

Effects of *Duchesnea chrysantha* on Regulation of Antioxidative defense System in Rats Fed a High-fat·High-cholesterol Diet

Won-Yeong Song and Jeong-Hwa Choi*

Department of Nutrition Food, International University of Korea, Jinju 52833, Korea

Received October 26, 2017 / Revised December 29, 2017 / Accepted January 12, 2018

This study was attempted to investigate the effects of *Duchesnea chrysantha* (DC) on antioxidative activities by *in vivo*. Rats were divided into four experimental groups which are composed of normal diet group (N group), high fat·high cholesterol diet group (HF group), high fat·high cholesterol diet with 5% DC powder supplemented group (DA group) and high fat·high cholesterol diet with 10% DC powder supplemented group (DB group). Supplementation of DC powder groups resulted in increased activities of hepatic glutathione peroxidase and catalase. The microsomal superoxide radical contents of the DA and DB groups were significantly reduced compared to the high fat·high cholesterol diet group. The mitochondrial superoxide radical contents of the DB group were significantly reduced compared to the high fat·high cholesterol diet group. Hepatic hydrogen peroxide contents in cytosol were significantly reduced 5% and 10% DC powder supplemented group. The carbonyl values contents in mitochondria and microsome of the DA and DB groups were significantly reduced compared to the HF group. Thiobarbituric acid reaction substance (TBARS) values in liver were reduced in 10% DC powder supplemented group compared to the HF group. These results suggest that DC powder may have a strong regulatory effect in the activation of the antioxidative defense system.

Key words : Antioxidant system, cholesterol, *Duchesnea chrysantha*, fat, free radical

서 론

급속한 사회의 경제발전과 더불어 인간의 수명은 증가되어 가고 건강한 삶에 대한 관심은 더욱 높아지고 있지만 점차 변화되어지고 있는 서구화된 식생활은 여러 가지 대사성질환의 원인이 되고 있다. 또한 생체 내 생성되어 축적되는 활성산소와 그를 제거하는 항산화 방어계의 불균형으로 인해 초래되는 산화적 스트레스는 암, 염증, 심장병, 뇌질환, 면역체계 감소 및 노화 등의 여러 가지 산화적 질환 발병률을 증가시키고 있다[5]. 생체 내에서 활성산소가 과도하게 생성되거나 항산화 시스템의 기능이 저하되는 상황에서 세포는 이로 인해 유해작용을 받게 되어 산화적 스트레스(oxidative stress)를 일으킨다[37]. 특히 고콜레스테롤 상태에서는 산화적 스트레스를 촉진하여 생체 내 자유라디칼의 제거계인 항산화 방어계(antioxidative system)에 불균형을 가져오게 되어 심혈관계 질환을 유발하는데 중요한 병인으로 작용한다고 보고되었다[25, 28]. 고지방 식이는 체내 조직의 산화적 손상을 초래하고 세포 노

화 촉진 및 여러 가지 대사성 질환을 유발시킨다[33]. 인체는 항산화 방어계의 주된 역할을 담당하는 인자로 glutathione peroxidase (GSH-px) 및 catalase (CAT) 등의[30] 체내 산화방지 메커니즘을 가지고 있는데, 체내에 급격히 생겨나는 산화물에 대해서는 모두 방어를 할 수 없으므로 외부로부터 항산화 물질을 공급해야한다. 식품 중에 천연 항산화제로는 ascorbic acid 및 tocopherol, carotenoids, glutathione 등이 밝혀져 있다[27]. 최근에는 합성항산화제의 부작용으로 인해 인체에 무해하며 활성도가 뛰어난 항산화제를 천연식품으로부터 얻고자 하는 여러 연구가 수행되고 있다[10, 13].

우리나라 전역에 서식하고 있는 장미과(Rosaceae) 식물인 뽕딸기(*Duchesnea chrysantha*)는[14, 23]. 청혈, 해독, 소염, 항종양, 월경통 등의 치료에 널리 사용되어 왔다[18]. 뽕딸기잎의 약리성분으로는 tannin, polysaccharide 및 phenolic compound 등이 알려져 있으며, 종자에는 불포화지방산인 linoleic acid, 그리고 β -sisterol, flavonoid, saponin 등이 함유되어 있다고 보고되었다[17, 35]. 특히 뽕딸기잎을 수용성 및 에탄올로 추출 시에는 linoleic acid, β -sisterol 외에도 triacontanol, lupol, friendlin, β -amyrin, quercitrin 및 ducheside A, B가 존재하는데 이러한 성분들이 함유된 뽕딸기잎 추출물의 항산화 및 항균효과가 보고되어졌다[16-18]. 최근 뽕딸기잎에 대한 연구로 아토피 피부염, 항염증, 미백 등의 개선효과 또한 알려졌으며[14, 16], 위암 및 전립선암과 함께 여러 종류의 암에서 항암효과도 보고되어지고 있다[29]. 또한 선행연구로 뽕딸기잎을 용매별로 추출하여 *in vitro*로 항산화 활성을 검토하여

*Corresponding author

Tel : +82-55-751-8326, Fax : +82-55-751-8205

E-mail : jhappychoi@hanmail.net

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

뱀딸기풀의 뛰어난 생리활성을 보고하였다[35]. 그리하여 본 연구에서는 고지방·고콜레스테롤 식이로 유도된 흰쥐에 뱀딸기풀을 투여하여 *in vivo*로 항산화 활성을 혈액 및 간 조직을 이용하여 뱀딸기풀의 항산화 방어계 조절에 미치는 영향을 관찰하고자 하였다.

재료 및 방법

뱀딸기풀 파우더 제조

본 실험에서 사용한 뱀딸기풀은 충청남도 논산시에서 재배된 것을 사용하였다. 뱀딸기풀은 먼저 뱀딸기풀을 선별 및 세척한 후 -40°C에서 6-12시간 급속 동결 시킨 후, 10°C에서 8-12시간, 20°C에서 8-12시간, 35°C에서 12-24시간 진공 건조하였다. 건조된 뱀딸기풀을 분쇄기를 이용하여 60 mesh가 되게 분쇄하여 사용하였다.

실험동물 사육 및 식이

본 실험에 사용된 동물은 체중 130±10 g 내외의 Sprague-Dawley 종 수컷을 (주)바이오 제노믹스사(Bio genomics, Inc., Seoul, Korea)에서 구입하여 사용하였다. 실험식이 시작 전 일주일간 일반배합사료(Purina Co., Seoul, Korea)로 예비 사육한 후 평균체중이 유사하도록 난괴법(randomized complete block design)에 의해 대조군과 실험군으로 나눈 후 4주간 사육하였다. 실험 기간 중 식이는 4°C에서 보관하였다. 사육실의 온도는 22±2°C, 상대습도 50±10%를 유지하였다. 식이 groups은 정상군(N 군)과 1% 고지방·고콜레스테롤 식이 실험군으로 나눈 후 고지방·고콜레스테롤 실험군은 고지방·고콜레스테롤 대조군(HF 군), 고지방·고콜레스테롤식이+5% 뱀딸기풀 파우더 공급군(DA 군), 고지방·고콜레스테롤+10% 뱀딸기풀 파우더 공급군(DB 군)으로 총 4군으로 나누어 사육하였다. 식이구성은 Table 1과 같고 식이 및 식수는 자유 섭식하게 하였다. 본 동물실험은 한국국제대학교 동물실험 윤리위원회의 승인(NVRQS AEC12)을 거쳐 진행하였다.

혈액 및 장기의 채취

사육기간 완료 후 실험동물을 12시간 절식시키고 가벼운 ether 마취 하에서 복부대동맥으로부터 혈액을 채취한 후 즉시 간장을 적출하여 생리식염수로 헹군 후 가제로 수분을 제거하고 무게를 측정하였다. 간 조직은 실험에 사용하기 전까지 무게를 측정한 후 액체 질소로 급속 동결시켜 -80°C에 보관하였다.

분석 시료의 전처리

간장을 각 간엽에서 고르게 일정량을 취하여 Potter Elvehjem homogenizer를 사용하여 0.25 M sucrose/0.5 mM ethylene diamine teraacetic acid (EDTA)/5 mM N-2-hydrox-

Table 1. Diet compositions of experimental groups (g/kg diet)

Ingredient	Groups ¹⁾			
	N	HF	DA	DB
Corn starch	539	429	379	329
Casein	200	200	200	200
Sucrose	100	100	100	100
Cellulose	50	50	50	50
Mineral mixture ²⁾	35	35	35	35
Vitamin mixture ³⁾	10	10	10	10
DL-methionine	3	3	3	3
Choline chloride	3	3	3	3
Corn oil	60	60	60	60
Cholesterol	0	10	10	10
Lard	0	100	100	100
<i>Duchesnea chrysantha</i>	-	-	50	-
<i>Duchesnea chrysantha</i>	-	-	-	100
Total	1,000	1,000	1,000	1,000

¹⁾N: Normal diet.
²⁾HF: High-fat · High-cholesterol diet.
³⁾DA: High-fat · High-cholesterol diet+5% of *Duchesnea chrysantha*.
⁴⁾DB: High-fat · High-cholesterol diet+5% of *Duchesnea chrysantha*.
⁵⁾AIN mineral mixture (g/kg mixture).
⁶⁾AIN vitamin mixture (g/kg mixture).

yethyl-piperazine-N-2-ethane sulfonic acid (HEPES) 용액으로써 10%(w/v) 마쇄액을 만들었다. 마쇄액의 일부를 8,000×g에서 20분간 원심분리하여 그 상층 액을 과산화지질 정량에 사용하였고, 10,000×g 상층 액의 일부는 105,000×g에서 30분간 원심분리하여 얻은 cytosol은 GSH-px의 활성도를 측정하였다. 모든 실험 조건은 4°C를 유지하면서 행하였다.

GSH-px 및 catalase 활성 측정

GSH-px활성은 산화형 glutathione (GSSG)이 glutathione reductase와 NADPH에 의해 환원될 때 340 nm에서 NADPH의 흡광도가 감소하는 것을 이용한 Lawrence와 Burk [15]의 방법에 따라 측정하였다. 간조직의 CAT 활성은 Aebi 등[1]의 방법으로 측정하였다. 즉 50 mM potassium phosphate buffer (pH 7.0) 2.89 ml에 기질인 30 mM H₂O₂를 100 µl를 넣어 25°C에서 5분간 반응시켰다. 여기에 시료 10 µl를 가하여 3.0 ml가 되도록 하고 25°C, 240 nm에서 5분간 흡광도를 측정하였다. H₂O₂의 흡광도 변화와 H₂O₂의 몰흡광계수로 H₂O₂의 농도를 구하여 효소활성 도를 계산하였다.

Hydrogen peroxide (H₂O₂), Superoxide radical (O₂⁻) 함량 측정

간조직 중의 H₂O₂와 O₂⁻ 함량을 측정하기 위하여 1 g의 간 조직을 0.25 M sucrose 용액으로 균질화시킨 후 8,000×g에서 원심분리하여 mitochondria 분획을 얻은 후 다시 105,000

×g에서 원심분리하여 cytosol과 microsome 분획을 얻었다. H₂O₂ 생성량 측정은 Gay와 Gebicki [6] 방법에 따라 xylenol orange를 이용하여 560 nm에서 흡광도 증가로 측정하였다. O₂⁻ 함량 측정은 Azzi 등[2]의 방법에 준해 실시하였다.

Carbonyl 함량 측정

간조직의 microsome 및 mitochondria 중의 산화된 단백질의 함량은 Levine [22] 등의 방법에 따라 측정하였다. 0.1 ml의 시료에 trichloroacetic acid (TCA) 0.5 ml를 혼합한 후 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 얻어진 상층액을 제거한 뒤 잔사에 다시 10 mM dinitrophenylhydrazine (DNPH) 0.5 ml 가하여 15분마다 교반하면서 1시간 동안 실온에 방치한 후 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하였다. 이때 얻어진 상층액을 제거한 후 잔사에 ethanol/ethyl acetate (1:1, v/v) 3 ml를 첨가하여 실온에서 10분간 방치한 다음 다시 3,000 rpm에서 10분간 원심분리한 후 얻어진 잔사를 6 M guanidine [20 mM potassium phosphate buffer (pH 7.3)에 용해] 1.0 ml를 첨가하여 혼합한 후 37°C의 항온수조에서 15분간 가온 한 후 3,500 rpm에서 10분간 원심분리하여 상층액을 얻었다. 이때 carbonyl value의 양은 360 nm 흡광도의 파장에서 분자흡광계수(ε=22,000)를 이용하여 계산하였다.

Thiobarbituric acid reaction substance (TBARS) 정량

간 조직에서의 과산화지질 정량은 간조직의 마쇄액을 8,000 × g에서 처리하여 얻은 상층액과 TCA용액을 섞은 후, 실온에서 10분간 방치한 다음 0.05 M 황산으로 세척한 후 그 침전물과 thiobarbituric acid (TBA)와 반응하여 생성되는 malondialdehyde를 측정하는 Satho [32]법을 이용하였다.

단백질 정량

각 시료의 단백질량은 Lowry 등[24]의 방법으로 하였으며, bovin serum albumin을 표준물질로 사용하였다.

통계처리

모든 실험결과에 대한 통계처리는 각 실험군의 평균값의 차이를 검증하기 위해 분산분석(ANOVA 검증)을 수행하였으며 분산분석결과 유의성이 발견된 경우 Tukey's HSD test[36]에 의해 실험군 간의 유의도를 분석하였다.

결과 및 고찰

간조직중의 GSH-px 및 catalase 활성

Tocopherol과 함께 과산화물을 제거함으로써 세포막의 손실을 방어하는 selenium을 함유하는 대표적인 항산화 효소인 GSH-px의 활성을 관찰한 결과는 Fig. 1 (A)와 같다. 정상군(N군)에 비해 고지방·콜레스테롤 공급군(HF군)에서 유의하게 감소되었으나 뱀딸기폴 파우더를 5%, 10% 공급한 DA, DB군 모두에서 HF군에 비해 유의하게 증가되어졌다. 또 다른 항산화효소 중 하나로 과산화수소를 무독성의 물로 환원시킴으로써 과산화수소에 의한 세포의 손상을 방지하여 대사과정 중 발생하는 활성산소의 유리기의 제거한다고 알려져 있는[7] catalase의 활성변화는 Fig. 1 (B)와 같다. 정상군(N군)에 비해 고지방·고콜레스테롤 공급군(HF군)에서 모두 감소되었으나 뱀딸기폴 파우더를 공급한 모든 군에서 HF군에 비해 정상군 수준으로 유의하게 증가되었다. Kang 등[8]의 연구에서 폴리페놀과 더불어 여러 생리활성성분이 함유된 적송잎의 추출물은 고콜레스테롤 식이로 손상되어 감소되었던 GSH-px의 활성을 정상군 수준으로 회복시켜주었다고 보고하였다. 또한 Son 등[34]의 연구에서도 뱀딸기폴과 같이 약용식물로 쓰이는 갯기름나무 파우더가 고지방 및 고콜레스테롤 식이로 손상되었던 glutathione의 활성을 유의하게 증가시켰다. Park [28]의 연구에서 고지방식이에 오가피 추출물 파우더를 함께 공급한 군에서 간 조직의 GSH-px의 활성 및 catalase 활성을 유의하게 증가시킨 결과는 본 연구의 결과와도 유사한 결과를 나타내었다. 뱀딸기폴에는 이러한 약용식물들과 마찬가지로 여러 폴리페놀 들을 함유하고 있는 데[17, 35], 뱀딸기폴의 폴리페놀

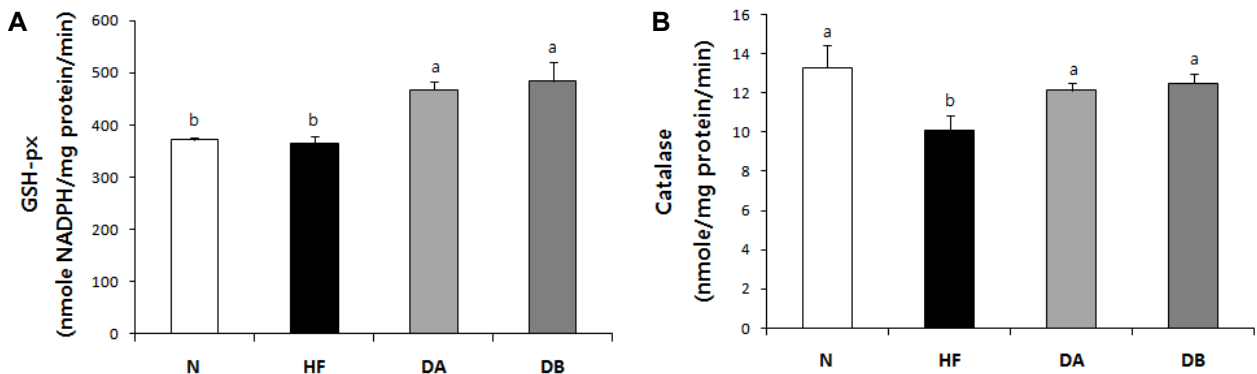


Fig. 1. Effects of *Duchesnea chrysantha* (DC) on hepatic glutathione peroxidase (GSH-px) (A) and catalase (B) activities in rats fed high fat and high cholesterol diets. Experimental conditions are same as Table 1. All values are the means ± SE (n=10). ^{a,b}Those with different superscript letters are significantly different at p<0.05 by Tukey's test.

성분들과 함께 여러 생리활성 성분들은 고지방·고콜레스테롤 식이로부터 손상되어진 항산화계 효소체계를 개선시키는 데 기여했으리라 사료되어진다.

간조직의 superoxide radical 함량

유해한 산소들은 DNA에도 손상을 주어 돌연변이를 일으키고, 종양이나 암의 원인이 될 수 있으며 세포 내 산화의 주원인인 oxygen free radical은 체내에 섭취되는 산소의 약 2-3% 정도가 원자배열에서 짝지어지지 않은 전자를 가진 free radical로 매우 불안정하다[11]. 특히 superoxide radical은 활성산소종 생성의 주요한 원인으로 조직이나 세포 등에 손상을 주어 세포막에 작용하여 지질과산화물을 생성하고 이로 인해 세포의 기능을 손상 시키는 것으로 알려져 있다[4]. 간 조직의 microsome 및 mitochondria에서 superoxide radical 함량을 측정 한 결과는 Table 2와 같다. Microsome에서는 정상군에 비해 HF군에서 유의적으로 증가되었으나 뱀딸기풀 파우더를 공급한 모든 군에서 정상군 수준으로 감소되었다. 간조직의 mitochondria에서는 정상군에 비해 HF군에서 유의적으로 증가되었으며 HF군에 비해 뱀딸기풀 파우더를 10%의 농도로 공급한 DB군에서 유의적으로 감소되어지는 것을 볼 수 있었다. Roh 등[31]의 연구에서 뱀딸기풀 추출물의 농도가 증가될수록 우수한 자유라디칼 소거능이 나타났다. 또한 선행연구에서 뱀딸기풀의 열수 및 에탄올 추출물은 DPPH 및 ABTS 라디칼의 소거능 측정에서도 농도의존적으로 높은 소거능을 나타내었다[35]. 뱀딸기풀에는 활성산소종을 효과적으로 제거할 수 있는 β-시스테롤, 플라보노이드, 사포닌 등이 함유되어 있는데[31], 이러한 생리활성 성분들이 함유된 뱀딸기풀이 여러 라디칼을 감소시킨 결과와 더불어 본 연구에서 측정 된 간 조직 내 증가되어진 superoxide radical의 생성 또한 억제시킬 수 있었을 것으로 사료된다.

간조직의 hydrogen peroxide (H₂O₂) 함량

산화적 스트레스에 의해 과도하게 생성된 H₂O₂는 단백질이나 DNA 등을 손상시킬 뿐만 아니라 과산화지질의 생성을 촉

Table 2. Effects of *Duchesnea chrysantha* (DC) on hepatic superoxide radical contents in rats fed high fat and high cholesterol diets

Groups ¹⁾	Superoxide radical (nmoles/mg protein/min)	
	Microsome	Mitochondria
N	6.215±0.32 ^{2b}	2.305±0.56 ^c
HF	9.059±0.55 ^a	4.332±0.75 ^a
DA	6.678±0.90 ^b	3.723±0.48 ^{ab}
DB	5.512±0.52 ^b	2.550±0.65 ^{bc}

¹⁾Groups are the same as in Table 1.

²⁾All values are the means ± SE (n=10).

^{a-c}Those with different superscript letters are significantly different at p<0.05 by Tukey's test.

진하는 것으로 알려져 있으며, apoptosis와 necrosis 같은 세포상해를 일으킨다[37]. 간조직의 cytosol에서 H₂O₂의 함량을 측정 한 결과는 Fig. 2와 같다. 정상군에 비해 고지방·고콜레스테롤 공급군에서 유의적으로 증가되어졌으나, 뱀딸기풀 파우더를 5%, 10%로 공급한 DA, DB군 모두에서 유의적인 감소를 나타내어 정상군 수준을 보였다. Kim 등[12]의 연구에서 뱀딸기풀과 같이 한약재로도 쓰이고 여러 생리활성 성분을 가진 울금 추출물 파우더는 고지방·고콜레스테롤 식이로 유도되어 간조직 내에 증가 된 H₂O₂의 함량을 정상군 수준으로 감소시켰다. Lee 등[21]의 연구에서 약용식물로 사용되는 당귀 뿌리의 용매분획물에는 높은 폴리페놀 함량이 측정 되었는데, 이러한 용매분획물은 H₂O₂ 소거활성에도 효과적으로 작용하였다. 본 연구자의 선행연구에서 뱀딸기풀 추출물 내에서도 또한 phenol 및 flavonoid 함량이 높게 측정되어졌는데[35], 이러한 물질은 고지방·고콜레스테롤 식이로 증가되어진 활성산소종, 특히 H₂O₂ 소거활성에 효과적으로 관여한 것으로 보인다.

간조직중의 carbonyl value

단백질의 산화는 활성산소종에 의해 쉽게 발생하게 되는데, 지질과 단백질은 생체막에 같이 존재하므로 주된 발생장소인 생체막에서 단백질이 활성산소에 의해 쉽게 공격받게된다. 이러한 간조직의 산화적손상의 지표로 삼고 있는 산화단백질의 생성지표인 carbonyl value 함량을 측정 한 결과는 Fig. 3과 같다. Mitochondria에서의 산화단백질 함량은 정상군에 비해 HF군에서 유의적으로 증가되었으나 뱀딸기풀 파우더를 5%와 10%로 공급한 두 군에서는 정상군 수준으로 감소되었다. 또한 microsome에서 측정 한 결과 또한 정상군에 비해 HF군에서 유의적으로 증가되어진 carbonyl value 함량이 뱀딸기풀 공급에 의해 유의적으로 감소되어졌다. Oh 등[26]의 연구에서 마우스에 flavonoid glycoside와 phenol 물질 등이 함유된 식

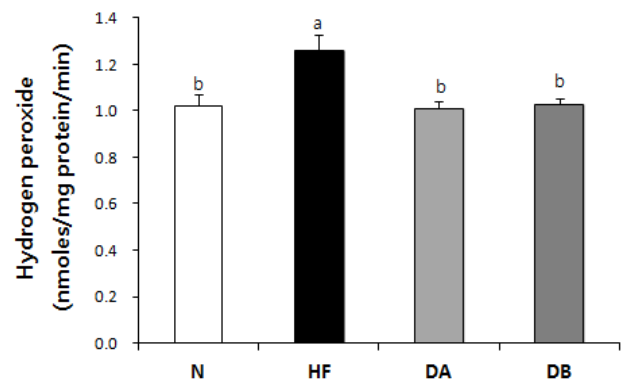


Fig. 2. Effects of *Duchesnea chrysantha* (DC) on hepatic hydrogen peroxide (H₂O₂) contents in rats fed high fat and high cholesterol diets. Experimental conditions are same as Table 1. All values are the means ± SE (n=10). ^{a,b}Those with different superscript letters are significantly different at p<0.05 by Tukey's test.

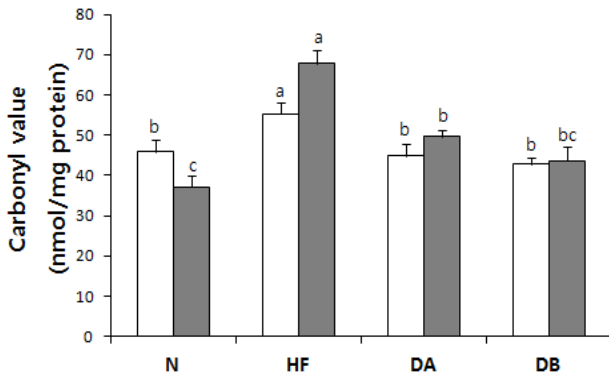


Fig. 3. Effects of *Duchesnea chrysantha* (DC) on hepatic carbonyl value in rats fed high fat and high cholesterol diets. Experimental conditions are same as Table 1. All values are the means \pm SE (n=10). ^{a-c}Those with different superscript letters are significantly different at $p < 0.05$ by Tukey's test.

물인 머위 파우더를 식이 무게의 20%로 공급한 결과, 간 및 심장조직에서 대조군에 비해 carbonyl value 함량이 감소되어졌다고 보고되어졌다. 또한 Lee 등[19]의 연구에서 부추 속 여러 flavonoide와 같은 생리활성 물질들은 마우스의 간조직의 carbonyl value 함량 감소에 효과적으로 작용하여, 2% 및 5% 부추파우더 공급으로 대조군에 비해 각각 76% 및 63%의 단백질산화 억제효과를 나타내었다고 보고하였다. 뱀딸기풀에도 또한 항산화력의 지표가 되는 phenol 및 flavonoid 물질 함량이 다량 함유되어 있다는 보고[35]와 같이 뱀딸기풀의 풍부한 항산화 성분들은 간조직 내 단백질 산화를 억제하고 조직의 산화를 억제시킨 것으로 보여진다.

간조직중의 과산화지질(TBARS) 함량

조직의 산화적 손상을 일으키는 지질의 과산화반응은 세포

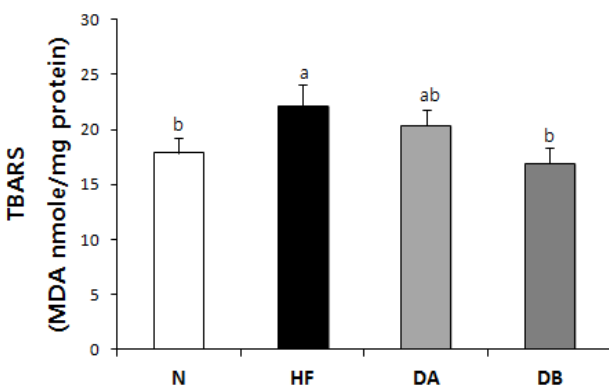


Fig. 4. Effects of *Duchesnea chrysantha* (DC) on thiobarbituric acid reaction substance (TBARS) values in rats fed high fat and high cholesterol diets. Experimental conditions are same as Table 1. All values are the means \pm SE (n=10). ^{a,b}Those with different superscript letters are significantly different at $p < 0.05$ by Tukey's test.

내 항산화적 방어기능이 약화되어 과도하게 증가되는 free radical 생성으로 인해 과산화지질의 함량의 증가가 일어난다. 또한 여러 독성화합물이나 약물 또는 질병 등에 의한 병태생리학적 현상이나 조직의 손상정도를 나타내는 가장 중요한 기전인 과산화지질의 함량을 간조직에서 관찰한 결과는 Fig. 4와 같다. 정상군에 비해 HF군에서 유의적으로 증가되어졌으나, 뱀딸기풀 파우더 공급으로 과산화지질의 함량이 감소되어졌다. 특히 10% 농도의 뱀딸기풀 파우더 공급은 정상군 수준까지 감소시켰다. Lee 등[20]의 연구에서 고지방 식이로 증가된 흰쥐의 간 조직내 과산화지질 함량을 복분자추출물을 함께 투여한 결과 대조군에 비해 17.7%정도의 유의적인 감소를 보였다. Park 등[28]의 연구에서 또한 고지방 식이로 인해 손상되어진 조직의 과산화를 오가피 추출물이 개선시켰으며, Kim 등[9]연구에서도 정상군 식이에 비해 고지방·고콜레스테롤 식이군에서 과산화지질 함량이 유의적으로 증가되어졌으나, 비파잎 에탄올 추출물의 고용량 투여로 유의하게 감소되어졌다. 이러한 약용식물들의 결과와 함께 뱀딸기풀 파우더 공급으로 간조직 내 과산화지질의 함량이 감소되어진 것은 식물 내 함유되어진 여러 생리활성 물질들이 체내에서 생성된 free radical에 의한 지질 과산화반응을 억제시켰기 때문으로 사료된다. 이로 미루어 뱀딸기풀은 체내 조직의 산화를 억제하는 항산화작용을 기여하는 것을 알 수 있었다.

감사의 글

본 논문은 2017학년도 한국국제대학교 교내연구비의 지원에 의하여 이루어진 것임.

References

1. Abei, H., Wyss, S. R., Scherz, B. and Skvaril, F. 1974. Heterogeneity of erythrocyte catalase II. isolation and characterization of normal and variant erythrocyte catalase and their subunits. *Eur. J. Biochem.* **48**, 137-145.
2. Azzi, A., Montecucco, C. and Richter, C. 1975. The use of acetylated ferricytochrome c for the detection of superoxide radicals produced in biological membrane. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* **65**, 597-603.
3. Balkan, J., Kanbagli, O., Hatipoglu, A., Kucuk, M., Cevikbas, U., Aykac-Toker, G. and Uysal, M. 2002. Improving effect of dietary taurine supplementation on the oxidative stress and lipid levels in the plasma, liver and aortic of rabbits fed on a high-cholesterol diet. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **66**, 1755-1758.
4. Bus, J. S., Aust, S. D. and Gibson, J. E. 1975. Lipid peroxidation a possible mechanism for paraquat toxicity. *Res. Common Chem. Pathol. Pharmacol.* **11**, 31-38.
5. Chung, C. K., Han, S. S., Lee, S. Y., Oh, D. H., Choi, S. Y., Kang, I. J. and Nam, S. M. 1999. Effects of *Houttyunia cordata* ethanol extracts on serum lipids and antioxidant en-

- zymes in rats fed high fat diet. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **28**, 205-211.
6. Gay, C. and Gebicki, J. M. 2000. A critical evaluation of the effect of sorbitol on the ferric-xylenol orange hydroperoxide assay. *Anal. Biochem.* **284**, 217-220.
 7. Johansson, L. H. and Borg, L. A. 1988. A spectrophotometric method for determination of catalase activity in small tissue sample. *Anal. Biochem.* **174**, 331-336.
 8. Kang, S. R., Shin, M. O., Kim, S. G., Lee, S. H. and Kim, M. H. 2009. Antioxidative activity of pine (*Pinus densiflora*) needle extracts in rats fed high-cholesterol diet. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **38**, 423-429.
 9. Kim, A. R., Hwang, Y. G., Lee, J. J., Jung, H. O. and Lee, M. Y. 2011. Effects of *Eriobotrya japonica* Lindl. (Loquat) leaf ethanol extract on cholesterol and antioxidative activity in rats fed a high-fat/high-cholesterol diet. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **40**, 673-681.
 10. Kim, E. Y., Baik, I. H., Kim, J. H., Kim, S. R. and Rhyu, M. R. 2004. Screening of the antioxidant activity of some medicinal plants. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **26**, 333-338.
 11. Kim, J. G., Park, S. D. and Park, W. H. 2006. Influence of panaxoto ginseng on the atherosclerosis induced by high-cholesterol fed in rats. *Kor. J. Orient. Physiol. Pathol.* **20**, 1187-1195.
 12. Kim, M. S., Chun, S. S. and Choi, J. H. 2013. Effects of turmeric (*Curcuma longa* L.) on antioxidative systems and oxidative damage in rats fed a high fat and cholesterol diet. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **42**, 570-576.
 13. Kim, S. Y., Kim, J. H., Ki, S. K., Oh, J. and Jung, M. Y. 1994. Anti oxidant activity of selected oriental herb extracts. *J. Am. Oil. Chem. Soc.* **71**, 633-640.
 14. Kim, Y. K., Kim, J. S., Yoon, S. H., Ryu, K. W. and Ryu, B. H. 2005. Effects of *Duchesnea indica* on several kinds of cancer cells. *Kor. J. Oriental Int. Med.* **26**, 320-332.
 15. Lawrence, R. A. and Burk, R. F. 1976. Glutathione peroxidase activity in selenium-deficient rat liver. *Biochem. Biophys. Res. Common.* **71**, 952-958.
 16. Lee, D. J., Jeon, I. H., Kim, H. S., Cho, I. Y. and Jang, S. I. 2012. Antioxidative and anti-inflammatory effect of ethanol extract from *Duchesnea chrysantha*. *Kor. J. Orient. Physiol. Pathol.* **26**, 59-66.
 17. Lee, I. R. and Kim, Y. H. 1986. Studies on the antitumor activity of *Duchesnea indicae herba*. *Arch. Pharm. Res.* **9**, 1-4.
 18. Lee, I. R., Lee, E. B., Lee, S. H. and Lee, J. Y. 1984. Biologically active components of *Duchesnea indicae herba*. *Kor. J. Pharmacogn.* **15**, 85-90.
 19. Lee, M. J., Ryu, B. M., Lee, Y. S. and Moon, G. S. 2002. Effect of long term buchu (*Chinese chives*) diet on antioxidative system of ICR Mice. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **31**, 834-839.
 20. Lee, S. J., Song, Y., Chung, M. S., Jang, S. H. and Won, C. K., Song, Y. M. and Cho, J. H. 2015. Antioxidant activity and hepatic lipids improvement effects of *Rubus coreanus* in high-fat diet-fed rats. *Kor. J. Vet. Serv.* **38**, 117-125.
 21. Lee, S. Y., Seo, Y. B. and Woo, W. H. 2011. Evaluation of antioxidant activity of solvent fractions of *Angelica gigas* root using TOSC Assay. *J. Kor. Oriental. Med.* **32**, 141-150.
 22. Levin, R. L., Garland, D., Oliver, C. N., Amici, A., Climent, I., Lenz, A. G., Ahn, B. W., Shaltiel, S. and Stadtman, E. R. 1990. Determination of carbonyl content in oxidatively modified proteins. *Methods Enzymol.* **186**, 464-478.
 23. Lim, J. H., Kim, J. S., Yoon, S. H., Ryu, K. W. and Ryu, B. H. 2005. Effects of *Duchesnea indica* on human stomach cancer cells (KATOIII). *Kor. J. Oriental Int. Med.* **26**, 302-309.
 24. Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L. and Randall, R. J. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biolchem.* **193**, 265-275.
 25. Naito, M., Wu, X., Nomura, H., Kodama, M., Kato, Y. and Osawa, T. 2002. The protective effects of tetrahydrocurcumin on oxidative stress in cholesterol-fed rabbits. *J. Atheroscler. Thromb.* **9**, 243-250.
 26. Oh, S. H., Yang, Y. H., Kwon, O. Y. and Kim, M. R. 2006. Effects of diet with added butterbur (*Petasites japonicus* Maxim) on the plasma lipid profiles and antioxidant index of mice. *J. East Asian Soc. Dietary Life.* **16**, 399-407.
 27. Osborn-Barnes, H. T. and Akoh, C. C. 2003. Effect of α -tocopherol, β -carotene and isoflavones on lipid oxidation of structured lipid-based emulsions. *J. Agric. Food Chem.* **51**, 6856-6860.
 28. Park, Y. S. 2010. Antioxidant effects and improvement of lipid metabolism of *Acanthopanax cortex* water extract in rats fed high fat diet. *J. East Asian Soc. Dietary Life.* **20**, 37-45.
 29. Peng, B., Chang, Q. and Wang, L. 2008. Suppression of human ovarian SKOV-3 cancer cell growth by *Duchesnea* phenolic fraction is associated with cell cycle arrest and apoptosis. *Gynecol. Oncol.* **108**, 173-181.
 30. Rhee, S. J., Ahn, J. M., Ku, K. H. and Choi, J. H. 2005. Effects of radish leaves powder on hepatic antioxidative system in rats fed high-cholesterol diet. *Food Sci. Biotechnol.* **34**, 1157-1163.
 31. Roh, E. J., Park, S. H., Hwang, S. M., Ro, H. S. and Kim, B. K. 2010. Antioxidative activity and antiaging effects of *Duchesnea indica* (Andr.) focke extract. *J. Kor. Oil. Chem. Soc.* **27**, 539-544.
 32. Satho, K. 1978. Serum lipid peroxide in cerebrovascular disorders determined by a new metric method. *Clin. Chem. Acta.* **90**, 37-43.
 33. Shepherd, J., Packard, C. J., Grundy, S. M., Yeshumin, P., Gotto, A. M. and Taunton, O. D. 1980. Effect of saturated and polyunsaturated fat diet in the chemical composition and metabolism of low density lipoprotein in man. *J. Lipid Res.* **21**, 91-99.
 34. Son, H. K., Kang, S. T. and Lee, J. J. 2014. Effects of *Peucedanum japonicum* Thunb. on lipid metabolism and antioxidative activities in rats fed a high-fat/high-cholesterol diet. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **43**, 641-649.
 35. Song, W. Y., Chun, S. S., Kang, S. K. and Choi, J. H. 2017. Anti-oxidative activities of water and ethanol extracts from *Duchesnea chrysantha*. *J. Agric. Life Sci.* **51**, 171-185.
 36. Sreel, R. G. D. and Torrie, J. H. 1990. Principles and procedures of statistics. McGraw Hill, New York, NY, USA.
 37. Wisemen, H. 1996. Dietary influences on membrane func-

tion: important in protection against oxidative damage and disease. *Nutr. Biochem.* 7, 2-6.

38. Yokozawa, T., Nakagawa, T. and Kitani, K. 2002. Antioxi-

dative activity of green tea polyphenol in cholesterol-fed rats. *J. Agric. Food Chem.* 50, 3549-3552.

초록 : 뱀딸기폴의 항산화 활성 및 고지방·고콜레스테롤 식이 흰쥐의 항산화 방어계 조절에 미치는 영향

송원영 · 최정화*

(한국국제대학교 영양식품학과)

본 연구에서는 고지방·고콜레스테롤 식이 흰쥐에서 뱀딸기폴 파우더가 간조직의 항산화작용에 미치는 영향을 관찰하였다. 실험군을 4군으로 나누어 정상 식이군(N 군), 고지방·고콜레스테롤 식이군(HF 군), 고지방·고콜레스테롤 식이에 뱀딸기폴 파우더를 5% 첨가한 군(DA 군), 고지방·고콜레스테롤 식이에 뱀딸기폴 파우더를 10% 첨가한 군(DB 군)으로 나누었다. 식이 및 식수는 자유섭취하게 하였으며 4주간 사육한 후 희생시켰다. 간 조직 중의 항산화 효소계인 GSH-px 및 catalase 활성은 정상군(N 군)에 비해 HF 군에서는 유의적으로 감소되었으나 HF 군에 비해 뱀딸기폴 파우더 공급군(DA 및 DB 군)에서는 유의적으로 증가되었다. 유리기를 소거하는 지표인 간조직의 superoxide radical 함량을 microsomal에서 측정된 결과 정상군에 비해 HF 군에서 유의적인 증가를 나타내었으나 뱀딸기폴 공급으로 유의하게 감소되었다. 또한 mitochondria에서는 HF 군에 비해 DB 군에서 정상군 수준으로 감소되어졌다. 간조직의 cytosol에서 H₂O₂의 함량에서는 DA 및 DB 군 모두에서 유의적인 감소로 정상군 수준을 나타내었다. 간조직의 microsomal 및 mitochondria에서의 산화단백질 함량은 정상군에 비해 HF 군에서 유의적으로 증가 되었으나 뱀딸기폴 파우더의 공급으로 유의적으로 감소하였다. 과산화지질의 함량을 간조직에서 관찰 한 결과, 정상군에 비해 HF 군에서 유의적으로 증가하였고, 또한 고지방·고콜레스테롤 식이로 인해 증가된 과산화지질은 뱀딸기폴 파우더를 공급한 군에서 감소를 나타내었으며, 특히 10% 공급한 군에서 유의한 결과를 나타내었다. 이러한 결과로 미루어 뱀딸기폴에 함유된 여러 항산화성분들은 효과적으로 활성산소종을 소거하여 고지방·고콜레스테롤 식이로 인해 유발된 산화적 손상을 효과적으로 완화시켰을 것이라 사료되어진다.