 기전들이 효과적으로 작용했을 가능성이 있다는 것을 시사해준다. 또한 간의 XO 활성은 케모마일과 녹차군이 대조군보다 유의적으로 낮은 것으로 보아 케모마일과 녹차 시료의 섭취로 간의 XO 활성이 저해됨으로써 free radicals의 생성이 억제되어 간 내 지질과산화의 생성이 저하되었을 가능성이 있다.

적혈구내 SOD 활성은 실험군이 대조군보다 다소 높은 경향을 보였지만 모든 군간에 유의적인 차이는 나타나지 않았으며, 간 내 SOD 활성은 세이지와 녹차군이 대조군에 비해 유의적으로 높은 활성을 보였다. Kang 등⁵⁶⁾은 쥐에게 CCl₄로 산화적 스트레스를 가하고 녹차 catechins을 쥐에

게 경구 투여한 후 microsome 분획에 존재하는 SOD 활성변화를 측정된 결과 SOD 활성이 증가되었다고 하였으며, Lee 등⁵⁷⁾은 당뇨병 환자에게 녹차 catechins을 공급할 경우 SOD 활성이 정상수준에 가깝게 회복되었다고 하였다. 하지만 Kim 등⁴⁸⁾은 생후 4주된 Sprague-Dawley 중 흰 쥐에게 녹차 건분을 공급하였을 때, 적혈구의 SOD 활성이 대조군보다 높게 나타나기는 했지만 유의적이지는 않았다고 하였는데, 이는 본 연구와도 일치된 결과이다. 한편 혈장의 지질 과산화물 함량이 가장 낮았던 케모마일군에서 SOD 활성이 가장 높지 않았으며, 간의 TBARS 함량도 대조군보다 유의적으로 낮았던 케모마일군의 경우 간 내 SOD 활성이 유의적으로 높지 않았다. 또한 세이지군도 간의 TBARS 함량이 대조군과 유의적인 차이를 보이지 않았으나 간 내 SOD 활성은 대조군보다 유의적으로 높은 값을 보였다. 이로써 SOD가 체내 지질과산화 억제에 단독으로 작용하지 않는다는 것을 확인할 수 있다.

본 연구에서 혈중 항산화 비타민의 농도를 측정한 결과 비타민 A의 수준은 모든 군들간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 일반적으로 carotenoids는 vitamin A로 전환된다고 알려져 있으므로 대조군보다 더 많은 carotenoids를 섭취한 다류군들의 경우 혈중 vitamin A 수준이 증가될 가능성도 있다. 하지만 vitamin A의 경우 항상성 조절 기전에 의해 혈장 수준이 거의 일정하게 유지된다고 알려져 있으며,⁵⁸⁾ 다류 건분들에 함유되어 있는 carotenoids 양이 혈중 vitamin A의 항상성을 변화시킬 만큼의 과량은 아니었던 것으로 보인다. 따라서 모든 군들의 혈중 vitamin A 수준간에 유의적인 변화가 나타나지 않았을 것으로 사료된다.

혈장의 총 carotenoids 수준은 다류군들 모두 대조군보다 유의적으로 높았다. 이러한 결과는 대조군의 식이에 β -carotene이 함유되어 있지 않았다는 것을 감안했을 때, β -carotene의 보충 효과 때문인 것으로 여겨진다. 시료 내의 β -carotene 함량을 고려하여 일일 평균 식이 섭취량을 기준으로 β -carotene의 일일 평균 섭취량을 계산하고, β -carotene의 일일 평균 섭취량에 따라 혈중 수준을 비교해 보면, 섭취량이 44.85 μ g이었던 케모마일군의 혈중 carotenoids 수준은 대조군보다 2.49배 증가되었고, 41.64 μ g이었던 세이지군은 2.36배, 38.32 μ g이었던 녹차군은 2.29배 증가되었다. 세 가지 시료들의 혈중 carotenoids가 대조군에 비하여 유의적으로 증가하였으며, 특히 β -carotene 섭취량이 높았던 케모마일군이 다른 실험군들보다 혈중 carotenoids 함량이 다소 높은 편이었다.

혈장의 vitamin E의 수준은 다류군들이 대조군에 비해 높은 경향을 보였으나 시료 내 vitamin E 함량이 가장 높

있던 케모마일군만이 대조군과 유의적인 차이를 보였다. 다류군들의 vitamin E 일일 평균 섭취량도 β -carotene과 동일한 방법으로 계산하였는데, 그 결과 케모마일 군이 538.06 μ g, 세이지군이 470.35 μ g, 녹차군이 490.36 μ g으로 일일 평균 섭취량이 192.24 μ g 이었던 대조군과 비교해 보면, 각각 대조군 섭취량의 2.8배, 2.4배, 2.5배를 섭취한 것으로 나타났다. 혈중 vitamin E 수준은 케모마일, 세이지, 녹차군이 각각 대조군의 1.21배, 1.1배, 1.13배로 vitamin E 섭취량이 가장 높았던 케모마일군의 혈중 수준만이 대조군에 비해 유의적으로 증가되었다.

혈장 vitamin C의 수준은 녹차군이 대조군보다 유의적으로 높았으나 케모마일과 세이지군은 대조군과 유의적인 차이가 없었다. Vitamin C의 일일 평균 섭취량을 보면, 케모마일, 세이지, 녹차군이 각각 0.26 mg, 1.04 mg, 4.30 mg으로 녹차군이 가장 높았으며, 혈중 vitamin C의 증가폭도 케모마일과 세이지군이 대조군의 1.14배, 녹차군이 1.42배로 녹차군만이 대조군에 비하여 유의적으로 증가되었다. 이는 녹차가 다른 시료보다 vitamin C 함량이 현저하게 높았기 때문에 혈중 수준을 유의적으로 증가시킨 것으로 보인다. 물론 쥐의 경우 체내에서 vitamin C가 합성되지만 본 연구에서처럼 vitamin C를 보충해 주었을 때 혈중 vitamin C 수준이 증가되는 것을 알 수 있었다.

이처럼 다류 시료를 섭취한 실험군들이 대조군보다 혈장의 항산화 비타민 수준이 높았는데, 비타민의 종류마다 섭취량에 따른 혈장수준의 증가폭이 달랐다. 즉 혈중 carotenoids는 β -carotene 보충에 의한 효과가 뚜렷이 나타나 혈중 수준의 증가폭이 대조군의 2~2.5배로 다소 컸으며, 혈장 vitamin C도 vitamin C의 일일 평균 섭취량이 가장 많았던 녹차군의 경우 1.42배까지 증가되어 섭취량이 높을 경우 혈중 수준도 이에 따라 증가되는 경향을 보였다. 혈장 vitamin E는 β -carotene, vitamin C와는 달리 vitamin E 섭취로 인해 혈장의 vitamin E 수준이 크게 변화되지 않았다.

Beta-carotene을 포함하는 carotenoids는 주로 지방친화성 구조의 내부 (core)에 존재하며, 혈중 carotenoids의 증가는 LDL 산화를 비롯한 지질 과산화물을 감소시키는 것으로 알려져 있다.⁵⁹⁾ 이러한 사실로 보아 세 가지 다류군 모두 혈중 지질 과산화물의 함량이 대조군보다 유의적으로 낮게 나타난 것은 다류 시료의 섭취로 혈중 carotenoids 수준이 증가되고, 증가된 혈중 carotenoids가 지질 과산화물 생성 억제에 관여했기 때문일 가능성이 있다. 특히 혈중 지질 과산화물 함량이 가장 낮았던 케모마일군의 경우 혈중 carotenoids 수준뿐만 아니라 vitamin E의 수준도 대조군보다 유의적으로 높았다. Vitamin E는 singlet oxygen,

superoxide radical 등을 억제하며, lipid peroxy radical, alkoxy radical을 scavenging 함으로써 지질과산화의 연쇄반응을 억제시키는 것으로 알려져 있다.⁶⁰⁾ 또한 Jung 등⁶¹⁾은 혈청 비타민 농도와 혈청 TBARS 수준간의 상관관계를 분석한 결과 혈청 vitamin C와 vitamin E가 혈청 MDA 농도와 각각 유의적인 음의 상관관계가 있다고 하였다. 그리고 vitamin E는 혈중에서 주로 LDL에 의해서 운반되는데, LDL은 산화되기 쉬운 특성이 있기 때문에 혈청 지질과산화물의 증가는 지단백질 중에서도 주로 LDL에서의 증가에 기인한다고 보고된 바 있다.⁶²⁾ 따라서 혈중 vitamin E 농도의 증가는 LDL 내의 vitamin E 함량 증가를 가져올 수 있으며, 이로써 LDL 산화가 감소될 수 있다. 따라서 혈장의 carotenoids와 vitamin E의 수준이 대조군에 비하여 유의적으로 높았던 케모마일 건분군의 경우 LDL의 산화도 효과적으로 억제되었을 가능성이 있다. 또한 케모마일 내에 함유되어 있는 flavonoids 함량은 다른 다류군들에 비해 적었지만 flavonoids 중 지질 과산화물의 생성을 억제시키는데 탁월한 효과를 갖는 물질이 함유되어 있었을 가능성 또한 배제할 수 없다. 실제로 항산화 성분의 생리활성은 그 종류에 따라 다르며, 식품에 존재하는 flavonoids의 구성화합물과 그 유도체가 매우 다양하여 각 식품에 존재하는 flavonoids의 기능과 역할이 다르다고 알려져 있다. 또한 케모마일의 정유 성분에 많이 함유되어 있는 것으로 알려져 있는 chamazulene과 같은 terpenes들은 *in vitro* 연구에서 지질 과산화를 억제시키는 것으로 보고되고 있다.^{23,49,63)} 하지만 케모마일은 chamazulene과 같은 몇몇 phenolic terpenes에 대해서만 항산화 활성이 있다고 보고되고 있을 뿐 그 활성이 어느 정도인지에 대해서는 자료가 매우 부족하다. 따라서 케모마일에 존재하는 phytochemicals이 혈장의 지질 과산화 억체에 어떠한 영향을 주는지는 더 연구해볼 필요가 있겠다.

요약 및 결론

본 연구에서는 케모마일, 세이지, 녹차 건분의 섭취가 노령흰쥐의 항산화능에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. 이를 위하여 세 가지 다류 건분 시료에 함유되어 있는 총 flavonoids와 항산화 비타민 및 식이섬유 함량을 측정하였고 이들 시료의 섭취로 실험동물의 항산화능에 어떠한 변화가 있는지 알아보려고 혈장과 간의 지질 과산화물 (TBARS) 함량과 혈장과 간의 xanthine oxidase (XO) 활성, 적혈구와 간의 superoxide dismutase (SOD) 활성, 혈장의 항산화 비타민 농도를 측정하였다.

세 가지 시료 내 총 flavonoids 함량은 녹차, 세이지, 케모마일 순으로 녹차 건분 내 함량이 가장 높았다. Beta-carotene과 vitamin E 함량은 세 가지 시료들이 비슷한 수준을 보였으나 케모마일이 다소 높았고, vitamin C는 녹차에 가장 많이 함유되어 있었다. 그리고 총 식이섬유 함유량은 세 가지 시료에서 비슷하였지만, 불용성 식이섬유는 케모마일이 다른 시료보다 낮았고, 수용성 식이섬유는 높은 경향을 보였다.

혈장의 TBARS 함량은 케모마일, 세이지, 녹차군 모두 대조군보다 유의적으로 낮았고, 특히 케모마일군이 가장 낮은 수준을 보였다. 그리고 간 내 TBARS 함량 또한 다류군들이 대조군에 비해 낮았으며, 케모마일과 녹차군은 대조군과 유의적인 차이를 보였다.

산화적 스트레스의 지표로 측정된 XO 활성은 혈장의 경우 녹차군이, 간의 경우 케모마일과 녹차군이 대조군보다 유의적으로 낮았다. 적혈구내 SOD 활성은 다류군이 대조군보다 다소 높은 경향을 보였지만 모든 군들간에 유의적인 차이는 없었고, 간 내 SOD 활성은 세이지와 녹차 군만 대조군보다 유의적으로 높았다.

혈장의 항산화 비타민 수준은 vitamin A의 경우 모든 군들간에 유의적인 차이가 없었고, 총 carotenoids 수준은 다류군들 모두 대조군보다 유의적으로 높았다. 또한 vitamin E의 수준은 다류군들이 대조군에 비해 높은 경향을 보였으나 케모마일군만이 대조군과 유의적인 차이를 보였다. Vitamin C의 수준은 녹차군만 대조군보다 유의적으로 높았다.

이상의 결과를 종합해 보면 세 가지 다류 건분 식이가 노령흰쥐의 체내 항산화능에 미치는 효과와 양상은 다류의 종류, 체내 조직에 따라 달랐다. 즉 총 flavonoids, vitamin C 함량이 가장 높았던 녹차시료를 섭취시켰을 때, 혈장과 간의 지질 과산화가 유의적으로 억제되었는데, 이는 SOD의 활성 증가보다는 혈장과 간의 XO 활성이 억제되고 동시에 혈중 carotenoids과 vitamin C증가와 같은 비효적 기전의 증진에 기인하는 것으로 여겨진다. 또한 β -carotene, vitamin E, 수용성 식이섬유 함량이 가장 높았던 케모마일의 섭취도 효소적 기전보다는 혈장 carotenoids, vitamin E와 같은 비효소적 기전이 증진됨으로써 혈장과 간의 지질 과산화가 억제된 것으로 여겨지며, 그 효과가 체내 조직에 따라 달라 간보다 혈장에서 이러한 효과가 더욱 현저하게 나타났다. 세이지 건분의 섭취는 녹차나 케모마일만큼 큰 효과를 보이지 않았지만 혈장의 지질 과산화물의 생성을 유의적으로 억제시켰다.

이와 같이 케모마일, 세이지, 녹차 시료의 섭취는 노령흰쥐의 체내 항산화능 증진에 효과가 있었으며, 그 중 녹차와

케모마일의 섭취 시 혈장과 간의 지질 과산화가 손상 모두 유의적으로 억제된 것으로 보아 세이지보다 체내 항산화능 증진에 효과가 더 크다는 것을 알 수 있다. 특히 케모마일 섭취 시 혈장 내 지질 과산화물 생성 억제에 탁월한 효과를 보였다. 따라서 이들 다류들은 만성퇴행성 질환의 예방과 노화 억제를 위한 기능성 식품 개발에 이용될 수 있을 것으로 여겨지며, 이중 녹차와 케모마일이 큰 효과를 나타낼 것으로 기대된다. 물론 녹차는 차 형태로 널리 응용되고 있으며, 케모마일과 세이지도 차로 이용되고 있던 하지만 차로 마실 경우 식물에 함유되어 있는 항산화 물질의 상당량을 섭취하지 못하게 되므로 영양학적 측면에서는 큰 손실이라 할 수 있다. 그러므로 이들 다류 식물 전체를 섭취할 수 있는 방법에 대한 연구가 이루어져야 할 것으로 여겨진다.

Literature cited

- 1) Population Projections for Korea. 2000-2050, Korean National Statistical Office, Republic of Korea, 2001
- 2) Minto G, Aust SD. Redox cycling of iron and lipid peroxidation. *Lipid* 27: 219-226, 1993
- 3) Jadhav SJ, Nimbalkar SS, Kulkarni AD, Madhavi DL. Lipid Oxidation in Biological and Food Systems. In: Food Antioxidants. (ed. Madhavi DL, Deshpande SS, Slunkhe DK) Marcel Dekker, Inc, p.20, 1996
- 4) Slater TF. Free-radical mechanisms in tissue injury. *Biochem J* 222: 1, 1984
- 5) Bourne LC, Rice-Evans CA. Detecting and measuring bioavailability of phenolics and flavonoids in human: pharmacokinetics of urinary excretion of dietary ferulic acid. In: Method in Enzymology vol 299 'Oxidants and Antioxidants Part A' (ed. Lester) Packer Academic Press, p.91, 1999
- 6) Prior RL, Cao G. Flavonoids: Diet and Health Relationships. *Nutrition in Clinical Care* 3(5): 279-288, 2000
- 7) De Whalley CV, Rankin SM, Hoult JRS, Jessup W, Leake DS. Flavonoids inhibit the oxidative modification of low density lipoproteins by macrophages. *Biochem Pharmacol* 39: 1743-1750, 1990
- 8) Park SW, Kim SH, Chung SK. Antimutagenic effects and isolation of flavonoids from humulus japonicus extracts. *Korean J Food Sci Technol* 27(6): 879-901, 1995
- 9) Hercberg S, Galan P, Preziosi P, Alfarez M, Vazquez C. The role of antioxidant vitamins in preventing cardiovascular disease and cancers. *Nutrition* 14: 513-520, 1998
- 10) Gerald F. Combs. The vitamins: Fundamental Aspects in Nutrition and Health. Academic press. New York, 1998
- 11) Davie SJ, Could BJ, Yudkin JS. Effect of vitamin C on glycosylation of protein. *Diabetes* 41: 167-173, 1992
- 12) Sies H, Stahlwilhelm. Vitamin E and vitamin C and carotenoids as antioxidants. *Am J Clin Nutr* 62: 1315S-1321S, 1995
- 13) Deshpande SS, Deshpande US, Salunkhe DK. Nutritional and Health Aspects of Food Antioxidants. In: Food Antioxidants. (ed.

- Madhavi DL, Deshpande SS, Salunkhe DK.) Marcel Dekker Inc. pp.399-401, 1996
- 14) Velioglu YS, Mazza G, Gao L, Oomah BD. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. *J Agric Food Chem* 46: 4113-4117, 1998
 - 15) Wang M, Kikuzaki H, Zhu N, Sang S, Nakatani N, Ho CT. Isolation and structural elucidation of two new glycosides from sage. *J Agric Food Chem* 48: 235-238, 2000
 - 16) Lawrence MB, Tobacco RJR. Progress in essential oil. *Perfumer and Flavorist* 21: 55-68, 1996
 - 17) Cuvelier ME, Richard H, Berset C. Antioxidative activity and phenolic composition of pilot-plant and commercial extracts of sage and rosemary. *J Am Oil Chem Soc* 73: 645-652, 1996
 - 18) Areias F, Valentao P, Andrade PB, Ferreres F, Seabra RM. Flavonoids and Phenolic Acids of Sage: Influence of some Agricultural Factors. *Agric Food Chem* 48:6081-6084, 2000
 - 19) Shin MK. The Science of Green Tea. *Korean J Dietary Culture* 9(4) : 433-445, 1994
 - 20) Mann C, Staba E. Herbs, Spices and Medical Plants. Recent Advances in Botany, Horticulture and Pharmacology, Vol. 1. Food Products Press, USA, pp.235-280, 1986
 - 21) Villegas LF, Marcalo A, Martin J, Fernandez ID, Maldonado H, Vaisberg AJ, Hammond GB. (+)-epi- α -bisabolol is the wound-healing principle of *Peperomia galioides*: investigation of the in vivo wound-healing activity of related terpenoids. *J Nat Prod* 64: 1357-1358, 2001
 - 22) Jakovlev V, Issac O, Flaskamp E. Pharmacological investigation with compounds of chamazulene and matricine. *Planta Med* 49: 67-73, 1983
 - 23) Rekká EA, Kourounakis AP, Kourounakis PN. Investigation of the effect of chamazulene on lipid peroxidation and free radical processes. *Res Commun Mol Pathol Pharmacol* 92(3) : 361-364, 1996
 - 24) Farag RS, Badei AZMA, Hawedi FM, Elbaroty GSA. Antioxidant activity of some spice essential oils on linoleic acid oxidation in aqueous media. *JAOCs* 66: 792, 1989
 - 25) Namiki M. Antioxidants/antimutagens in food. *Critical Reviews in Food Sci & Nutrition* 29(4) : 273, 1990
 - 26) Hayatsu H, Inada N, Kakutani T, Armoto S, Negishi T, Mori K, Okuta T, Sakata I. Suppression of genotoxicity of carcinogens by (-)-epigallocatechin gallate. *Prev Med* 21: 370-376, 1992
 - 27) Dreosti IE. Bioactive ingredients: antioxidants and polyphenols in tea. *Nutr Rev* 54: S51-58, 1996
 - 28) Chisaka T, Matsuda H, Kubomura Y, Mochizuki M, Yamahara J, Fujimura H. The effect of crude drugs on experimental hypercholesterolemia: mode of action of (-)-epigallocatechin gallate in tea leaves. *Chem Pharm Bull* 36: 227-233, 1988
 - 29) Chung Ch, Yoo YS. Effects of Aqueous Green Tea Extracts with α -tocopherol and Lecithin on the Lipid Metabolism in Serum and Liver of Rats. *Korean J Nutrition* 28(1) : 15-22, 1995
 - 30) Shin DH. The research and prospect of natural antioxidants. *Bulletin of Food Technology* 8(2) : 28-33, 1995
 - 31) Kang YH, Park YK, Ha TY and 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
 - 32) Kang YH, Park YK, Ha TY, Moon KD. Effects of Pine Needle Extracts on Enzymetic Activities of Serum and Liver, and Liver Morphology in Rats Fed High Fat Diet. *J Korean Soc Food Nutr* 25(3) : 374-378, 1996
 - 33) Nelis HJ, De Leenheer AP. Isocratic nonaqueous reversed-phase liquid chromatography of carotenoids. *Anal Chem* 55: 270-275, 1983
 - 34) The Industrial Dictionary of Foods. Department of Health and Welfare. Republic of Korea, 1997
 - 35) Official methods of analysis. 16th Ed. AOAC international USA, 1995
 - 36) The Guide to Hygienic Experimental Method. Japan Drug Association. Kumwon Press, Japan, 1995
 - 37) Lee SC, Prosky L, De Vries 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
 - 38) Reeves PG, Nielsen FH, Fahey GC. AIN-93 purified diets for laboratory rodents: final report of the American Institute Nutrition Ad Hoc Wrioting Committee on the reformulation of the AIN-76A rodent diet. *J Nutr* 123: 1939-1951, 1993
 - 39) Yagi K. Assay for Blood Plasma or Serum: in Methods in enzymology Academic Press Inc. NY Vol. 105 pp.328-331, 1984
 - 40) Buckingham KW. Effect of Dietary Polysaturated/Saturated Fatty Acid Ratio and Dietary Vitamin E on Lipid Peroxidation in the Rat. *J Nutr* 115: 1425-1435, 1985
 - 41) Yoon CG. A modified colorimetric assay for xanthine oxidase in rat liver extracts. *Keimyung Research Journal* (Keimyung Junior College) 2: 295-308, 1984
 - 42) Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randall RJ. Protein measurement with folin phenol reagent. *J Biol Chem* 193: 265-275, 1951
 - 43) Flohé L, Becker R, Brigelius R, Lengfelder E, Ötting F. Convenient assays for superoxide dismutase. CRC Handbook of Free Radicals and Antioxidants in Biomedicine pp.287-293, 1992
 - 44) Bieri G, Tolliver JJ, Catignani GL. Simultaneous determination of α -tocopherol and retinol in plasma or red cells by high pressure liquid chromatography. *Am J Clin Nat* 32: 2143-2149, 1979
 - 45) Sim JE. Seoul National Univ. Graduate Sch. Master's thesis, 1996
 - 46) Kaplan LA. Carotenes. In: Methods in Clinical Chemistry (Pesce AJ, Kaplan LA) The C.V. Mosby Company, St Louis, pp.513-519, 1987
 - 47) Lee JM, Son ES, Oh SS, Han DS. Contents of Total Flavonoid and Biological Activities of Edible Plants. *Korean J Dietary Culture* 16(5) : 504-514, 2001
 - 48) Kim ES, Kim MK. Effect fo Dried Leaf Powders and Ethanol Extracts of Persimmon, Green Tea and Pine Needle on Lipid Metabolism and Antioxidative Capacity in Rats. *Korean J Nutrition* 32(4) : 337-352, 1999
 - 49) Zheng W, Wang SY. Antioxidant Activity and Phenolic Compounds in Selected Herbs. *J Agric Food Chem* 49: 5165-5170, 2001
 - 50) Iso T, Yoshiyuki N, Mitsuaki S, Junichi W, Shinji M, Naho S Kyoji Y. Preventive effects of green tea against oxidative damage and mutagenesis. Proceedings of the 2nd International Symposium on Green Tea 1: 69-73, 1993
 - 51) Terada LS, Leff A, Repine JE. Measurement of Xanthine Oxidase in Biological Tissues. In: Methods in enzymology vol 186, Academic Press pp.651-652, 1990

- 52) Huh K, Shin US, Lee SI. Effect of Heat-treated Ceruloplasmin on the Hepatic Xanthine Oxidase Activity and Type Conversion. *Arch Pharm Res* 18 (1): 56-59, 1995
- 53) Hayashi T, Sawa K, Kawasaki M, Arisawa M, Shimizu M, Morita M. Inhibition of cow's milk xanthine oxidase by flavonoids. *J Natural Products* 51: 345-348, 1988
- 54) Hatano T, Yasuhara T, Yoshihara R, Okuda T. Inhibitory effects of galloylated flavonoids on xanthine oxidase. *Plant Med* 57: 83, 1991
- 55) Cho YJ, Chun SS, Choi Ci. Inhibitory Effect of Condensed Tannins Isolated from Korean Green Tea against Xanthine Oxidase. *J Korean Soc Food Nutr* 22 (4): 418-422, 1993
- 56) Kang WS, Lee YH, Chung HH, Kang MK, Kim TJ, Hong JT, Yun YP. Effects of Green Tea Catechins on the Lipid Peroxidation and Superoxide Dismutase. *J Fd Hyg Safety* 16(1): 41-47, 2001
- 57) Rhee SJ, Choi JH. Effects of Green Tea Catechin on the Superoxide Dismutase, Glutathione Peroxidase and Xanthine Oxidase Activities of Kidney in Diabetic Rats. *Korean J Nutrition* 34 (7): 734-740, 2001
- 58) Olson JA. Serum levels of vitamin A and carotenoids as reflectors of nutritional status. *J Natl Cancer Inst* 73 (6): 1439-1444, 1984
- 59) Lowe GM, Bilton RF, Davies IG, Ford TC, Billington D, Young AJ. Carotenoid composition and antioxidant potential in subfractions of human low-density lipoprotein. *Ann Clin Biochem* 36(3): 323-332, 1999
- 60) Esterbauer H, Dieber-Rotheneder M, Striegl G, Waeg G. Role of vitamin E in preventing the oxidation of low-density lipoprotein. *Am J Clin Nutr* 53: 314S-321S, 1991
- 61) Jung KA, Kim SY, Choi YJ, Woo JI, Chang YK. The nutritional status of Antioxidant vitamins in relation to serum MDA level in postmenopausal Women. *Korean J Nutrition* 34 (3): 330-337, 2001
- 62) 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
- 63) Teissedre PL, Waterhouse AL. Inhibition of oxidation of human low-density lipoproteins by phenolic substances in different essential oils varieties. *J Agric Food Chem* 48: 3801-3805, 2000