

마라소스 주원료인 고추 및 산초 에탄올추출물의 항산화 및 항비만 효과

공연희[†] · 최금부 · 김태석 · 여익현

(주)풀무원홀딩스

Anti-oxidant and Anti-obesity Effects of Red Pepper and *Zanthoxylum schinifolium* Ethanol Extract, Main Ingredient of Mara Source

Yeon-Hee Kong[†], Kum-Boo Choi, Tae-Seok Kim, and Ik-Hyun Yeo

Pulmuone Holdings Co., Ltd, Seoul 120-600, Korea

ABSTRACT This study was performed to investigate anti-oxidant of red pepper and *Zanthoxylum schinifolium* ethanol extract, main ingredient of mara source. Anti-obesity effects of red pepper and *Zanthoxylum schinifolium* ethanol extract were investigated with mice fed high fat diet for 8 weeks. Sixty mice were classified to 6 groups of ND (normal diet), HFD (high fat diet), RP (high fat diet+red pepper (0.1 g/60 kg)), CP (high fat diet+Chinese pepper (0.1 g/60 kg)), RCP (high fat diet+red pepper : Chinese pepper=1:1 (0.1 g/60 kg)), HCA (high fat diet+HCA (0.1 g/60 kg)) experiments. This research showed that final weight, weight gain, food efficiency ratio, and liver weight were decreased by the addition of red pepper and *Zanthoxylum schinifolium* ethanol extract comparing to those of HFD group. The plasma triglyceride and LDL cholesterol concentration of red pepper ethanol extract and *Zanthoxylum schinifolium* ethanol extract group was lower than that of high fat diet group. HDL-cholesterol concentration of red pepper ethanol extract and *Zanthoxylum schinifolium* ethanol extract group was higher than those of high fat diet group. These results suggested that red pepper and *Zanthoxylum schinifolium* ethanol extract might be useful for obesity control and good source of functional materials.

Key words: red pepper, *Zanthoxylum schinifolium*, anti-oxidant, anti-obesity

서 론

오늘날 사회 경제적 수준의 향상과 함께 식생활과 생활양식이 변함에 따라 비만인구의 비율이 점차 증가되고 있다. 비만은 유전적, 환경적, 사회적 요인 등 다양한 원인들이 관여하는 복합적 증후군으로, 과도한 에너지 섭취 후 체내 대사활동으로 소비되고 남은 것이 지방조직에 중성지방으로 축적되어 발생된다(1,2). 비만은 2차적으로 여러 퇴행성 질환의 유발과 깊은 관련이 있어 최근 커다란 건강문제로 대두되었다(3-7).

이러한 비만을 해결하기 위하여 비만 치료제의 개발과 연구는 계속되고 있지만 인공적으로 합성된 항비만 약물들은 대부분 부작용을 가지고 있으며 아직까지 부작용이 없는 완전한 치료제는 시판되지 않고 있다(8-10). 최근 안정적인 천연물질로부터 체중조절에 효과적인 기능성 소재들을 찾아내고 이들의 작용 기전을 밝히는 연구들이 활발하게 진행되고 있다(11,12). Hur와 Hwang(4)은 밀크씨슬 또는 영경퀴라고 불리는 국화과 식물의 주요 활성성분인 실리비논 고

지방 유도 흰쥐에 투여 시 체중 저하 및 혈당 강하 효과를 확인하였고, Lee 등(5)은 용아초 에틸아세테이트 추출물의 3T3-L1 지방 전구세포를 이용하여 항비만 효과를 확인하였다. 하지만 국내뿐만 아니라 국외, 특히 중국에서도 항비만 효과를 지닌 천연소재 연구 및 천연 향신료에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 이들 중 특히 중국 4대 지방요리 중 사천요리는 매운 맛으로 유명한데, 사천지역에서 대중적으로 사용되고 있는 향신료인 마라소스는 주원료가 고추와 산초로 이루어져 매운맛을 내며 항비만 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 마라소스의 주원료인 고추는 가지과 식물(Solanaceae plant)에 속하는 것으로 vitamin C와 carotenoid 함량이 높고, 매운 맛 성분인 capsaicinoids가 함유되어 있다. 매운맛 성분인 capsaicinoids는 식욕촉진, 혈관 확장 및 수축, 타액 분비 촉진, 위산 분비 항진 등의 생리효과 및 항산화 활성, 면역세포의 활성조절 작용, 암세포 증식 억제, 에너지 대사 증진 등의 여러 가지 기능을 가진다(13,14). Capsaicin은 중추 신경계에 작용하여 식욕을 조절하는 작용을 하고 백색지방 세포의 생성을 억제하며, 혈중 지방농도를 감소시키는 효과를 나타내고 lipoprotein lipase의 활성을 증가시켜 체지방의 양을 감소시킴으로써 항비만 효과를 나타내는 것으로 알려지고 있다(15).

Received 13 June 2013; Accepted 26 July 2013

[†]Corresponding author.

E-mail: yhkong@pulmuone.co.kr, Phone: 82-2-3277-8563

산초는 한국을 비롯하여 중국, 일본 등 동북아시아 지역의 산야에 널리 자생하고 있는 운향과의 산초나무(*Zanthoxylum*)에 속하는 낙엽관목으로 4월에 꽃이 피어 열매가 성숙되며 삭과는 녹색이고 길이는 4 mm 정도이며 흑색 종자가 들어있다. 이 종자 속에는 정유 성분과 유지가 함유되어 있어서 동북아시아에서는 오래된 전통 향신료 및 제용용으로 널리 사용되어 왔다. 중국 산초종인 산초(*Zanthoxylum bungeanum* maxim)는 운향과(Rutaceae)의 Citrus 속, *Zanthoxylum*종으로 낙엽관목으로 방향성 식물자원으로 산야에 자생하며, 그늘진 곳에서 잘 자라고 추위에도 잘 견디나 뿌리는 깊게 내리지 않는다(16). 산초는 중국에서 향신료로 많이 사용되며 일본에서도 산초 가루라하여 “산초 양념”을 개발하여 미국, 유럽, 호주 및 캐나다 등의 고급 호텔용으로 수출하기도 한다. 산초나무의 잎과 열매는 생선의 비린내를 제거하거나 식욕을 돋구는 향신료로, 한방에서는 신진대사 항진, 식욕증진, 중풍예방 등의 약효가 있는 것으로 알려져 있다(17-19). Mun(20)은 산초 및 그 활성성분이 사염화탄소를 투여한 마우스에 있어서 지질과산화 및 간손상 억제에 미치는 영향에 대하여 보고한바 있다. 본 연구에서는 중국 사천지역에서 상용되고 있는 마라소스의 주원료인 고추와 산초 에탄올추출물의 항산화 및 항비만 효과를 확인하고자 고추와 산초 에탄올추출물을 DPPH radical 소거능과 SOD 유사활성을 측정하여 항산화 효과 및 마우스에 실험 물질 경구투여 후 체중, 피하지방, 복부지방, 혈중 지질농도 등을 측정하여 항비만 효과를 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

실험 재료 및 추출물의 제조

본 실험에 사용된 고추와 산초는 중국 사천지역에서 재배된 고추와 산초로 건조된 원료를 구매 후, 재료는 저온실(5°C)에 보관하여 실험시료로 사용하였다. 고추, 산초 50 g을 분쇄기로 마쇄 후 여과하여, 1 L 추출용 플라스크에 10배의 100% 에탄올을 가하여 40°C 2시간 동안 sonicator (Qsonica Inc, New York, NY, USA) 추출 후, Whatman filter paper No.2(Whatman, Piscataway, NJ, USA)로 여과하였으며, 이러한 추출과정을 2회 더 진행하여 총 3회에 걸쳐 추출하였다. 추출한 여액을 감압농축기(rotary vacuum evaporator N-N series, Eyela, Tokyo, Japan)를 이용하여 60°C에서 감압 농축한 다음 농축액을 실험용 시료로 사용하였다. 실험용 시료는 5°C 저온실에서 보관하여 사용하였다. HCA(hydroxyl citric acid, 대덕약업(주), 서울, 한국)는 가르시니아 캄보지아 껍질 추출물로 대덕약업(주)에서 구입 후, 증류수에 녹여 positive control로 사용하였다.

항산화효과

DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)법에 의한 전자공여능 측정: 본 연구에 사용한 고추, 산초 에탄올 추출물

의 전자 공여능은 Blois(21)의 방법을 변형하여 측정하였다. 각 시료 1 mL에 100 mM DPPH 1.0 mL를 넣고 교반한 후 30분 동안 방치한 다음 517 nm에서 흡광도를 측정하였다.

$$\text{전자 공여능} = 100 - \frac{\text{시료 첨가군의 흡광도}}{\text{무첨가군의 흡광도}} \times 100$$

SOD 유사활성(superoxide dismutase-like activity):

SOD 유사활성은 과산화수소(H₂O₂)로 전환시키는 반응을 촉매하는 pyrogallol의 생성량을 측정하여 SOD 유사활성으로 나타내었다. 시료 용액 2 mL에 Tris-HCl의 완충용액(50 mM tris+ 10 mM EDTA, pH 8.5) 3.0 mL와 7.2 mM pyrogallol 0.2 mL를 가하여 25°C에서 10분간 반응시킨 후, 1 N HCl 0.1 mL를 가하여 반응을 정지시키고 반응액 중 산화된 pyrogallol의 양을 420 nm에서 측정하였다. SOD 유사활성은 시료 용액의 첨가군과 무첨가군의 흡광도 감소를 %로 나타내었다.

실험동물 및 식이

실험동물은 5주령의 C57BL/6계 수컷(Duyul biotech., Seoul, Korea) 60마리를 구입 후 일주일간의 적응 기간을 거친 다음, 대조군(normal diet, ND)을 제외한 모든 실험군에 고지방식이료를 조제하여 공급하고 고지방식이료를 4주 동안 섭취시켜 비만을 유도하였다. 식이는 Table 1에 나타내었고 고지방 식이를 자유롭게 섭취하도록 하였으며, 식이구성은 지방 20%로 구성하였고 일반식은 AIN-76 정제 식이를 기준으로 한 고형배합사료를 사용하여 자유롭게 섭취하도록 하였다. 4주 후 난괴법에 의거하여 대조군을 제외한 고지방식이군(high fat diet, HFD)을 총 5군의 실험군으로 분류하여, 고추, 산초, 고추와 산초를 1:1 비율로 혼합, HCA를 0.1 g/60 kg으로 8주 동안 경구투여 하였다(Table 2).

실험동물의 처리 및 시료 수집

흰쥐는 희생 전 24시간 절식시킨 후 에테르로 마취시킨 후 개복하였다. 헤파린으로 처리한 멸균주사기를 이용하여 심장에서 약 1 mL 정도의 혈액을 채취하였고 간, 복부지방,

Table 1. Composition of normal diets and high fat diets (g/100 g diet)

	Normal diet ¹⁾	High fat diet (HFD) ²⁾
Casein	20	20
Sucrose	40	40
Corn starch	25	10
Corn oil	5	20
Cellulose	5	5
DL-methionin	0.5	0.5
AIN-mineral mixture	3.5	3.5
AIN-vitamin mixture	1	1
Total	100	100

¹⁾Normal diet is based on AIN-76 diet.

²⁾Contains 20% corn oil in normal diet.

Table 2. Composition of experimental diet

Groups	Diet	(g/100 g diet)
ND	Normal diet	
HFD	High fat diet	
RP	High fat diet+red pepper (0.1 g/60 kg)	
CP	High fat diet+Chinese pepper (0.1 g/60 kg)	
HCA	High fat diet+hydroxyl citric acid (0.1 g/60 kg)	
RCP	High fat diet+red pepper : Chinese pepper=1:1 (0.1 g/60 kg)	

비장, 신장 등의 장기를 적출하여 0.9% 생리식염수로 세척한 다음 여과지로 수분을 완전히 제거하여 중량을 측정하였고 모든 시료는 -70°C 에 보관하면서 시료로 사용하였다.

체중, 식이섭취량 및 복부지방 측정

체중 및 식이섭취량은 8주 동안 1주 간격으로 체중계(CAS, Seoul, Korea)를 이용하여 일정시간에 측정하였고, 복부지방은 8주 후 복부지방을 전산화단층촬영(computerized tomography(CT), GE healthcare, Livingston, NJ, USA)과 개복하여 복부 장기에 있는 지방 함량의 무게를 측정하였다. 복부지방 전산화단층촬영은 C57BL/6계 마우스에게 ketamine(유한양행(주), 서울, 한국)과 Rompun®(Bayer Korea, Seoul, Korea)을 1:1로 혼합하여 제조한 마취약을 0.8 mL/kg의 농도로 근육 주사하여 전신 마취하였고, 촬영 시 같은 자세를 유지시키기 위해 안전 고정장치에 대상 마우스를 고정하였다. 촬영은 전산화단층촬영 장치를 이용하였다. 2 mm 두께, 3 mm 간격과 pitch 1.5, 120 kVp, 150 mAs의 조건으로 scan하였다.

혈장 지질 분석

총콜레스테롤 함량은 효소법에 의한 정량용 kit 시약(AM 202-K, 아산제약(주), 서울, 한국)을 사용하여 측정하였고 총 중성지질은 정량용 kit 시약(AM 157S-K, 아산제약(주))을 사용하였다.

통계처리

실험결과는 평균±표준편차로 나타내었고 각 군 간의 유의성은 one-way ANOVA로 검증한 후 $P < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

결과 및 고찰

전자공여 작용

활성산소는 우리가 호흡하는 산소와는 다르게 불안정한 상태에 있는 산소로서 유해산소라고도 하며, 환경오염과 화학물질, 자외선, 혈액순환장애, 스트레스 등으로 산소가 과잉 생산된 것이다. 이렇게 과잉 생산된 활성산소는 사람의 몸속에서 산화작용을 일으킨다. 그 결과 세포막과 DNA,

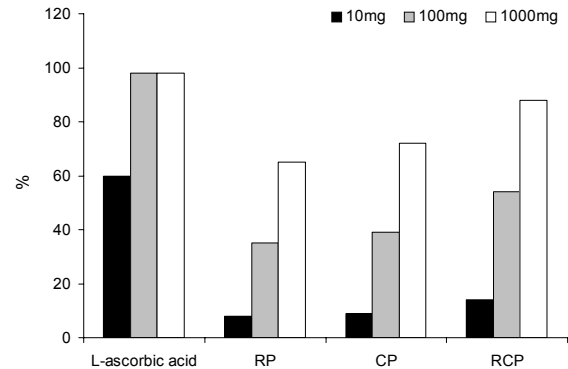


Fig. 1. Electron donating ability of red pepper and Chinese pepper extracts. RP, red pepper; CP, Chinese pepper; RCP, red pepper : Chinese pepper=1:1.

RNA 외의 모든 세포 구조가 손상당하고 손상의 범위에 따라 세포가 기능을 잃거나 변질된다. 이와 함께 몸속의 여러 아미노산을 산화시켜 단백질의 기능저하를 가져온다. 그리고 핵산을 손상시켜 핵산염기의 변형과 유리, 결합의 절단, 당의 산화 분해 등을 일으켜 돌연변이나 암, 노화 및 각종 질병의 원인이 되기도 한다. 화학적으로 안정성 있는 DPPH는 여러 종의 항산화 성분이 내재된 추출물, 음료와 과일, 순수 페놀화합물 등의 항산화 효과를 분석할 수 있다. DPPH radical 소거능 측정은 항산화활성 물질의 항산화능 측정에 널리 사용되고 있으며, 유리기에 전자를 공여하여 유리기를 전자적으로 안정하게 만들어, 항산화 활성이 있는 물질과 만나면 radical이 소거되며 이때의 DPPH 고유의 청남색이 없어지는 특성이 있고 이 색차를 비색 정량하여 측정한다(22-24). Fig. 1은 고추와 산초 에탄올 추출물의 농도별 전자공여능을 나타낸 것으로 L-ascorbic acid를 표준물질로 하여 활성을 비교한 결과이다. 모든 추출물에서 농도가 증가함에 따라 활성이 증가하였고, 가장 좋은 활성을 나타낸 것은 산초와 고추 혼합물로 1,000 mg에서 DPPH radical 소거능이 90%를 나타내어, 고추 단독군 65%, 산초 단독군 70%에 비해 우수한 활성을 나타냄을 확인하였다. 이는 Park 등(25)의 고추 capsaicin의 항산화 작용에 대한 연구, Lee 등(26) 및 Lee 등(27)의 HepG2 세포에서 capsaicin이 활성산소종에 미치는 영향에 대하여 보고한 고추의 항산화능에 대한 연구 결과, Mun 등(19)의 산초 추출물의 항산화 효과에 관한 연구 결과를 볼 때 고추와 산초의 항산화능이 우수하여 혼합 시 free radical 소거능이 증가함을 확인하였다.

Superoxide dismutase(SOD) 유사활성

SOD는 산패로 인하여 형성된 세포에 해로운 환원산소종을 과산화수소로 전환시키는 반응($2\text{O}_2^- + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2 + \text{O}_2$)을 촉매하고 catalase는 SOD에 의해 생성된 H_2O_2 를 무해한 물 분자와 산소 분자로 전환시키는 역할을 하는 효소이다. 이번 실험에서는 생체 내의 항산화 방어기구 중 효소적 방어 체계의 하나로서 superoxide radical을 환원시켜서 산소독

Table 3. Changes in body weight, food intake and food efficiency ratio (FER) of mice fed experimental diets for 8 weeks

Groups ¹⁾	Initial weight (g)	Final weight (g)	Weight gain (g/day)	Food intake (g/day)	FER
ND	23.3±0.91 ^{2)ns}	27.2±0.71 ^{bc}	3.9±1.01 ^c	3.77±0.07 ^{ns}	0.82±1.01 ^b
HFD	25.3±1.02	42.5±0.34 ^a	17.2±1.98 ^a	3.67±0.06	3.65±0.98 ^a
RP	24.8±1.12	30.2±0.89 ^b	5.4±0.89 ^b	3.71±0.08	1.14±0.89 ^b
CP	23.9±0.67	30.7±1.19 ^b	6.8±1.59 ^b	3.8±0.05	1.43±1.59 ^a
HCA	24.8±0.78	29.7±1.56 ^b	4.9±1.34 ^b	3.7±0.08	1.03±1.34 ^a
RCP	23.7±1.23	28.4±0.52 ^{bc}	4.7±0.99 ^b	3.69±0.09	0.97±0.99 ^a

¹⁾Groups: See Table 2.

²⁾Values are means±SD (n=10).

ns: not significant. ^{a-c}Means with the different letters in the same column are significantly different ($P<0.05$).

FER=weight gain/ amount of food intake.

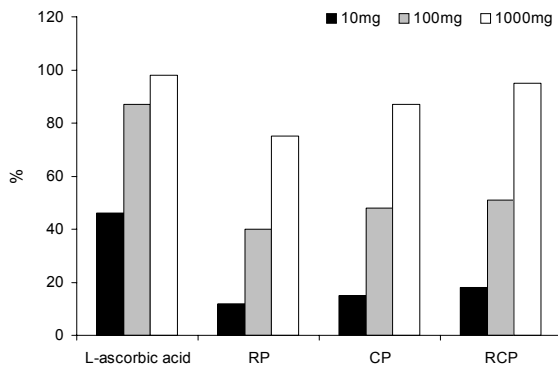


Fig. 2. SOD-like activity of red pepper and Chinese pepper extracts. RP, red pepper; CP, Chinese pepper; RCP, red pepper : Chinese pepper=1:1.

으로부터 생체를 보호하는 superoxide radical 소거활성을 pyrogallol 자동 산화로 생성되는 superoxide anion radical 소거 여부로 확인하였다. 고추 및 산초 추출물의 SOD 유사활성 측정 결과는 Fig. 2와 같다. 모든 실험군에서 농도의존적으로 SOD 유사활성이 증가하여 고추와 산초 혼합군의 SOD 유사활성이 10 mg, 100 mg, 1,000 mg에서 18%, 51%, 90%로 고추 단독군 10%, 38%, 75%, 산초 단독군 15%, 48%, 82%에 비해 SOD 유사활성이 가장 높은 활성을 나타남을 확인하였다.

체중 및 식이효율의 변화

각 군의 체중 변화량 및 식이효율은 Table 3에 나타내었다. 각 군간 체중증가는 실험 전 마우스의 평균체중이 23 g, 사육 8주 후의 평균체중은 고지방군이 43 g으로 가장 높았고, 정상대조군 27 g, 고추군 30 g, 산초군 31 g, 고추와 산초복합군 28 g, HCA군 30 g으로 나타났다($P<0.05$). 실험군에서 고지방군에 비해 고추군, 산초군, 고추와 산초복합군의 체중증가량이 감소하였고, 고추와 산초복합군은 positive control인 HCA군에 비해 2% 정도 체중을 감소시켰다. 고추와 산초복합군의 체중 감량 효과는 고추의 매운맛을 결정하는 캡사이신 성분에 의한 것으로 캡사이신은 체중 감소나 중성지방 저하 등의 효과가 보고되어 있으며(28), 산초 또한, 활성성분이 혈청 중성지방 및 콜레스테롤을 억제한다는 보고가 있다(29). 각 군간 식이섭취량은 유의한 차이가

Table 4. Organ weights of mice fed experimental diets for 8 weeks (g)

Groups ¹⁾	Liver	Spleen	Kidney	Abdominal fat
ND	1.09±0.89 ^{b2)}	0.45±0.06 ^{ns}	0.88±0.13 ^{ns}	0.36±0.17 ^c
HFD	1.72±0.67 ^a	0.46±0.17	0.89±0.21	3.77±0.34 ^a
RP	1.1±0.98 ^b	0.45±0.28	0.87±0.05	0.88±0.65 ^b
CP	1.1±0.87 ^b	0.44±0.07	0.88±0.11	0.9±0.32 ^b
HCA	1.0±0.13 ^b	0.43±0.13	0.88±0.08	0.97±0.42 ^b
RCP	1.08±1.02 ^b	0.44±0.02	0.87±0.12	0.76±0.52 ^b

¹⁾See Table 2.

²⁾Values are means±SD (n=10).

^{a-c}Means with the different letters in the same column are significantly different ($P<0.05$).

ns: not significant.

없었으나, 식이효율은 정상대조군 0.82, 고지방군 3.65, 고추군 및 산초군, HCA군, 고추와 산초복합군의 식이효율이 각각 1.14, 1.43, 1.03, 0.97로 나타나 체중 감소가 증가할수록 식이효율이 유의적으로 감소하였다.

장기무게 및 복부지방 함량의 변화

각 군의 장기무게 측정결과 고지방식은 간을 제외하고는 신장 및 비장의 무게에 영향을 미치지 못하였다(Table 4). 따라서 고지방식에 의한 지방축적이 많은 장기는 간으로 관찰되었는데, 정상대조군보다 고지방군 간무게는 58% 증가하여 유의적인 차이를 보였다($P<0.05$). 고추군과 산초군의 간무게는 고지방군에 비하여 각각 36% 감소하였고, HCA군은 41%, 고추와 산초 복합군은 37% 감소시켰다($P<0.05$). 이는 capsaicin을 포함한 활성성분이 체내 지방질을 분해, 연소시켜 간에서의 중성지방 합성을 억제시켰기 때문으로 사료되었다(30). 흰쥐의 복부를 중심으로 주요 장기를 덮고 있는 피하지방의 무게는 고지방군이 3.77 g으로 정상대조군 0.36 g에 비해 10배 증가하였고, 고추, 산초 및 HCA군, 고추와 산초 복합군의 복부지방 무게는 각각 0.88 g, 0.9 g, 0.97 g, 0.76 g으로 정상대조군에 비해 각각 2배, 2.5배, 2.7배, 2배 증가하여 고추와 산초 에탄올추출물 섭취가 고지방식으로 인한 피하지방의 축적을 억제함을 확인할 수 있었다(Fig. 3). 산초의 섭취는 섭취 열량소의 분해 및 연소를 촉진하여 잉여 열량소가 체지방질로 축적되는 것을

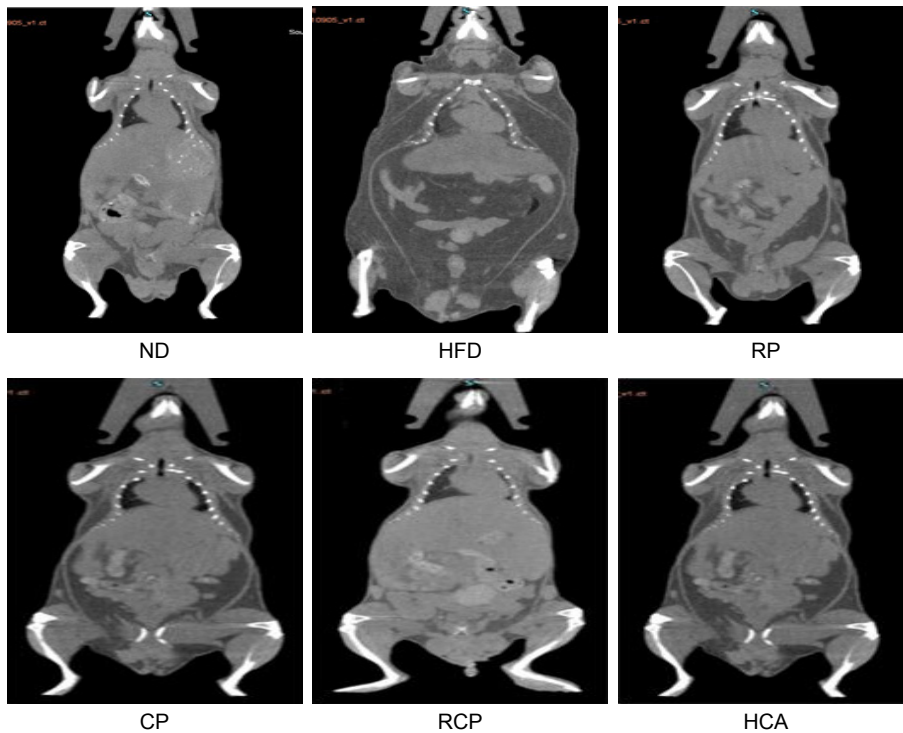


Fig. 3. Abdominal CT image of red pepper and Chinese pepper extracts. Groups: See Table 2.

줄이게 된다고 보고된바 있다(29). 고추의 capsaicin이 부신교감신경을 자극하여 아드레날린 분비를 증가시키고 백색 지방조직에서의 지방 분해 및 갈색지방세포에서의 열생산을 증가시킴으로써 체지방을 분해, 연소시켜 체내 지방질 축적을 감소시키는 것으로 추측된다(31).

혈장 중성지질 농도

혈장 중성지질(TG) 농도는 정상군이 70 mg/dL, 고지방군이 160 mg/dL로 고지방식에 의한 혈중 중성지질 농도가 정상군에 비해 56% 정도 증가하였고($P<0.05$), 고지방식에 고추군, 산초군, 고추와 산초 복합군, HCA군의 혈장 중성지질 농도는 각각 77.5 mg/dL, 80 mg/dL, 78 mg/dL, 76.7 mg/dL로 고지방군에 비해 52%, 50%, 51%, 52% 정

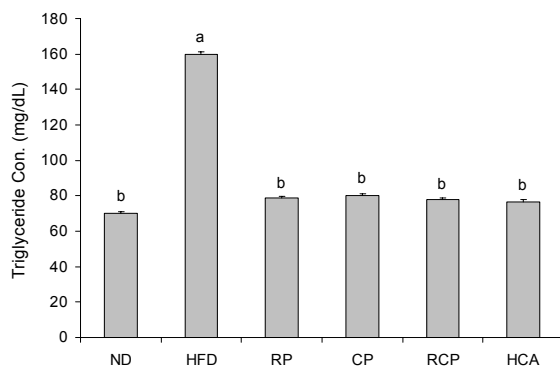


Fig. 4. Triglyceride concentration of blood plasma in mice fed high fat diet containing of red pepper and Chinese pepper ethanol extracts. Groups: See Table 2. Means with the different letters (a,b) on the bar are significantly different ($P<0.05$).

도 감소하였다(Fig. 4). 특히 산초와 고추 복합군의 중성지질 감소율은 positive control인 HCA군에 비해 중성지질 감소율이 높아 체내 혈중 중성지질 감소에 효과적임을 확인하였다. Kawada 등(14)의 보고에서 고콜레스테롤 식이를 섭취한 흰쥐에 capsiate 또는 합성 capsaicin 투여 시 혈중 콜레스테롤 및 중성지질 저하효과를 확인할 수 있었으며, 산초군과 고추군의 중성지질 농도가 고지방식이군에 비해 떨어지고 특히, 산초와 고추복합군의 중성지질 농도가 낮아 고추유와 산초유 섭취한 흰쥐의 중성지질 농도가 대조군에 비해 낮은 함량이 나타난 Yoon과 Choi(32)의 보고와 유사한 경향을 나타내었다. 이상과 같이 고추와 산초 에탄올추출물의 혈장 중성지질이 고지방군에 비해 상당히 억제되는 결과는 간에서의 VLDL 과잉생성, triglyceride 합성 억제 및 유출 억제 시 혈중 triglyceride가 낮아진다는 보고(20)와 관련하여 산초와 고추 에탄올추출물이 이러한 작용을 가지기 때문에 혈장 triglyceride 저하 효과가 있을 것으로 사료된다.

혈장 LDL 콜레스테롤 농도

혈중 콜레스테롤은 거대한 지단백질분자의 형태로 움직이며 이 중 약 3/4은 LDL을 형성하며 혈중 LDL 농도와 동맥경화증 발병빈도의 비례관계는 지금까지 잘 알려져 있다(33). 식이와 조직에서 공급된 콜레스테롤은 간과 장에서 분비되는 지단백질의 구성성분에 포함되어 free cholesterol(FC) 또는 cholesteryl ester(CE)의 형태로 혈장 내로 분비되거나, 또는 다른 조직의 세포막에서 분비되어 혈장 지단백질 입자 내로 이동한다. Chylomicron과 VLDL은 체

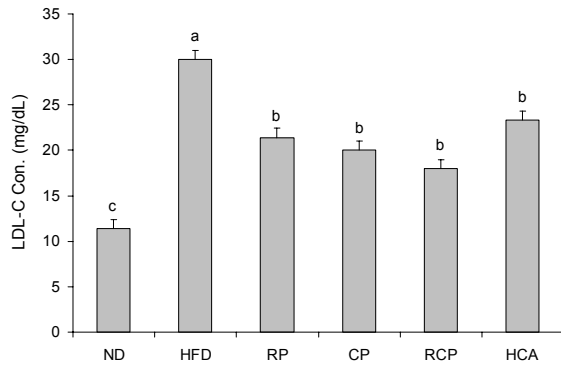


Fig. 5. LDL-cholesterol concentration of blood plasma in mice fed high fat diet containing of red pepper and Chinese pepper ethanol extracts. Groups: See Table 2. Means with the different letters (a-c) on the bar are significantly different ($P<0.05$).

내로 흡수되는 외인성 TG와 체내에서 합성되는 내인성 TG를 조직으로 운반하는 역할을 하고(34), 혈장내에서 VLDL로부터 전환되는 LDL은 혈장 콜레스테롤을 steroidogenic tissue로 수용하는 운반체 역할을 하며 심장순환기 계통의 질병에 대한 위험인자로 알려져 있다(35). 농도를 측정할 결과 정상군 11.4 mg/dL에 비해 고지방군 30 mg/dL로 고지방군이 정상대조군에 비해 62% 정도 높았고($P<0.05$), 고추군, 산초군, 고추와 산초복합군 및 HCA군은 각각 20 mg/dL, 20 mg/dL, 18 mg/dL, 23.3 mg/dL로 고지방군에 비해서 33%, 33%, 40%, 22% 감소하였다(Fig. 5). 이러한 고추, 산초군의 LDL 콜레스테롤 저하 효과는 앞서 확인된 고추군, 산초군의 혈중 중성지방 농도 감소 효과에 의해 혈장 내에서 VLDL 생성량이 감소하여 이로부터 전환되는 LDL 콜레스테롤 생성이 적어졌기 때문으로 추측된다.

혈장 총콜레스테롤 농도

혈장 콜레스테롤 농도의 상승은 사람을 비롯한 동물연구에서 순환기계 질환 발생의 위험인자로 알려져 왔으며, 식이 지방은 지질 농도의 중요한 조절인자임이 밝혀져 왔다(32). 총콜레스테롤(TC) 농도는 8주 투여 후 정상군이 94.3 mg/dL, 고지방군이 210 mg/dL로 고지방군이 55% 정도 유의적으로 높았다. 고지방식이에 고추, 산초, 고추와 산초 복합군의 혈장 콜레스테롤 농도는 각각 121.4 mg/dL, 123.3 mg/dL, 110 mg/dL, 130 mg/dL로 고지방군에 비하여 42%, 41%, 48%, 38% 정도 유의적으로 감소하였다(Fig. 6). 이와 같이 고추와 산초 에탄올추출물 투여가 고지방군에 비해 혈장 콜레스테롤 증가를 억제시킨 것은 이들이 강한 free radical scavenger로서(25), 사염화탄소에서 유도되는 CCl_3 를 제거함으로써 간손상을 억제하기 때문인 것으로 사료된다.

혈장 HDL 콜레스테롤 농도

HDL-콜레스테롤 농도를 측정할 결과는 Fig. 7과 같다. 정상군은 80 mg/dL, 고지방군은 76.6 mg/dL로 고지방군이

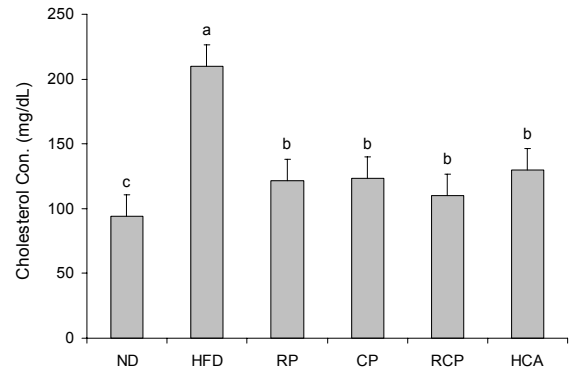


Fig. 6. Plasma-cholesterol concentration of blood plasma in mice fed high fat diet containing of red pepper and Chinese pepper ethanol extracts. Groups: See Table 2. Means with the different letters (a-c) on the bar are significantly different ($P<0.05$).

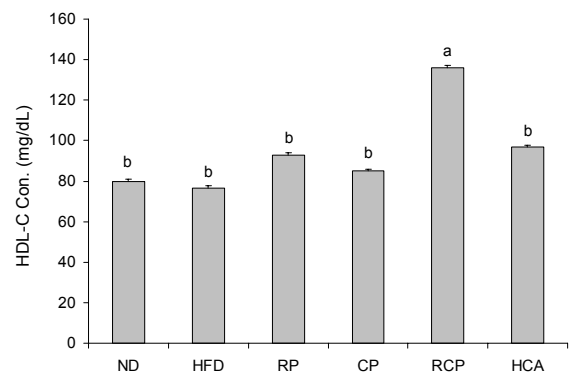


Fig. 7. HDL-cholesterol concentration of blood plasma in mice fed high fat diet containing of red pepper and Chinese pepper ethanol extracts. Groups: See Table 2. Means with the different letters (a,b) on the bar are significantly different ($P<0.05$).

정상군에 비해 4% 정도 낮아졌고, 고지방식이에 고추군, 산초군, 고추와 산초복합군, HCA군의 HDL-콜레스테롤 농도는 93.8 mg/dL, 85 mg/dL, 136 mg/dL, 96.7 mg/dL로 고지방군에 비해 각각 22%, 6%, 77%, 26% 유의적으로 증가하였다. 특히 고추와 산초 복합군은 positive control인 HCA군에 비해 약 29% 상승됨을 확인하였다. HDL-콜레스테롤은 조직 중의 콜레스테롤을 간으로 운반하여 콜레스테롤의 분해 및 배설을 촉진하여 조직 중의 콜레스테롤량을 감소시키며(34), HDL-콜레스테롤 농도가 동맥경화증 등 순환기계 질환의 발병과 역상관 관계가 있다는 보고와 관련하여 산초와 고추 에탄올추출물 투여에 의한 혈중 HDL-콜레스테롤 증가는 이들이 동맥경화증 등 심장순환기계 질환의 발생을 억제할 수 있다는 것을 시사한다.

요 약

본 연구에서는 *in vitro*에서 중국 사천지역 고추와 산초 에탄올추출물의 항산화 효능 확인 후, 고지방식이에 의해 유도된 비만 마우스를 이용하여 중국 사천지역 고추, 산초, 고추와

산초복합물 투여 후 체중, 간과 복부 피하지방 무게, 혈중지질 함량을 측정하여 항비만 기능성 소재로서의 가능성 여부를 조사하였다. 실험군은 일반식이군, 고지방식이군, 고지방식이에 고추 및 산초, 고추와 산초복합물, HCA(hydroxyl citric acid)를 경구투여한 군의 6군으로 분류하여 8주간 사육 후, 체중, 간, 피하지방, 혈중지질 함량을 측정한 결과는 다음과 같다. 고지방식이만을 섭취한 군은 일반식이군과 비교하여 체중, 간, 복부 피하지방, 혈장지질 농도가 현저하게 증가하였다. 고지방식이에 고추와 산초 에탄올추출물을 경구투여한 군에서 8주 후 고지방군에 비해 유의적으로 체중을 감소시켰고, 복부 피하지방 양은 고지방군 3.77 g, 고추군, 산초군, 고추와 산초복합군은 각각 0.88 g, 0.9 g, 0.97 g으로 농도 의존적으로 복부 피하지방 양을 감소시켰다 ($P<0.05$). 혈중 중성지질, 총콜레스테롤을 농도 의존적으로 감소시켜 혈액 내 지방의 축적을 저해하였고, HDL 콜레스테롤 농도가 고지방군에 비해 고추, 산초 및 고추와 산초복합군이 농도 의존적으로 증가하여 ($P<0.05$) 조직 중의 콜레스테롤을 간으로 운반하여 콜레스테롤의 분해 및 배설을 촉진하여 조직 중의 콜레스테롤량을 감소시켜, 고추 및 산초 에탄올추출물 투여가 마우스의 비만을 억제함을 확인할 수 있었다.

REFERENCES

- Albu J, Allison D, Boozer CN, Heymsfield S, Kissileff H, Kretser A, Krumhar K, Leibel R, Nonas C, Pi-Sunyer X, VanItallie T, Wedral E. 1997. Obesity solutions: report of a meeting. *Nutr Res* 55: 150-156.
- Grundy SM. 1998. Multifactorial causation of obesity: implications for prevention. *Am J Clin Nutr* 67: 563S-572S.
- McDowell I, Newell C. 1996. *Measuring Health*. 2nd ed. Oxford University Press, London, UK.
- Hur HJ, Hwang JT. 2011. Effect of silybin on body weight and glucose tolerance in high-fat-diet induced obese mice. *KSBB* 26: 78-82.
- Lee JA, Ahn EK, Hong SS, Oh JS. 2012. Anti-obesity effect of ethyl acetate extracts from *Agrimonia pilosa* Ledeb. in 3T3-L1 preadipocytes. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 161-167.
- Hsu CL, Yen GC. 2007. Effects of capsaicin on induction of apoptosis and inhibition of adipogenesis in 3T3-L1 cells. *J Agric Food Chem* 55: 1730-1736.
- Castelli WP, Garrison RJ, Wilson PW, Abbott RD, Kalousdian S, Kannel WB. 1986. Incidence of coronary heart disease and lipoprotein cholesterol levels. The Framingham Study. *JAMA* 256: 2835-2838.
- Rifkind BM. 1986. Diet, plasma cholesterol and coronary heart disease. *J Nutr* 116: 1578-1580.
- Kim SW. 1993. Drug treatment of obesity. *Korean J Obes* 2: 30-37.
- Park HS. 2001. Pharmacological therapy of obesity. *Korean J Obes* 10: 118-127.
- Zacour AC, Silva ME, Cecon PR, Bambirra EA, Vieira EC. 1992. Effect of dietary chitin on cholesterol absorption and metabolism in rats. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)* 38: 609-613.
- Burns AA, Livingstone MB, Welch RW, Dunne A, Rowland IR. 2002. Dose-response effects of a novel fat (Olibra™) emulsion on energy and macronutrient intakes up to 36 h post-consumption. *Eur J Clin Nutr* 56: 368-377.
- Choo JJ, Shin HJ. 1999. Body-fat suppressive effects of capsaicin through β -adrenergic stimulation in rats fed a high-fat diet. *Korean J Nutr* 32: 533-539.
- Kawada T, Hagihara K, Iwai K. 1986. Effect of capsaicin on lipid metabolism in rats fed a high fat diet. *J Nutr* 116: 1272-1278.
- Lee MS, Kim CT, Kim IH, Kim Y. 2011. Effects of capsaicin on lipid catabolism in 3T3-L1 adipocytes. *Phytother Res* 25: 935-939.
- Ro YD, Shin MK, Song HJ. 1997. A herbarological study on the plants of Rutaceae grown in Korea. *J Herbology* 12: 135-164.
- Lee JW. 1998. Volatile flavor components of Korean sancho fruit and tree (*Zanthoxylum schinifolium*). *Korean J Food & Nutr* 11: 493-498.
- Lee SJ. 1996. *Korean folk medicine monographs series*. No. 3. Publishing Center of Seoul National University, Seoul, Korea. p 88-93.
- Mun SI, Ryu HS, Lee HJ, Choi JS. 1994. Further screening for antioxidant activities of vegetable plants and its active principle from *Zanthoxylum schinifolium*. *J Korean Soc Food Nutr* 23: 466-471.
- Mun SI. 2000. Effects of *Zanthoxylum schinifolium* and its active principle on serum lipid levels in carbon tetrachloride-treated mice. *Korean J Food & Nutr* 13: 249-254.
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
- Han JH, Kim J, Kim S, Jung SH, Kim D, Kim GE, Whang WK. 2007. Anti-oxidative compounds from the aerial parts of *Atractylodes macrocephala* Koidzumi. *Yakhak Hoeji* 51: 88-95.
- Lim TS, Do JR, Kwon OJ, Kim HK. 2007. Physiological activities of *Agaricus bisporus* extracts as affected by solvents. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 383-388.
- Kim DO, Lee KW, Lee HJ, Lee CY. 2002. Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. *J Agric Food Chem* 50: 3713-3717.
- Park JS, Park KY, Yu R. 1998. Inhibition of *in vitro* nitrosation by capsaicin and its metabolites. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 1015-1018.
- Lee YS, Kang YS, Lee JS, Nicolova S, Kim JA. 2004. Involvement of NADPH oxidase-mediated generation of reactive oxygen species in the apoptotic cell death by capsaicin in HepG2 human hepatoma cells. *Free Radic Res* 38: 405-412.
- Lee SY, Wi HR, Lee MS. 2011. Comparison of the antioxidant effects of diallyl sulfide, capsaicin, gingerol and sulforaphane in H_2O_2 -stressed HepG2 cells. *Korean J Nutr* 44: 488-497.
- Sambaiah K, Satyanarayana MN. 1982. Influence of red pepper and capsaicin on body composition and lipogenesis in rats. *J Biosci* 4: 425-430.
- Jang MJ, Woo MH, Rhee SJ, Cho SH. 2006. Antioxidative and anti-aging effects of Sancho (*Zanthoxylum schinifolium*) extract in rats fed high fat diet. *Nutr Sci* 9: 159-166.
- Gurr MI. 1988. Lipid metabolism in man. *Proc Nutr Soc* 47: 277-285.
- Yoshioka M, St-Pierre S, Drapeau V, Dionne I, Doucet E, Suzuki M, Tremblay A. 1999. Effects of red pepper on appetite and energy intake. *Br J Nutr* 82: 115-123.
- Yoon DH, Choi YS. 2008. Influence of red pepper (*Capsicum*

- annuum* L.) seed oil and sancho (*Zanthoxylum schinifolium*) seed oil on serum and liver lipids profiles in rats. *Korean J Food Sci Technol* 40: 96-100.
33. Morimoto C, Tsujita T, Okuda H. 1997. Norepinephrine-induced lipolysis in rat fat cells from visceral and subcutaneous sites: role of hormone-sensitive lipase and lipid droplets. *J Lipid Res* 38: 132-138.
 34. Jang JY, Lee MK, Kim MJ, Cho SY. 1998. Effect of fiber on serum lipid metabolism in rats with diet-induced cholesterolemia. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 1211-1216.
 35. Stubbs CD, Smith AD. 1984. The modification of mammalian membrane polyunsaturated fatty acid composition in relation to membrane fluidity and function. *Biochim Biophys Acta* 179: 89-137.