

구운 마늘 분말이 고지방-고콜레스테롤 식이를 급여한 흰쥐의 체내 지질대사에 미치는 효과

이은주¹ · 이재준² · 이명렬² · 이현주^{1*}

¹한경대학교 영양조리학과

²조선대학교 식품영양학과

Effects of Baked Garlic Powder on Lipid Metabolism in Rats Fed a High-Fat/High-Cholesterol Diet

Oun-Ju Lee¹, Jae-Joon Lee², Myung-Yul Lee², and Hyun-Joo Lee^{1*}

¹Dept. of Nutrition and Culinary Science, Hankyong National University, Gyeonggi-do 456-749, Korea

²Dept. of Food and Nutrition, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea

Abstract

This study examined the effects of baked garlic powder on the lipid metabolism in rats fed a high-fat/high-cholesterol diet for 4 weeks to induce hyperlipidemia. Male Sprague-Dawley rats were assigned to four groups according to the dietary fat, cholesterol and baked garlic powder levels. The experimental groups were normal diet group (N), a high-fat/high-cholesterol diet group (C), a high-fat/high-cholesterol diet with 1.5% baked garlic powder group (GPL) and a high-fat/high-cholesterol diet with 3% baked garlic powder group (GPH). The body weight gain, food intake and food efficiency ratio were similar in the experimental groups. The epididymal adipose tissues weight of the C group was higher than that of the N group, whereas those of the groups fed baked garlic powder were decreased gradually. The ALT and ALP activities were similar in the C groups, but the serum AST and LDH activities elevated by a high-fat/high-cholesterol diet were decreased significantly by feeding a 3% baked garlic powder diet. The serum triglyceride, total cholesterol and LDL-cholesterol levels as well as the atherogenic index and cardiac risk factor tended to decrease in the groups fed baked garlic powder than the C group, whereas the serum HDL-cholesterol level was lower in the C group and remarkably in groups fed baked garlic powder than the control group. The total cholesterol level in the liver and mesenteric adipose tissue and the triglyceride level in epididymal tissue were lower in the groups fed baked garlic powder than the C group. These results suggest that baked garlic powder reduces the serum lipid components and improves the lipid metabolism in hyperlipidemic rats induced with a high-fat/high-cholesterol diet.

Key words: baked garlic, high-fat/high-cholesterol diet, hyperlipidemic rat

서 론

음식의 맛을 향상시키거나 음식의 향미에 변화를 주어 식욕을 증진시키는 역할을 하는 향신료(1)는 비타민과 무기질이 풍부하고 약리성분이 함유되어 있어 조리에 이용될 뿐만 아니라 질병예방과 건강증진에 도움이 되는 것으로 인식되어 왔다(2). 최근에는 식생활의 서구화로 인해 여러 가지 향신료의 소비가 증가하고 있으며, 향신료의 약리 작용에 대한 성분이 밝혀지면서 향신료에 대한 관심이 커지고, 기능성식품으로의 이용도가 높아지고 있다(1).

마늘(*Allium sativum* L.)은 백합과(Liliaceae) 파속(*Allium*)에 속하는 인경작물로(3), 특유의 맛과 향 때문에 우리나라 전통 식생활에서 필수적인 향신료뿐만 아니라 강장, 강정식

품으로 예로부터 널리 상용되어 왔다(4). 마늘은 단순한 향신료로서의 차원을 넘어 항균, 항암, 항바이러스, 항산화, 면역증강, 항응고, 혈당 감소, 고지혈증 및 동맥경화증 개선 등 다양한 생리활성 효능을 가지는 것으로 보고되었다(5,6).

마늘의 생리활성은 alliin, allicin(diallyl thiosulfinate), methyl allyl, 1-propenyl allyl, allyl 1-propenyl, 1-propenyl methyl, dimethyl thiosulfinate 등의 thiosulfines 화합물이 가장 큰 역할을 하는 것으로 알려져 있다(7). Thiosulfines 화합물의 60~80%를 차지하는 주요 성분인 allicin은 마늘의 생리활성을 가지는 주된 황화합물(8), 마늘에는 직접 존재하지 않으나 마늘을 마쇄 또는 절단 시 마늘세포가 파괴되면서 자체 효소인 allinase에 의해 특유의 휘발성 성분이면서도 화학적으로 매우 불안정한 allicin으로 분해되고 다시 allicin

*Corresponding author. E-mail: hjlee@hknu.ac.kr
Phone: 82-31-670-5180, Fax: 82-31-670-5187

은 열에 의하여 diallyl thiosulfinate와 diallyl disulfide 및 저급 sulfide류로 쉽게 분해된다(9). 또한 마늘의 주요 물질인 allicin은 비타민 B₁과 결합하면 훨씬 효력이 강한 allithiamin을 형성하여 비타민 B₁의 생물학적 이용을 돕고 에너지 대사를 원활하게 하며 강장작용을 하는 것으로 알려져 있다(10). 이러한 마늘의 생리활성 물질로 알려진 함황화합물들은 생마늘의 강한 향과 매운 맛을 유발하는 원인 물질로(11), 섭취하는데 거부감을 줄 수 있으며 마늘을 이용한 가공식품의 원료로 사용하는데 제한적 요인이 되고 있다. 따라서 마늘의 이러한 단점을 보완하기 위한 방법의 일환으로 열처리 방법이 이용되고 있는데, 열처리된 마늘은 생마늘에 비하여 마늘 특유의 냄새나 자극은 감소하여 마늘의 섭취량을 증가시킬 수 있다(12). 열처리 방법을 이용한 흑마늘의 경우 폴리페놀류의 함량이 증가하여 생마늘에는 존재하지 않는 S-allyl-cystein이라는 수용성의 유황아미노산이 생성되어, 생마늘보다 항산화활성이 증가하고, 암 예방, 콜레스테롤 저하, 동맥경화 개선, 심장질환의 예방 등의 효과가 생마늘보다 증가하는 것으로 보고된 바 있다(13).

이렇게 마늘의 유효 성분 및 생리 생화학적 효능에 대한 많은 연구가 진행되고 마늘의 다양한 생리 화학적 효과가 검증되면서 다양한 마늘 제제가 건강보조식품 시장을 넓혀가고 있으며, 마늘을 소재로 한 기능성식품 및 의약품의 개발이 활발히 이루어지고 있다. 그러나 마늘을 이용한 기능성에 관한 연구로는 생마늘 분말(14-16), 마늘즙(17,18) 등 주로 생마늘을 이용한 연구가 주류를 이루어 왔다. 마늘 첨가 식이가 혈액 및 조직의 지질 수준을 효과적으로 낮춘 마늘의 함량은 주로 3~5% 수준이며(14,15,19), 흰쥐에 과량의 마늘을 장기간 투여 시 위벽점막에 홍반, 간실질세포의 염증성세포 침윤과 충혈 및 경미한 간세포 괴사 등 독성이 나타났다는 연구결과(17)가 보고된 바 있다. 또한 3% 수준까지는 6개월간 장기 투여하더라도 큰 영향이 없었다고 보고(14)되어 3% 수준은 독성이 나타나지 않는 식이 섭취 수준으로서 섭취할 수 있는 농도로 여겨진다.

따라서 본 연구에서는 1.5% 및 3% 수준의 마늘의 매운맛과 향을 감소시켜 섭취가 용이하도록 제조된 구운 마늘 분말의 첨가로 기대할 수 있는 마늘의 효능을 검증하고자, 구운 마늘 분말이 고지방-고콜레스테롤 식이를 급여한 흰쥐의 혈청, 간 및 지방조직의 지질 대사 개선효과에 미치는 영향을 살펴보았다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 구운 마늘은 2008년 12월 의성농산 영농조합법인으로부터 구입하여 동결 건조하고 분쇄하여 분말로 제조한 후 -70°C에서 냉동보관하면서 시료로 사용하였다.

실험동물의 사육 및 식이조성

실험동물은 Sprague Dawley계 5주령 웅성 흰쥐 32마리

Table 1. Experimental design

Groups	Diet composition
N ¹⁾	Normal diet
C ²⁾	Control diet (High-fat/High-cholesterol diet)
GPL	High-fat/High-cholesterol diet+1.5% of baked garlic powder
GPH	High-fat/High-cholesterol diet+3% of baked garlic powder

^{1,2)}Modified AIN-93 diet (20).

를 중앙실험동물(주)(Seoul, Korea)에서 구입하여 조선대학교 실험동물센터에서 10일간 고형배합사료로 적응시킨 후, 평균 체중 185~190 g인 것을 난괴법(randomized block design)에 따라 각 처리군 당 8마리씩 4군으로 나누어 스테인리스 케이지에 1마리씩 분리하여 4주간 사육하였다. 실험군(Table 1)은 정상군(N), 고지방-고콜레스테롤 식이군(대조군, C), 고지방-고콜레스테롤 식이와 1.5% 구운 마늘 분말 첨가군(GPL) 및 고지방-고콜레스테롤 식이와 3% 구운 마늘 분말 첨가군(GPH)으로 나누어 실험하였다. 실험에 사용된 식이는 AIN-93 정제식이를 기준(20)으로 변형하여 조제하였으며 Table 2와 같다. 정상군(N)은 식이 무게의 10%의 라아드를 지방 급원으로 사용하였고, 대조군(C)은 식이 무게의 20%의 라아드와 1%의 콜레스테롤을 함유한 식이를 공급하였다. 실험군인 구운 마늘 첨가군에는 대조군의 20%의 라아드와 1%의 콜레스테롤 첨가 식이에 1.5% 및 3% 구운 마늘 분말을 첨가한 식이를 공급하였다. 물과 식이는 제한 없이 공급하였고, 사육실 온도는 18±2°C로 유지하였으며 조명은 12시간 주기(08:00~20:00)로 조절하였다. 최종 체중에서 실험개시 전의 체중을 감하여 실험개시 전의 체중으로 나누어 체중증가율로 표시하였고, 사육기간의 체중증가율을 동일 기간의 식이섭취량으로 나누어 각 실험군의 식이 효율(FER)을 구하였다.

실험동물의 처리

실험동물은 사양시험 종료 후 12시간 절식시킨 후 CO₂로 가볍게 마취한 다음 단두 절단하여 혈액을 채취하고 1,150×g에서 20분간 원심분리시킨 후 혈청을 분리하여 혈청 지질

Table 2. Composition of experimental diet (g/kg)

Diet composition	N	C	GPL	GPH
Casein	200	200	200	200
Methionine	3	3	3	3
Corn starch	500	390	375	360
Sucrose	100	100	100	100
Cellulose	50	50	50	50
Lard	100	200	200	200
Mineral mix ¹⁾	35	35	35	35
Vitamin mix ²⁾	10	10	10	10
Choline chloride	2	2	2	2
Cholesterol	—	10	10	10
Baked garlic powder	—	—	15	30

^{1,2)}AIN-93-MX mineral mixture and AIN-93-VX vitamin mixture (20).

함량 및 효소 활성 측정용 시료로 사용하였다. 그리고 간과 지방조직을 적출하여 0.9% 생리식염수로 남아 있는 혈액 및 기타 부착물질을 제거하고 여지로 수분을 제거한 후 중량을 측정된 다음 효소 활성 저하를 예방하기 위해 급속 동결하여 -70°C의 deep freezer에 보관하였다.

혈청 효소활성 및 지질 함량 측정

혈청 alanine aminotransferase(ALT), aspartate aminotransferase(AST), alkaline phosphatase(ALP) 및 lactate dehydrogenase(LDH) 활성과 중성지방(TG), 총콜레스테롤(TC) 및 HDL-콜레스테롤 함량은 혈액생화학적 검사 자동 분석기(Fuji Dri-Chem 3500, Fujifilm, Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다. LDL-콜레스테롤 함량은 Friedwald식 {총콜레스테롤 - (HDL-콜레스테롤 - 중성지방/5)}(21)에 의하여 계산하였다. 심혈관계질환의 위험도 판정에 이용되는 동맥경화지수(atherogenic index, AI)는 {(총콜레스테롤 - HDL-콜레스테롤)/HDL-콜레스테롤}(22)에 의하여 구하였으며, 심혈관위험지수(cardiac risk factor, CRF)(22)는 총콜레스테롤을 HDL-콜레스테롤로 나누어 구하였다.

간과 지방조직 중성지방과 총콜레스테롤 함량 측정

간조직, 장간막지방조직 및 부고환지방조직의 중성지방과 총콜레스테롤 함량 분석을 위하여 먼저 Folch 등(23)의 방법에 의하여 각각의 조직에서 총 지질을 추출하였다. 적출한 간과 지방조직 0.1 g에 chloroform-methanol(2:1, v/v)을 첨가하여 냉장상태에서 3일간 방치한 후 H₂O를 첨가하고 1,150 × g에서 20분간 원심분리 시킨 후 지질층인 하층부를 취한 다음 총콜레스테롤과 중성지방 함량 분석을 위하여 사용하였다. 총콜레스테롤 함량은 Zlatkis와 Zak의 방법(24)에 의하여 측정하였으며, 중성지방 함량은 Biggs 등(25)의 방법으로 측정하였다.

통계처리

본 실험에서 얻어진 결과는 SPSS(Statistical Package for Social Science, Raleigh, NC, USA)를 이용해서 통계 분석하였다. 실험군당 평균 ± 표준오차로 표시하였고, 통계적 유의성 검정은 일원배치 분산분석(one-way analysis of variance)을 한 후 p < 0.05 수준에서 Tukey's test를 이용하여 상호 검정하였다.

결과 및 고찰

체중증가량, 식이섭취량 및 식이효율

고지방-고콜레스테롤 식이와 구운 마늘 분말의 첨가 수준을 달리하여 4주간 급여한 흰쥐의 체중증가량, 식이섭취량 및 식이효율을 비교한 결과는 Table 3과 같다. 체중증가량과 식이섭취량은 실험군들 간에 유의한 차이가 없었다. 고지방-고콜레스테롤 식이를 급여한 흰쥐에게 구운 마늘 분말의 급여는 체중증가량과 식이섭취량에는 영향을 미치지

Table 3. Changes in body weight gain, food intake and food efficiency ratio of rats fed a high-fat/high-cholesterol diet containing baked garlic powder

Groups	Body weight gain (g/day)	Food intake (g/day)	FER
N	4.88 ± 0.52 ^{NS}	26.11 ± 0.94 ^{NS}	0.19 ± 0.02 ^b
C	6.30 ± 0.30	24.16 ± 0.81	0.26 ± 0.02 ^a
GPL	5.93 ± 0.42	23.19 ± 0.53	0.26 ± 0.02 ^a
GPH	5.30 ± 0.35	25.00 ± 1.06	0.21 ± 0.01 ^{ab}

Groups are the same as in Table 1. FER (food efficiency ratio): weight gain (g/day)/ food intake (g/day). Mean ± SE (n=8). NS: not significantly different among groups.

않음을 확인할 수 있었다. 식이효율은 고지방-고콜레스테롤 식이를 급여한 대조군(C)과 1.5% 구운 마늘 분말 첨가군(GPH)이 정상군(N)에 비하여 유의하게 증가하였고, 3% 구운 마늘 분말 첨가군(GPH)과는 유의차가 없었다.

Jo와 Choi(16)는 1% 콜레스테롤 첨가식을 섭취하는 흰쥐에게 1% 마늘 분말을 첨가하여 4주간 실험한 결과, 1% 마늘 분말의 첨가는 체중증가량, 식이섭취량 및 식이효율에 영향을 미치지 않았다고 보고하였다. 또한 자발성 고혈압 쥐에게 생마늘과 익힌 마늘을 각각 3% 수준으로 식이에 첨가하여 6개월간 실험한 Chun과 Paik(14)의 연구에서도 체중증가량, 식이섭취량 및 식이효율은 대조군과 마늘 분말 급여군 간에 유의적인 차이가 없어 마늘의 급여는 체중증가량, 식이섭취량 및 식이효율에는 영향을 미치지 않았다고 보고하여 본 실험의 결과도 상기의 연구 결과들과 유사한 경향이 있었다. 마늘의 첨가 농도를 달리한 연구(26)에 의하면 마늘 농도 0.5%, 1%, 2% 및 3% 수준에서는 식이섭취량이 대조군과 비슷하였으나, 4% 수준에서는 식이섭취량이 대조군보다 저하되었으며, 1% 마늘 첨가군이 대조군보다 체중이 증가되었다고 보고되었다. 또한 Ahmed와 Sharma(27)도 흰쥐에 2% 마늘을 4주간 투여하여 체중이 증가되었다고 보고하였다. 반면 Kim 등(28)은 고지방식이에 3% 생마늘을 4주간 급여한 결과 대조군에 비하여 유의차는 없었으나 체중이 다소 감소하였고 홍마늘 급여군보다 유의적으로 낮았다고 보고하여 마늘 급여에 따른 체중증가량은 실험에 따라 다른 경향을 보이는 것으로 사료된다. 마늘의 주요 성분인 allicin에 관한 동물실험으로 고지방 및 고당질 식이에 마늘로부터 분리한 allicin을 8 mg/kg 수준으로 2주간 급여하여 체중이 유의적으로 감소되었고(29), 임상실험으로 정상인에게 2개월간 allicin(100 mg/kg/day)을 급여하여 체중이 감소되었다고 보고된 바 있다(30). 따라서 마늘 급여에 따른 체중 감소효과는 allicin에 의해 기인되는 것으로 보이나 본 연구에서는 구운 마늘의 급여로 체중이 다소 감소되었으나, 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

간조직 및 지방조직 무게

고지방-고콜레스테롤 식이와 구운 마늘 분말의 첨가 수준을 달리하여 4주간 급여한 흰쥐의 체중 당 간조직 및 지방

Table 4. Changes in liver and adipose tissue weights of rats fed a high-fat/high-cholesterol diet containing baked garlic powder (g/100 g body wt.)

Groups	Liver	Mesenteric AT	Epididymal AT
N	3.71±0.15 ^b	3.32±0.28 ^b	4.25±0.32 ^c
C	6.04±0.32 ^a	4.63±0.16 ^a	6.97±0.38 ^a
GPL	5.91±0.26 ^a	4.23±0.15 ^a	5.79±0.22 ^b
GPH	5.84±0.26 ^a	4.03±0.27 ^{ab}	5.67±0.16 ^b

Groups are the same as in Table 1. AT: adipose tissue. Mean±SE (n=8). Values with different superscripts (a-c) in the same column significantly different (p<0.05) among groups by Tukey's test.

조직 무게를 비교한 결과는 Table 4와 같다. 체중 당 간조직의 무게는 대조군(C)이 정상군(N)에 비하여 38.58% 유의적으로 증가하였는데, 이는 고지방-고콜레스테롤 식이로 인하여 과량의 지방과 콜레스테롤이 간 내에 축적되어 간조직의 중량이 증가된 것으로 사료된다. 구운 마늘 분말을 1.5%와 3% 첨가군들(GPL, GPH)의 간조직 무게는 대조군(C)과 비슷한 경향이였다. Kang 등(31)은 1% 콜레스테롤 첨가 식이로 고지혈증을 유도시킨 흰쥐에게 생마늘, 증숙마늘 및 흑마늘 분말 3%를 4주간 급여한 결과 고지방식을 급여한 대조군이 정상군에 비하여 간조직 무게가 유의적으로 증가하였다고 보고하여 본 연구결과와 유사하였다. 또한 생마늘 분말 3% 급여군에서 간조직 무게가 대조군에 비하여 유의적으로 낮았고 증숙마늘과 흑마늘 분말 급여군에서는 유의적 차이가 없었다고 보고하였다. 이와 유사한 결과로 Kim 등(28)의 연구에서도 생마늘 급여군이 대조군보다 유의적으로 감소되었고 홍마늘 및 흑마늘 급여군에서는 유의차를 보이지 않았다고 보고하였다.

장간막지방조직의 무게는 대조군(C)이 정상군(N)에 비하여 28.29% 유의하게 증가되었고, 구운 마늘 분말을 1.5%와 3% 첨가군들(GPL, GPH)은 대조군(C)에 비하여 감소되는 경향이였으나 유의적인 차이는 없었다. 부고환지방조직의 무게는 대조군(C)이 정상군(N)에 비하여 39.02% 유의하게 증가되었으며, 1.5%와 3% 구운 마늘 분말을 급여한 GPL군과 GPH군은 각각 16.93%와 18.65%로 두 군 모두 유의하게 감소되었다. 본 연구 결과 장간막지방조직과 부고환지방조직의 무게는 고지방-고콜레스테롤 식이로 증가되었으나, 고지방-고콜레스테롤 식이와 구운 마늘 분말의 혼합 급여로 인하여 장간막지방조직과 부고환지방조직의 무게가 감소되

어 구운 마늘 분말은 고지방-고콜레스테롤 식이로 유도된 고지혈증 흰쥐의 체내 지방대사에 관여하여 조직 내 지방 축적 억제효과가 있는 것으로 사료된다.

혈청 ALT, AST, ALP 및 LDH 활성

고지방-고콜레스테롤 식이와 구운 마늘 분말의 첨가 수준을 달리하여 4주간 급여한 흰쥐의 혈청 ALT, AST, ALP 및 LDH 활성을 측정한 결과는 Table 5와 같다. 혈청 ALT 활성은 대조군(C)이 정상군(N)에 비하여 53.06% 유의하게 증가하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이로 증가되어진 혈청 ALT 활성은 구운 마늘 분말의 첨가로 저하되지는 않았다. 혈청 AST 활성은 대조군(C)이 정상군(N)에 비하여 31.34% 유의하게 증가하였고, 구운 마늘 분말 첨가군들(GPL, GPH)은 대조군(C)에 비하여 각각 7.23%와 14.99%로 감소되었으며, 특히 3% 구운 마늘 분말 첨가군(GPH)에서 유의한 감소 효과를 보였다. Kwon과 Nam(32)은 1% 고콜레스테롤 식이에 의하여 혈청 ALT와 AST 활성이 기초식이군에 비하여 콜레스테롤 급여군이 증가하였다고 보고하였는데, 본 연구에서도 고지방-고콜레스테롤 식이로 인하여 혈청 ALT와 AST 활성이 정상군(N)에 비하여 대조군(C)이 유의하게 증가되었다. 간 기능지표 효소로 알려진 혈청 AST와 ALT 활성은 고지방식이, 고콜레스테롤식이, 알코올 등으로 인한 간세포의 독성 시에 간세포에 장애가 발생하여 간세포가 파괴되어 혈액으로 이들 효소의 방출이 항진되어 활성이 증가한다고 한다(33). 본 연구 결과에서도 고지방-고콜레스테롤 식이로 인하여 흰쥐의 혈청 AST와 ALT 활성이 유의하게 증가하였음을 관찰할 수 있었다. 혈청 ALP 활성도 정상군(N)에 비하여 대조군(C)이 34.01% 유의하게 증가하였으며, 고지방-고콜레스테롤 식이와 구운 마늘 분말 1.5%와 3%를 같이 급여한 GPL군과 GPH군은 대조군(C)과 유의차가 없었다. 혈청 LDH 활성은 대조군(C)이 정상군(N)에 비하여 41.66% 유의한 증가를 보였으며, 구운 마늘 분말 첨가군들(GPL, GPH)은 대조군(C)에 비하여 각각 15.84%와 22.03%로 감소되었으며, 특히 3% 구운 마늘 첨가군(GPH)에서 유의적인 감소 효과를 나타내었다. 혈청 ALP는 담도계 폐색 또는 간 질환 등에 의해 그 활성이 증가되어지는 효소로, 급성 신부전증, 고지혈증 및 폐경색증이 있을 경우에도 간세포 장애가 진행되면 혈청 중 ALT, AST 및 ALP 활성 수치와 함께 동시에 높아져 간의 담즙산 배설장애가 유발되고

Table 5. Activities of ALT, AST, ALP and LDH in serum of rats fed a high-fat/high-cholesterol diet containing baked garlic powder (U/L)

Groups	ALT	AST	ALP	LDH
N	24.33±3.05 ^b	109.17±6.38 ^c	492.5±24.58 ^b	361.00±12.80 ^c
C	51.83±2.21 ^a	159.00±4.80 ^a	746.33±35.65 ^a	618.83±27.52 ^a
GPL	50.67±3.67 ^a	147.50±6.88 ^{ab}	716.33±41.76 ^a	520.83±44.55 ^{ab}
GPH	45.83±2.52 ^a	135.17±4.06 ^b	697.33±27.17 ^a	482.50±36.54 ^b

Groups are the same as in Table 1. Mean±SE (n=8). Values with different superscripts (a-c) in the same column significantly different (p<0.05) among groups by Tukey's test.

이로 인하여 혈청 콜레스테롤 함량이 상승되는 것으로 알려져 있다(34). 혈청 LDH는 체내 혐기적 해당계의 최종 단계에서 산화, 환원반응에 관여하는 효소로 급성 간염, 초기 간암, 심근경색, 악성빈혈, 백혈병 등에서 현저하게 상승한다고 한다(35). Kang 등(31)은 고지혈증 흰쥐에게 생마늘, 증숙마늘 및 흑마늘 분말 3%를 급여한 결과 증숙마늘 분말 급여군에서 AST 활성의 유의적인 감소를 보였고, ALT 활성은 실험군 간에 유의적 차이를 보이지 않았으며, LDH 활성은 생마늘, 증숙마늘 및 흑마늘 분말 급여군 모두 대조군에 비하여 유의하게 감소하였다고 보고하여 마늘의 처리조건에 따라 혈청 효소 활성에 미치는 영향이 차이를 보이는 것으로 판단된다.

한편, 마늘을 다량 투여하거나 장기간 급여 시 독성이 나타났다는 연구들이 보고된 바 있었는데, Hikino 등(36)은 AST 활성이 91 U/L인 정상 흰쥐에 alliin 5 mg/kg/day를 경구 투여하여 27시간 만에 AST 활성이 98 U/L로 상승되었고, ALT 활성은 46 U/L에서 52 U/L로 증가하였다고 보고하였다. 또한 Joseph 등(37)은 흰쥐에 마늘 추출물 2 mL/100 g을 10일간 경구 투여하여 AST 활성이 상승되었고, 간조직의 변화가 관찰되었다고 보고하였다. 하지만 본 연구에서는 간 기능과 관련된 혈청 중 효소 활성이 고지방-고콜레스테롤 식이로 증가되었으며, 구운 마늘 분말 급여로 감소되어 본 실험의 4주간 흰쥐에 급여한 최대 3% 구운 마늘의 농도는 독성을 나타내지 않는 농도로 판단된다. 또한, 이상의 결과로 구운 마늘 분말이 고지방-고콜레스테롤 식이로 인한 간 기능 저하로 인한 대사 장애를 개선하는 것으로 사료된다.

혈청 중성지방 및 총콜레스테롤 함량

고지방-고콜레스테롤 식이와 구운 마늘 분말의 첨가 수준을 달리하여 4주간 급여한 흰쥐의 혈청 중성지방 및 총콜레스테롤 함량 변화는 Table 6과 같다. 혈청 중성지방 함량은 대조군(C)이 정상군(N)에 비하여 39.07% 유의하게 증가하였다. 고지방-고콜레스테롤 식이로 증가되어진 혈청 중성지방 함량은 구운 마늘 분말 급여로 유의하게 저하되었다. 특히 3% 구운 마늘 분말 첨가군(GPH)은 대조군(C)에 비하여 21.87% 유의하게 저하되었으나, 구운 마늘 분말 첨가군들 간의 첨가 수준에 따른 유의성은 없었다. 혈청 총콜레스테롤 함량은 대조군(C)이 정상군(N)에 비하여 25.32% 유의

적으로 증가하였다. 구운 마늘 분말 첨가군들(GPL, GPH)은 대조군(C)에 비하여 각각 20.14%와 24.89%로 감소되었으며, 혈청 중성지방 함량과 같은 경향으로 3% 구운 마늘 첨가군(GPH)에서만 유의적인 감소 효과를 나타내었다. 이러한 마늘의 콜레스테롤 저하 효과는 마늘 성분 중 allicin 또는 diallyl sulfides가 acetyl CoA 합성 또는 HMG-CoA reductase를 저해함으로써 나타나며(38,39), 마늘의 유허 함유 amino acid와 peptide가 apolipoprotein B100 분비감소를 통해 중성지방과 콜레스테롤 합성을 억제하는 것으로 보고되었다(40).

다른 여러 연구에서도 마늘 급여로 혈중 지질 농도를 낮추었다는 연구 결과를 볼 수 있었는데, Jo와 Choi(16)는 1% 콜레스테롤 첨가 식이에 1% 마늘 분말을 급여한 마늘군의 혈중 중성지방 및 총콜레스테롤 함량이 대조군보다 유의적으로 저하되었다고 보고하였다. Chun과 Paik(14)은 본태성 고혈압과 가장 유사한 증상을 지닌 SH rat을 이용하여 3%의 생마늘과 익힌 마늘을 6개월간 급여한 결과 중성지방 및 총콜레스테롤 수준은 마늘 첨가군이 대조군에 비하여 현저히 낮았으며, 특히 익힌 마늘군이 생마늘군보다 총콜레스테롤 수준이 더 유의하게 낮게 나타났다고 보고하였다. 반면 Kang 등(31)은 고지방식이에 생마늘, 증숙마늘 및 흑마늘 분말 3%를 급여한 결과 중성지방 및 총콜레스테롤 수준은 마늘 분말 급여군들에서 유의적인 감소를 보였으나, 마늘의 가공 처리조건에 따른 차이를 보이지 않았다고 보고하였다. 이에 따라 마늘 급여에 의한 혈청 중의 지질 감소효과에 대해서는 여러 선행연구들이 서로 상반된 견해를 나타내는 것으로 보인다. 본 연구에서는 구운 마늘 분말 3% 급여 시 혈중 중성지방과 총콜레스테롤의 저하에 유의적인 효과가 있음을 확인할 수 있었다. 구운 마늘 분말의 첨가 급여로 혈청 중성지방과 총콜레스테롤 함량이 감소되었다는 점으로 볼 때 구운 마늘 분말이 혈중 지질 개선효과 및 고지혈증 예방에 효과가 있을 것으로 사료된다.

혈청 LDL-콜레스테롤과 HDL-콜레스테롤 함량, 동맥경화지수 및 심혈관위험지수

고지방-고콜레스테롤 식이와 구운 마늘 분말의 첨가 수준을 달리하여 4주간 급여한 흰쥐의 혈청 LDL-콜레스테롤과 HDL-콜레스테롤 함량, 동맥경화지수(atherogenic index, AI) 및 심혈관위험지수(cardiac risk factor, CRF)의 변화는 Table 7과 같다. 혈청 LDL-콜레스테롤 함량은 대조군(C)이 정상군(N)에 비하여 3.7배 정도 현저하게 증가하였고, 구운 마늘 분말 1.5%와 3% 첨가군들(GPL, GPH)은 대조군(C)에 비하여 각각 33.22%와 44.80%로 유의적인 감소효과를 나타내었으나, 구운 마늘 분말 첨가군들 간의 첨가 수준에 따른 유의성은 없었다. 혈청 HDL-콜레스테롤 함량은 정상군(N)에 비하여 대조군(C)이 유의하게 감소하였으며, 구운 마늘 분말 첨가군들(GPL, GPH)은 대조군(C)에 비하여 각각 23.74%와 34.07%로 증가하였다. 특히 3% 구운 마늘

Table 6. Contents of triglyceride and total cholesterol in serum of rats fed a high-fat/high-cholesterol diet containing baked garlic powder (mg/dL)

Groups	Triglyceride	Total cholesterol
N	47.83±4.41 ^c	81.00±4.14 ^c
C	78.50±2.74 ^a	150.67±8.57 ^a
GPL	65.83±4.58 ^b	120.33±11.17 ^{ab}
GPH	61.33±3.46 ^b	113.17±9.38 ^b

Groups are the same as in Table 1. Mean±SE (n=8). Values with different superscripts (a-c) in the same column significantly different (p<0.05) among groups by Tukey's test.

Table 7. Contents of LDL-cholesterol and HDL-cholesterol, atherogenic index (AI) and cardiac risk factor (CRF) in serum of rats fed a high-fat/high-cholesterol diet containing baked garlic powder (mg/dL)

Groups	LDL-cholesterol	HDL-cholesterol	AI	CRF
N	35.57±7.05 ^c	55.00±5.11 ^a	0.54±0.17 ^b	1.54±0.17 ^b
C	131.53±10.25 ^a	34.83±2.89 ^b	3.58±0.37 ^a	4.58±0.41 ^a
GPL	87.83±14.25 ^b	45.67±4.51 ^{ab}	1.80±0.22 ^b	2.80±0.32 ^b
GPH	72.60±7.14 ^b	52.83±4.40 ^a	1.18±0.16 ^b	2.18±0.17 ^b

Groups are the same as in Table 1. LDL-cholesterol={total cholesterol-(HDL-cholesterol-triglyceride/5)}. AI (atherogenic index) = (total cholesterol-HDL-cholesterol)/HDL-cholesterol. CRF (cardiac risk factor)=total cholesterol/HDL-cholesterol. Mean±SE (n=8). Values with different superscripts (a-c) in the same column significantly different (p<0.05) among groups by Tukey's test.

첨가군(GPH)은 대조군(C)에 비하여 유의적으로 증가하였으며, 정상군(N)과도 유사한 수준이었다. Kang 등(31)은 고지방 식이에 처리조건을 달리한 3% 마늘 분말을 급여 시 HDL-콜레스테롤 함량은 마늘 분말 급여군 모두 대조군에 비하여 감소되었는데 특히 흑마늘 분말 급여군은 정상군과도 유사한 수준이었으며, 생마늘 및 증숙마늘 분말 급여군과도 유의적인 차이를 보였고, LDL-콜레스테롤 함량은 마늘 분말 급여군 모두 대조군에 비하여 감소되었으나, 마늘 분말의 종류에 따른 유의성은 없었다고 보고하였다. Jo와 Choi(16)는 마늘 첨가로 HDL-콜레스테롤의 함량은 유의적 차이가 없었으나, LDL-콜레스테롤 함량은 대조군보다 유의적으로 저하되었다고 보고하였다. 반면 마늘 첨가로 HDL-콜레스테롤 수준은 증가하였으나 LDL-콜레스테롤 수준은 변화가 없었다는 연구도 보고(41)되어 연구마다 다른 양상을 보였다.

동맥경화지수는 대조군(C)이 정상군(N)에 비하여 약 6.6배 유의하게 증가하여 고지방-고콜레스테롤 식이로 인하여 동맥경화 위험성이 크게 상승한 것으로 나타났다. 구운 마늘 분말 첨가군들(GPL, GPH)은 대조군(C)에 비하여 각각 약 2배와 3배로 두군 모두 유의하게 감소되었으나, 구운 마늘 첨가 수준에 따른 차이는 볼 수 없었다. 심혈관위험지수는 동맥경화지수와 유사한 경향으로 대조군(C)이 정상군(N)에 비하여 약 3배 유의하게 증가하였고, 구운 마늘 분말 첨가군들(GPL, GPH)은 대조군(C)에 비하여 각각 약 1.6배와 2.1배로 두군 모두 유의하게 감소되었다. 본 연구와 유사하게 Kim 등(28)의 연구에서도 고지방 식이에 생마늘, 홍마늘 및 흑마늘 급여 시 동맥경화지수 및 심혈관위험지수는 마늘 급여군들이 대조군에 비하여 유의적으로 저하되어 마늘 분말이 동맥경화 및 심혈관질환의 발생 위험도를 낮추는 것으로 나타났다.

이상의 결과 구운 마늘 분말의 급여로 인하여 고지방-고콜레스테롤 식이로 감소된 혈중 HDL-콜레스테롤 함량은 증가시키고, 증가된 LDL-콜레스테롤 함량과 동맥경화지수 및 심혈관위험지수는 감소되었던 것으로 보아 구운 마늘 분말이 동맥경화, 고지혈증 등 심혈관계 질환의 예방 및 개선에 효과가 있을 것으로 추정된다.

간과 지방조직 중성지방 및 총콜레스테롤 함량

고지방-고콜레스테롤 식이와 구운 마늘 분말의 첨가 수

Table 8. Contents of triglyceride and total cholesterol in liver of rats fed a high-fat/high-cholesterol diet containing baked garlic powder (mg/g, wet weight)

Groups	Triglyceride	Total cholesterol
N	12.41±0.76 ^b	3.73±0.55 ^c
C	35.57±3.37 ^a	9.11±1.05 ^a
GPL	30.47±1.25 ^a	6.50±0.40 ^b
GPH	28.27±2.21 ^a	6.06±0.20 ^b

Groups are the same as in Table 1. Mean±SE (n=8). Values with different superscripts (a-c) in the same column significantly different (p<0.05) among groups by Tukey's test.

준을 달리하여 4주간 급여한 흰쥐의 간과 지방조직 중성지방 및 총콜레스테롤 함량 변화는 Table 8과 9와 같다. 간조직 중성지방 및 총콜레스테롤 함량은 Table 8에서와 같이 대조군(C)이 정상군(N)에 비하여 유의하게 증가하였다. 이 결과는 고콜레스테롤 식이를 급여한 흰쥐의 경우 혈청 내 중성지방과 콜레스테롤 함량이 증가하면 간의 중성지방과 콜레스테롤 함량도 증가하였다고 보고한 Kang과 Kang(15)의 연구 결과와 유사한 경향이었다. 간조직 중성지방 함량의 경우 구운 마늘 분말 1.5%와 3% 첨가군들(GPL, GPH)은 대조군(C)과 유의차가 없었다. 그러나 간조직 총콜레스테롤 함량의 경우는 구운 마늘 분말 1.5%와 3% 첨가군들(GPL, GPH)이 대조군(C)에 비하여 각각 28.65%와 33.48%씩 유의하게 감소하였다. 구운 마늘 첨가 수준에 따른 차이는 볼 수 없었다. Kang 등(31)은 처리조건을 달리한 3% 마늘 분말(생마늘, 증숙마늘, 흑마늘)의 급여는 간조직 중성지방의 함량에는 유의차가 없었으나 총지방과 총콜레스테롤 함량은 대조군에 비하여 감소되었다고 보고하였다. 또한 Choi 등(42)은 2~4%의 마늘 분말 첨가가 1% 고콜레스테롤 식이를 급여한 흰쥐의 간조직 콜레스테롤 수준을 30% 정도 감소시켰다고 보고하여 본 연구 결과와 유사한 경향을 보였다. 반면, Kang과 Kang(15), Jo와 Choi(43)는 간조직 중성지방과 총콜레스테롤 함량은 대조군보다 마늘군에서 낮았으나 두 군 간에 유의적 차이는 나타나지 않았다고 보고하였는데, 본 연구에서는 구운 마늘 급여에 따라 간조직 중성지방 함량은 유의적 차이가 없었으나 총콜레스테롤 함량은 유의하게 저하되었다.

장간막지방조직의 중성지방 및 총콜레스테롤 함량은 Table 9와 같이 대조군(C)이 정상군(N)에 비하여 유의하게 증가하였다. 장간막지방조직의 중성지방 함량은 구운 마늘 분말 1.5%와 3% 첨가군들(GPL, GPH)과 대조군(C) 간에

Table 9. Contents of triglyceride and total cholesterol in adipose tissues of rats fed a high-fat/high-cholesterol diet containing baked garlic powder (mg/g, wet weight)

Groups	Mesenteric AT		Epididymal AT	
	Triglyceride	Total cholesterol	Triglyceride	Total cholesterol
N	304.42±18.42 ^b	16.16±1.16 ^c	466.40±17.02 ^c	20.15±1.33 ^b
C	442.79±44.01 ^a	30.93±2.00 ^a	742.41±20.21 ^a	36.07±1.07 ^a
GPL	379.51±21.62 ^{ab}	27.87±1.67 ^{ab}	586.72±34.79 ^b	29.99±3.20 ^a
GPH	372.62±33.21 ^{ab}	24.78±1.15 ^b	552.71±18.75 ^b	28.90±2.75 ^a

Groups are the same as in Table 1. AT: adipose tissue. Mean±SE (n=8). Values with different superscripts (a-c) in the same column significantly different (p<0.05) among groups by Tukey's test.

유의적 차이는 없었으나, 장간막지방조직의 총콜레스테롤 함량은 3% 구운 마늘 분말 첨가군(GPH)이 대조군(C)에 비하여 19.88% 유의하게 저하되었다. 부고환지방조직의 중성지방 및 총콜레스테롤 함량도 대조군(C)이 정상군(N)에 비하여 유의하게 증가하였다. 부고환지방의 중성지방 함량의 경우 구운 마늘 분말 1.5%와 3% 첨가군들(GPL, GPH)은 대조군(C)에 비하여 각각 20.97%와 25.55%로 유의적으로 감소하였으나, 부고환지방조직의 총콜레스테롤 함량은 유의적 차이가 나타나지 않았다.

본 연구 결과 고지방-고콜레스테롤 식이를 급여한 흰쥐에게 구운 마늘 분말의 급여는 고지방-고콜레스테롤 식이로 증가된 간조직과 장간막지방조직의 총콜레스테롤 함량, 부고환조직의 중성지방 함량을 저하시키는 것으로 나타났다. 본 연구에서 사용한 구운 마늘과 같이 열처리한 마늘은 생마늘에 비하여 총 페놀과 플라보노이드 함량이 더 높으며, 마늘의 경우 혈액 내 지질 함량을 감소시키는 주된 물질인 thiosulfate와 같은 함황화합물의 함량도 고온으로 처리할 경우 생성량이 더 증가되는 것으로 알려져 있어(44), 구운 마늘의 체내 지질 저하효과는 이러한 성분들에 의해 더욱 증진되는 것으로 사료되며, 구운 마늘로의 열처리 가공은 이미 알려져 있는 마늘의 지질대사 개선효과에 대해 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다.

요 약

본 연구는 구운 마늘 분말의 혈청, 간 및 지방조직의 체내 지질대사 개선효과와 항비만 효과를 살펴보기 위하여 5주령 된 흰쥐 수컷 32마리를 10일간 적응시킨 후 정상군(N), 고지방-고콜레스테롤 식이군(대조군, C), 고지방-고콜레스테롤 식이와 1.5% 구운 마늘 분말 첨가군(GPL) 및 고지방-고콜레스테롤 식이와 3% 구운 마늘 분말 첨가군(GPH)으로 나누어 4주간 실시하였다. 체중증가량과 식이섭취량은 실험군들 간에 유의한 차이를 보이지 않았고, 식이효율은 고지방-고콜레스테롤을 급여한 군들(C, GPL, GPH)이 대조군(C)에 비하여 증가하였다. 체중 100 g 당 간조직 및 장간막지방조직의 무게는 구운 마늘 급여에 따른 유의차는 없었고, 부고환지방조직의 무게는 구운 마늘 분말 1.5%와 3% 첨가군들(GPL, GPH)이 대조군(C)에 비하여 유의하게 감소하였다. 고지방-

고콜레스테롤 식이로 인하여 혈청 ALT, AST, ALP 및 LDH 활성이 증가되었으나, 혈청 AST 및 LDH 활성은 3% 구운 마늘 분말 첨가로 유의하게 저하되었다. 혈청 중성지방과 총콜레스테롤 함량은 고지방-고콜레스테롤 식이 급여로 유의하게 증가하였으며, 구운 마늘 분말 첨가 수준이 증가할수록 감소하는 경향을 보였으며 특히 3% 구운 마늘 분말 첨가군(GPH)은 대조군(C)에 비하여 유의하게 감소되었다. 고지방-고콜레스테롤 식이 급여로 감소되어진 혈청 HDL-콜레스테롤 함량은 구운 마늘 분말 첨가로 증가하였고, 혈청 LDL-콜레스테롤 함량, 동맥경화지수 및 심혈관위험지수는 구운 마늘 분말 첨가로 감소하여 동맥경화 및 심혈관 질환의 발병 위험률 감소 효과를 나타내었다. 고지방-고콜레스테롤 식이로 간과 지방조직의 중성지방 및 총콜레스테롤 함량이 증가되었으며, 고지방-고콜레스테롤 식이로 증가된 간조직과 장간막지방조직의 총콜레스테롤 함량, 부고환조직의 중성지방 함량은 구운 마늘 급여로 저하되었다. 이상의 실험 결과 구운 마늘은 고지방-고콜레스테롤 식이를 급여한 흰쥐의 혈청, 간 및 지방조직의 지질대사 개선에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타나 체내 지질대사 개선과 심혈관계 질환 예방효과가 클 것으로 기대된다.

문 헌

- Geise J. 1994. Spices and seasoning blends: a taste for all seasons. *Food Technol* 48: 87-98.
- Park KW. 1996. *Spice vegetable cultivation and use*. Korea University press, Seoul, Korea. p 1-8.
- Lee TB. 1979. *Illustrated flora of Korea*. Hangmunsa, Seoul, Korea. p 203.
- Hoong MS. 1992. *The culture of food in Korea*. Kyomoonsa, Seoul, Korea. p 79.
- Kim KJ, Do JR, Kim HK. 2005. Antimicrobial, antihypertensive and anticancer activities of garlic extract. *Korean J Food Technol* 37: 228-232.
- Kwon SK. 2003. Organosulfur compounds from *Allium sativum* and physiological activities. *J Appl Pharmacol* 11: 8-32.
- Lee JM, Cha TY, Kim SH, Kwon TK, Kwon JH, Lee SH. 2007. Monitoring on extraction conditions for physicochemical qualities of ethanol extract from garlic. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 1198-1204.
- Small LD, Bailey JH, Cavallito CJ. 1949. Comparison of some properties of thiosulfonates and thiosulfonates. *J Am Chem Soc* 71: 3565-3566.

9. Lawson LD, Wood SG, Hunges BD. 1991. HPLC analysis of allicin and other thiosulfonates in garlic clove homogenates. *Planta Med* 57: 263-270.
10. Jo KS, Kim HK, Ha JH, Park MH, Shin HS. 1990. Flavor compounds and storage stability of essential oil from garlic distillation. *Korean J Food Sci Technol* 22: 840-845.
11. Shin JH, Jung KM, Lee SJ, Yang SM. 2009. Biological activities of dried garlic, red ginseng and their mixture. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 1633-1639.
12. Kim YD, Seo JS, Kim KJ, Kim KM, Hur CK, Cho IK. 2005. Component analysis by different heat treatments of garlic (*Allium sativum* L.). *Korean J Food Preserv* 12: 161-165.
13. Hwang IG, Woo KS, Kim DJ, Hong JT, Hwang BY, Lee YR. 2007. Isolation and identification of an antioxidant substance from heated garlic. *Food Sci Biotechnol* 16: 963-966.
14. Chun HJ, Paik JE. 1997. Effect of heart treatment of garlic added diet on the blood of spontaneously hypertention rat. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 103-108.
15. Kang JA, Kang JS. 1997. Effect of garlic and onion on plasma and liver cholesterol and triglyceride and platelet aggregation in rats fed basal or cholesterol supplemented diets. *Kor J Nutr* 30: 132-138.
16. Jo HJ, Choi MJ. 2002. Effect of 1% garlic powder on serum and liver lipid and plasma amino acid concentration in rats fed cholesterol diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31:98-103.
17. Sheo HJ. 2000. Toxic effects of the megadose garlic juice in the rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 485-492.
18. Seo HJ. 1999. Effects of garlic on the blood lipids and other serum components in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 1339-1348.
19. Lee YC. 1991. Hypercholesterolemia in Korea and nutritional factors. *Korea Soc Lipidol Atherosc* 1: 111-122.
20. Reeves PG, Nielson FH, Fahey Jr GC. 1993. AIN-93 purified diets for laboratory rodents: final report of the American Institute of Nutrition ad hoc writing committee on the reformulation of the AIN-76A rodent diet. *J Nutr* 123: 1939-1951.
21. Friedwald W, Levy R, Fredrickson D. 1972. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem* 18: 499-502.
22. Rosenfeld L. 1989. Lipoprotein analysis. *Arch Pathol Lab Med* 113: 1101-1110.
23. Folch J, Lees M, Sloane-Stanley G. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem* 226: 497-509.
24. Zlatkis A, Zak B. 1969. Study of a new cholesterol reagent. *Anal Biochem* 29: 143-148.
25. Biggs HG, Erikson TM, Moorehead WR. 1975. A manual colorimetric assay of triglyceride in serum. *Clin Chem* 21: 437-441.
26. Joo EJ. 1978. A study on the changes of components in some organs and growth rate of Albino rats by feeding of experimental diet supplemented with garlic. *MS Thesis*. Sookmyung Women's University, Seoul, Korea. p 13-16.
27. Ahmed RS, Sharma SB. 1997. Biochemical studies on combined effects of garlic (*Allium sativum* Linn) and ginger (*Zingiber officinale* Rose) in albino rats. *Indian J Exp Biol* 35: 841-843.
28. Kim RJ, Lee SJ, Kim MJ, Hwang CR, Kang JR, Jung WJ, Sung NJ. 2010. Effects of fresh, red and black garlic powder on lipid metabolism of obese rats induced by high fat diet. *J Agric Life Sci* 44: 159-170.
29. Elkayam A, Mirelman D, Peleg E., Wilchek M, Miron T, Rabinkov A, Oron-Herman M, Rosenthal T. 2003. The effects of allicin on weight in fructose-induced hyperinsulinemic, hyperlipidemic, hypertensive rats. *Am J Hypertens* 16: 1053-1056.
30. Augusti KT, Mathew PT. 1974. Lipid lowering effect on allicin (diallyl disulfide-oxide) on long term feeding to normal rats. *Experientia* 15: 468-470.
31. Kang MJ, Lee SJ, Shin JH, Kang SK, Kim JG, Sung NJ. 2008. Effect of garlic with different processing on lipid metabolism in 1% cholesterol fed rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 162-169.
32. Kwon MJ, Nam TJ. 2006. Effects of mesangi (*Capsosiphon fulvecens*) powder on lipid metabolism in high cholesterol fed rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 530-535.
33. Plaa GL, Charbonneau M. 1994. Detection and evaluation of chemically induced liver injury. In *Principles and Methods of Toxicology*. Hayes AW, ed. Raven Press, New York, NY, Korea. p 839-870.
34. Lim SS, Kim MH, Lee JH. 1997. Effect of *Artemisia princeps* var *orientalis* and *Cirsium japonicum* var *ussuriense* on liver function body lipid and bile acid of hyperlipidemic rat. *Korean J Nutr* 30: 797-80.
35. Ki HY, Song SW, Ha CS, Han SS. 1993. Effects of the population density on growth and various physiological values of Sprague-Dawely rats. *Korean J Ani Sci* 9: 71-82.
36. Hikino H, Tohkin M, Bukiso Y, Namiki T, Nishimura S, Takeyama K. 1986. Antihepatotoxic action of *Allium sativum* bulbs. *Planta Med* 52: 163-168.
37. Joseph PK, Rao KR, Sundaresh CS. 1989. Toxic effects of garlic extract and garlic oil in rats. *Indian J Exp Biol* 27: 977-979.
38. Yu YY, Shaw MY. 1994. Garlic reduces plasma lipids by inhibiting hepatic cholesterol and triacylglycerol synthesis. *Lipids* 29: 189-193.
39. Gebhardt R. 1991. Inhibition of cholesterol biosynthesis by a water-soluble garlic extract in primary cultures of rat hepatocytes. *Arzneimittelforschung* 41: 800-804.
40. Han SY, Hu Y, Anno T, Yanagita T. 2002. S-propyl cysteine reduces the secretion of apolipoprotein B100 and triacylglycerol by HepG2 cells. *Nutrition* 18: 505-509.
41. Kamanna VS, Chandrasekhara N. 1982. Effect of garlic (*Allium sativum* Linn.) on serum lipoproteins and lipoprotein cholesterol levels in albino rats rendered hypercholesteremic by feeding cholesterol. *Lipids* 17: 483.
42. Choi MS, Koh ET, Stewart TJ. 1982. Effects of garlic on lipid metabolism in rats fed cholesterol or lard. *J Nutr* 112: 241-248.
43. Jo HJ, Choi MJ. 2002. Effect of 1% garlic powder on serum and liver lipid and plasma amino acid concentration in rats fed cholesterol diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 98-103.
44. Lee SJ, Shin JH, Kang MJ, Jung WJ, Ryu JH, Kim RJ, Sung NJ. 2010. Antioxidants activity of aged red garlic. *J Lié Sci* 20: 775-781.

(2011년 9월 6일 접수; 2011년 12월 20일 채택)