

매생이가 고콜레스테롤 식이 투여 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향

권미진 · 남택정[†]

부경대학교 식품생명공학부

Effects of Mesangi (*Capsosiphon fulvescens*) Powder on Lipid Metabolism in High Cholesterol Fed Rats

Mi-Jin Kwon and Taek-Jeong Nam[†]

Faculty of Food Science and Biotechnology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

Abstract

This study was conducted to investigate the effects of Mesangi (*Capsosiphon fulvescens*, CF, a green alga) on lipid metabolism in rats, which was examined by analyzing the lipid composition in serum. Male Sprague-Dawley rats were assigned to one of three groups: the basal diet, high cholesterol, and high cholesterol supplemented with 5% dry Mesangi powder (CF-supplemented group). The body weight gains and food efficiency ratios of the rats fed the CF-supplemented diet were lower than those of the rats fed the basal diet. The levels of total lipid, total cholesterol, and LDL-cholesterol in serum were reduced in the CF-supplemented group as compared to the cholesterol group. However, the level of HDL-cholesterol in blood increased with the addition of CF to the diet. Furthermore, levels of total lipid and cholesterol of liver in experimental group fed CF were significantly lower than the cholesterol group. A decrease in leptin expression levels was observed in the CF-supplemented group as compared to the cholesterol group. These results suggest that the addition of CF in hypercholesterolemic rats has an effect on the improvement of serum and liver levels of cholesterol, which may be related to the regulation of the atherogenic index and lipid metabolism in rats fed CF.

Key words: *Capsosiphon fulvescens*, lipid metabolism, atherogenic index

서 론

최근 해조류의 다양한 생리화학적 효과가 검증되면서 해조류 유래 생리활성 물질에 대한 관심이 고조되고 있으며, 특히 식이섬유가 풍부하기 때문에 고콜레스테롤혈증의 예방 및 치료제 개발을 위한 연구가 활발히 진행 중이다. 대표적인 저열량식품 중 하나인 해조류는 성인병의 원인인 동맥경화, 심근경색, 고혈압, 뇌졸중 등에 대한 예방효과(1)와 갈조류의 대표적인 생리활성 물질인 알긴산의 노화억제(2), 중금속의 장내흡수 저해와 항암효과(3,4) 등이 보고되고 있다. 뿐만 아니라 우리나라 해조류 중 가장 양식 생산량이 많고 우수한 식이섬유 급원인 김으로부터 추출한 포피란의 경우, 콜레스테롤 저하작용, 항균효과 및 항암효과(5,6)를 비롯하여 푸코이당의 항응고·항산화 효과(7-9) 등 다양한 생리적 기능도 규명되고 있다.

앞서 제시한 바와 같이 홍조류인 김에서 추출한 포피란이나 갈조류 유래 푸코이당은 대표적인 해조다당류로 알려져 있으며, 항암, 항바이러스, 항응고작용 등의 생리효과 뿐만

아니라 함황함량의 증가로 그 효과를 향상시키거나 저분자화를 통해 생체내 이용률을 높이는 등 산업적으로 실용성을 높이고 있다(10,11). 다당류뿐만 아니라 해조류내 함유되어 있는 단백질을 분리, 효소처리하여 혈압조절 기능의 ACE(angiotensin I converting enzyme) 저해활성을 나타내는 기능성 펩타이드의 연구도 활발히 진행 중이다(12). 이처럼 다양한 해조류의 검색과 더불어 해조류 내에 함유되어 있는 생리기능성 물질 탐색의 필요성에 따라 해조류의 이용가치는 더욱더 높아지고 있다.

매생이는 주로 우리나라 완도, 부산 등의 남해안 지역에 서식, 분포하고 있으며 갈파래목·갈파래과의 매생이속에 속하는 녹조식물이다. 철분, 칼륨, 요오드 등 각종 무기염류와 비타민 A, C 등을 다량 함유하고 있으며(14), 특유의 향과 감미로 그 수요가 증가하고 있으나 매생이에 관한 연구는 거의 이루어져 있지 않다. 매생이는 매년 12월에서 2월 사이가 제철인데, 채취시기에 따라 일반성분 및 무기질 함량 등에 차이가 있지만(14), 약 50%의 당질과 35%의 단백질을 함유하고 있어 식품으로서의 우수한 기호성 외에도 생리기

[†]Corresponding author. E-mail: namtj@pknu.ac.kr
Phone: 82-51-620-6337. Fax: 82-51-620-6330

능성 물질의 활용가치가 높을 것으로 예상된다.

따라서 본 연구는 많은 당질과 단백질을 함유하고 있는 매생이가 동물의 체내 지질대사에 영향을 미칠 것이라는 가정 하에 다음과 같이 지질대사 관련연구를 검토하였다.

재료 및 방법

매생이 분말 제조

전남 장흥군 내저리에서 매생이를 흐르는 물에 3번 수세한 후, 동결건조기로 건조하였다. 건조된 매생이는 식품분쇄기(HANIL, FM-681)로 미세하게 분쇄하여 사용하였다.

실험동물 사육 및 식이조성

본 실험에서는 4주령된 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐 30마리를 (주)샘타코(Korea)에서 구입하여 사용하였다. 실험식이 시작 전 1주일간은 고형배합사료로 적응시킨 후, 체중을 고려하여 10마리씩 3군으로 임의 배치한 다음, 적정환경(온도 20±2°C, 명암은 12시간 주기)에서 5주간 사육하였으며, 체중은 주 1회 측정하였다.

실험식은 기초식이군(Basal), 1% 콜레스테롤군(CHOL), 1% 콜레스테롤+5% 매생이분말군(CF)으로 나누었다. 본 실험에서 사용한 기초 식이군과 실험군의 식이조성은 Table 1과 같이 배합하였고, 모든 식이와 음용수는 자유 섭취방법으로 급여하면서 하루에 한번 일정한 시간에 섭취량을 측정하였다. 식이효율(Feed Efficiency Ratio, FER)은 체중증가량을 식이섭취량으로 나누어 계산하였다.

시료의 수집 및 처리

사육기간이 끝난 실험동물들은 12시간 절식시킨 후, ethyl ether로 마취하여 단두한 다음 채혈하였다. 채혈된 혈액은 실온에서 1시간 방치하였다가 3,000 rpm에서 15분간 원심분리 후, 혈청을 분리하여 분석시까지 냉동 보관하였다. 간장은 채취한 즉시 생리식염수로 세척, 여과지로 물기를 제거하여 중량을 측정한 후, 액체질소에 급속 동결한 다음 -70°C에

서 냉동 보관하였다. 간장 내 지질함량을 측정하기 위하여 간 조직 0.5 g을 조직균질기로 마쇄한 후 hexane:isopropanol 혼액(3:1, v/v)으로 지질을 추출하였다. 지질추출기를 질소가스로 농축한 다음, chloroform:methanol 혼액(2:1, v/v) 1 mL에 용해하여 지질농도를 측정하였다.

혈청과 간조직의 지질분석

중성지질과 총콜레스테롤의 농도는 표준효소법에 의해 Triglyzime-V와 CHOLESTEZyme-V kit(신양화학, Korea)를 사용하였는데, 혈청을 포함한 지질시료 10 µL에 효소시액 1.5 mL를 섞어 37°C에서 5분간 반응시켜 505 nm 파장에서 그 흡광도를 측정하였다(Ultraspec 2001 pro. Amersham Phamacia Biotech, England). HDL-콜레스테롤의 농도는 혈청 및 간장조직으로부터 추출한 지질추출시료 각 100 µL를 취하여 HDL-C555 kit(신양화학, Korea)를 사용하여 phosphotungstic acid-Mg⁺⁺ 헤파린·망간 결합 침전법으로 반응시켜 분광광도계로 측정하였다. LDL-콜레스테롤은(총콜레스테롤-HDL-콜레스테롤)-(중성지질/5)로 계산하여 나타내었다.

혈청 GOT 및 GPT 활성 측정

간의 손상정도를 측정하기 위하여 Reitman-Frankel의 방법에 따라 제조된 glutamic oxaloacetic transaminase(GOT) 및 glutamic pyruvic transaminase(GPT) 활성측정용 혈청 transaminase 측정 kit(신양화학)를 사용, 분광광도계(Ultraspec 2001 pro. Amersham Phamacia Biotech., England)로 505 nm에서 측정하였다.

혈중 비만유전자 렙틴 단백질 발현 측정

혈청 중의 렙틴 단백질 발현은 혈청 2 µL를 취하여 최종농도가 1×Laemmli sample buffer와 0.1 M DTT가 되도록 희석하여 전기영동 샘플로 사용하였다. 12.5% polyacrylamide gel에 주입시켜 분리된 단백질은 Immobilon-P membrane(Millipore, pore size: 0.1 µm, USA)으로 옮겼다. 이때 표준 분자량은 rainbow high molecular marker(Amersham, USA)를 사용하였다. 분리된 단백질은 Super Signal West Pico Chemiluminescent Substrate(PIERCE, Biotechnology, Inc., USA)를 이용하여 leptin 단백질 발현을 확인하였다. 1% BSA를 함유하는 1×TBS-T(tris-buffered saline containing 0.1% Tween 20)로 한시간 반응시킨 다음, 렙틴 1차 항체(Anti-leptin polyclonal rabbit IgG, Santa Cruz Biotechnology Inc., USA)를 1% BSA가 포함된 TBS-T에 1:1,500으로 희석하여 4°C에서 하룻밤 반응시켰다. 다음날, TBS-T로 10분간 3번 세척한 후, peroxidase labelled anti-rabbit antibodies 2차 항체(1:1,500)를 사용하여 실온에서 2시간 반응시켰다. 2차 항체로 반응시킨 membrane은 TBS-T로 10분간 3번 세척하고 Super Signal West Pico Stable Peroxide Solution과 Super Signal West Pico Luminol/Enhancer Solution을 사용하여 KODAK X-ray 필름에 감광시켰다. X-

Table 1. Formulation of experimental diets (g/kg)

Constituents	Test animal group ¹⁾		
	B	CHOL	Exp-CF
Corn starch	496	483.5	433.5
Sucrose	124	124	124
Casein	180	180	180
Lard	100	100	100
Corn oil	50	50	50
Mineral mixture	35	35	35
Vitamin mixture	10	10	10
Choline chloride	2	2	2
Methionine	3	3	3
Cholesterol	0	10	10
Sodium cholate	0	2.5	2.5
Mesangi powder	0	0	50

¹⁾B, fed the basal diet; CHOL, fed the cholesterol diet; Exp-CF, fed the cholesterol diet containing the Mesangi powder.

ray 필름을 현상하여 랩틴 단백질 발현수준을 밴드로 확인하였다. 각각의 밴드는 스캐닝 덴시토미터(SHARP SCAN JX-330, Pharmacia Biotech)로 정량분석하였다.

통계분석

실험자료는 평균±표준편차로 표시하였으며, 유의수준 p<0.05로 Student's *t*-test를 실시하였다.

결과 및 고찰

식이섭취량, 체중증가량 및 식이효율

Table 2는 5주간 실험식이로 사육한 후 식이섭취량과 체중증가량 및 식이효율을 나타낸 것이다. 식이섭취량은 군간에 유의적인 차이가 없었고, 체중증가량은 콜레스테롤 급이군이 가장 높게 나타난 반면, 콜레스테롤과 함께 급여한 매생이 급이군은 유의적으로 낮게 나타났으므로, 이는 콜레스테롤과 함께 급여한 매생이 급이군에 체중을 감소시키는 효과가 있음을 나타낸다. 그리고 식이효율은 콜레스테롤 급이군이 다른 두 군에 비해 약간 높게 나타났으나, 군간에 유의적인 차이가 없었다. Jung 등(15)은 김의 활성성분인 포피란을 식이에 혼합하여 섭취시켰을 때, 정상군에 비해 포피란 섭취군에서 식이섭취량이 높게 나타났음에도 불구하고 체중증가량은 다른 군간에 유의적인 차이가 없었다고 보고하였다. 또한 5% 알긴산을 급여하였을 때 곤약, 팥된 등의 다른 식이섬유를 급여한 군에 비해 체중이 감소하였고(16), 글루코만난, 다시마(17) 등을 급여한 군에서 체중증가가 현저히 억제된 바와 같이 본 연구에서도 매생이 급이로 인해 체중이 감소되었음을 확인하였다.

혈청지질에 미치는 영향

식이로 급여된 매생이가 흰쥐의 혈청 중 지질함량에 미치는 영향을 알아보기 위하여 중성지방, 총콜레스테롤, LDL-및 HDL-콜레스테롤치를 측정하였으며, 그 결과는 Table 3과 같다. 본 연구에서는 콜레스테롤 급이군의 혈청 내 중성지방, 총 콜레스테롤, LDL-콜레스테롤 농도가 기초식이군에 비해 유의적인 증가현상을 보였지만, 매생이 급이로 인하여 중성지방은 약 22%, 총콜레스테롤은 약 26%, LDL-콜레스테롤은 약 37% 정도의 감소효과를 나타내었다.

Table 2. Food intake, weight gain and food efficiency ration of rats fed the experimental diets for 5 weeks

Group ¹⁾	Food intake (g/day)	Weight gain (g/day)	Food efficiency ratio
Basal	17.84±1.24 ²⁾	6.67±0.15	0.37±0.03
CHOL	17.91±1.15	7.31±0.97*	0.40±0.03
mExp-CF	17.36±1.41	6.84±0.19**	0.39±0.02

¹⁾Refer to the footnote of Table 1.
²⁾All data were calculated by mean±SD for 10 individuals.
 *Significantly different in Student's *t*-test from Basal (p<0.05).
 **Significantly different in Student's *t*-test from CHOL (p<0.05).

Table 3. Triglyceride and cholesterol levels in the serum of the rats fed the experimental diets for 5 weeks (mg/dL)

	Group ¹⁾		
	Basal	CHOL	Exp-CF
Triglyceride	45.36±6.6 ²⁾	63.87±4.5*	49.69±4.7**
Total cholesterol	68.7±6.2	145.7±3.3*	107.6±4.6**
HDL-cholesterol	15.9±2.9	32.4±1.8*	28.7±3.7**
LDL-cholesterol	27.2±4.9	98.8±2.2*	62.5±6.9**

¹⁾Refer to the footnote of Table 1.
²⁾All data were calculated by mean±SD for 10 individuals.
 *Significantly different in Student's *t*-test from Basal (p<0.05).
 **Significantly different in Student's *t*-test from CHOL (p<0.05).

섭취한 열량은 대부분 체내에서 소비되지만, 소비되고 남은 에너지는 지방으로 전환되어 체내 피하조직과 복강내 축적된다. 지방축적으로 나타나는 비만이 주원인인 고지혈증, 고콜레스테롤증은 임상적으로도 문제시되고 있으며, 특히 콜레스테롤은 간장에서 합성이 제대로 조절되지 않으면 동맥경화를 포함한 심혈관계 질환을 유발한다. HDL-콜레스테롤은 동맥경화를 개선시켜주고, 과다하게 생성된 말초조직의 콜레스테롤을 간으로 이동시켜 혈중 콜레스테롤을 저하시킨다(18). 고지방식이가 흰쥐의 혈청과 간내 총지질, 중성지질, 콜레스테롤 함량을 증가시킨 반면(19,20) 쿠리섬유나(21) 해조류에서 추출한 sodium alginate 식이가 이를 저해시킴으로써(16) 해조류 유래 식이섬유를 포함한 다당류의 혈청지질개선 효과가 잘 나타나있다. 본 실험결과에서도 매생이 급여가 식이로 고콜레스테롤을 유도한 경우 총콜레스테롤, LDL-콜레스테롤, 중성지방을 감소시키고 HDL-콜레스테롤을 상승시키는 결과를 초래하여 지질대사 개선에 효과적인 것으로 나타났다. 뿐만 아니라 Table 4와 마찬가지로, 총콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤의 비율은 다른 두 군에 비해 매생이 급이군이 유의적으로 증가되어, 그 비율을 높이는 효과가 있는 것으로 나타났으며, 심혈관질환의 위험도 판정에 이용되는 동맥경화지수(AI) 또한 유의적으로 감소되었다.

순환기계로부터 오는 성인병은 주로 LDL-콜레스테롤의 함량으로 평가하고, 동맥경화에 의하여 발생하는 발병초기 지표로 동맥경화지수를 이용하고(22) 또한 총콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤의 비율은 개개의 지단백질 농도들보

Table 4. The atherogenic index of rats fed the experimental diets for 5 weeks (mg/dL)

	Group ¹⁾		
	Basal	CHOL	Exp-CF
HDL-C/T-C (%) ²⁾	23.1±3.3	22.2±4.5	28.7±4.5*
AI ³⁾	3.3±0.3	3.5±0.2	2.7±0.3*

¹⁾Refer to the footnote of Table 1.
²⁾HDL-C/T-C (%)=(HDL-cholesterol÷Total cholesterol)×100.
³⁾AI=(Total cholesterol-HDL-cholesterol)÷HDL-cholesterol.
 *Significantly different in Student's *t*-test from CHOL (p<0.05).

다 심장질환의 위험정도를 잘 나타내 준다고 보고되어 있다(23,24). 본 실험결과 매생이 섭취로 순환기계 질환의 지표로 이용되는 LDL-콜레스테롤 농도 및 동맥경화지수를 낮추는 효과가 있고, 심장질환의 위험정도를 나타내는 총콜레스테롤 농도에 대한 HDL-콜레스테롤 농도의 비율을 높이는 효과가 있어 혈청의 지질 농도를 개선하여 순환기질환의 예방 효과가 있는 것으로 나타났다.

간장중의 지질에 미치는 영향

매생이와 함께 고콜레스테롤혈증을 유발한 쥐의 간장중의 중성지질과 총콜레스테롤 함량을 측정한 결과는 Table 5에 나타내었다. 간장중의 중성지질 함량은 기초식이군에 비해 콜레스테롤 급이군이 유의적으로 높게 나타났으며, 매생이 급이군은 콜레스테롤 급이군에 비하여 약 25% 감소한 것으로 나타났으나, 기초식이군 수준으로 감소되지는 않았다. 간장중의 총콜레스테롤 함량은 중성지질과 마찬가지로 콜레스테롤 급이군이 가장 높게 나타났으며, 매생이 급이군은 콜레스테롤 급이군에 비해 유의적으로 약 29% 감소하였고, 이는 기초식이군과 별 차이가 없었다. 일반적으로 수용성 식이섬유는 장내용물의 점성을 증가시켜 지질 흡수를 저해하여(25) 혈청과 간의 콜레스테롤 함량을 낮추는데에 효과적이다(26,27). 흰쥐에 고지방식을 급여한 경우 비교적 빨리 지방간이 형성되고(28), 고콜레스테롤 식이와 팩틴을 함께 급여한 결과, 혈중 콜레스테롤뿐만 아니라 간의 총콜레스테롤 및 유리 콜레스테롤 또한 현저히 감소하였는데(29), 이는 본 실험의 매생이 급이군의 결과와 일

치하였다.

식이에 따른 혈중 렙틴 발현

렙틴은 지방조직의 ob gene에서 생산되는 약 16 kDa의 호르몬으로 그 혈중농도가 지방조직의 양과 비례하고, 체중 감소를 통한 체지방량의 변화는 렙틴농도의 감소와 관련이 있다(30). 그러므로 실험식이에 따른 혈청 중 렙틴의 발현 정도를 살펴본 결과, 콜레스테롤을 식이에 첨가하여 고콜레스테롤혈증을 유도하였을 때 혈중 렙틴 발현정도가 증가된 반면, 콜레스테롤과 동시에 매생이를 급여하였을 때에는 그 발현정도가 현저히 감소되었다(Fig. 1). 최근에는 비만과 관련한 체중조절에 있어서 혈중 렙틴의 변화와 변화요인 및 작용기전에 대한 연구가 활발히 진행 중이다. 고지방식이 섭취시 마우스의 혈중 렙틴 농도가 유의적으로 증가하였고(31), 대부분의 비만 대상자들에게서 정상인에 비해 혈중 렙틴 농도가 높게 나타났으며, 유전 혹은 식이에 의하여 비만을 유발시킨 동물에게서 정상군에 비해 렙틴 농도가 높은 것으로 보고되었다(32,33). 또한 Ferderich 등(33)은 12주 동안의 고지방식이 섭취시 지방조직에서 렙틴 단백질의 증가를 확인함으로써 고지방식이 섭취시 나타나는 혈중 렙틴 발현증가는 ob 유전자 발현의 증가에 따른 것임을 확인할 수 있었다. 이와 마찬가지로, 본 연구에서도 콜레스테롤 급이군에서 혈중 렙틴 발현량이 증가한 반면, 매생이 급여시 혈중 렙틴 발현이 감소되어, 매생이 급여를 통한 체중감소효과 및 지질개선효과가 혈중 렙틴 발현과 일치함을 확인할 수 있었다.

혈청 GOT와 GPT 활성

고콜레스테롤과 매생이분말 투여가 혈청의 간기능지표 효소인 GOT와 GPT 활성에 미치는 영향을 살펴본 결과는 Table 6에 나타낸 바와 같다. 혈청 GOT와 GPT 활성은 간세포의 변성과 괴사를 반영하는 효소로서 간 조직 손상시 혈중으로 다량 유출된다. GOT 활성은 기초식이군에 비해 실험군에서 모두 높게 나타났는데, 매생이분말을 급여한 실험군의 경우 기초식이군에 비해 다소 높게 나타났지만, 콜레스테롤 섭취군보다는 낮았다. GPT 활성은 콜레스테롤 급이군에

Table 5. Contents of triglyceride and cholesterol in liver of rats fed the experimental diets for 5 weeks (mg/g)

	Group ¹⁾		
	Basal	CHOL	Exp-CF
Triglyceride	41.8±0.3 ²⁾	117.84±1.1*	89.14±0.8*
Total cholesterol	57.2±3.7	87.9±2.1*	62.7±2.4*

¹⁾Refer to the footnote of Table 1.

²⁾All data were calculated by mean±SD for 10 individuals.

*Significantly different in Student's *t*-test from Basal or CHOL (p<0.05).

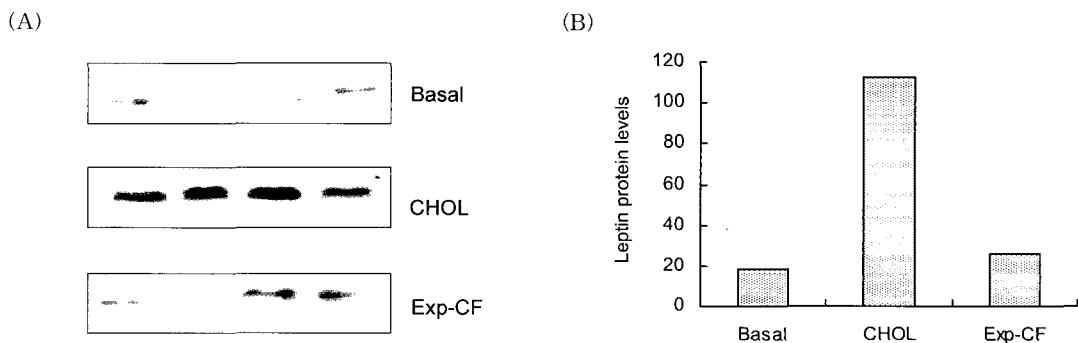


Fig. 1. Leptin expression levels in the serum of the rats fed the experimental diets for 5 weeks. (A) Representative immunoblot analysis band for leptin, (B) Quantitative analysis of leptin levels using densitometer.

Table 6. GOT and GPT in the serum of the rats fed the experimental diets for 5 weeks (mg/dL)

	Group ¹⁾		
	Basal	CHOL	Exp-CF
GOT (Karmen)	39.2±2.5 ²⁾	47.2±2.8*	41.3±5.7*
GPT (Karmen)	19.2±4.3	33.0±9.1*	14.5±2.9*

¹⁾Refer to the footnote of Table 1.

²⁾All data were calculated by mean±SD for 10 individuals.

*Significantly different in student T-test from Basal or CHOL (p<0.05).

서 현저히 높게 나타난 반면 기초식이군과 매생이 급이군의 경우는 유의적으로 감소하였다. 즉, 콜레스테롤과 함께 매생이를 급이한 경우, 기초식이군과 비슷한 간기능을 유지함으로써 지방섭취가 증가되고 있는 식생활에 있어서 매생이를 이용, 고지방식품 및 식단에 첨가·조리하여 섭취한다면 앞서 제시한 혈청지질 개선효과 뿐만 아니라 간기능 유지에도 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다.

요 약

본 연구는 다량의 당질과 단백질을 함유하고 있는 매생이가 동물의 체내 지질대사에 미치는 영향을 검토하였다. SD계 흰쥐를 기초식이군과 1% 콜레스테롤 급이군, 그리고 콜레스테롤과 동시에 5% 매생이를 급이한 매생이 급이군으로 나누어 5주간 급여하여 혈액과 간 중의 지방과 콜레스테롤 함량을 측정하고, 비만 유전자인 랩틴 단백질의 발현정도를 측정하였다. 혈청 중 중성지방과 총콜레스테롤 함량은 기초식이군에 비해 콜레스테롤 급이군에서 높게 나타났으며, 매생이 급이군은 콜레스테롤 급이군에 비해 유의하게 낮았다. 혈청 중 HDL-콜레스테롤 함량은 콜레스테롤 급이군에서 가장 낮게 나타났으나, 콜레스테롤과 함께 급이한 매생이 급이군에서는 높아지는 경향을 나타내었다. 간 중의 중성지방과 총콜레스테롤 함량 또한 콜레스테롤 급이군에 비해 매생이 급이군에서 유의적으로 낮은 경향을 나타내었다. 즉, 고콜레스테롤혈증이 유발된 흰쥐에 대한 매생이 급이가 다른 해조류와 마찬가지로 기능성 식이섬유로서 작용하여 혈청 및 간 내 콜레스테롤, 중성지질 및 LDL-콜레스테롤 농도의 저하, HDL-콜레스테롤 농도의 상승 및 동맥경화지수의 저하 등 지질개선 효과가 있는 것으로 확인되었다. 따라서, 동결건조하여 분말화시킨 매생이 자체만으로도 혈청 또는 간장에서의 지질개선 뿐만 아니라 심혈관계 질환의 치료를 목적으로 하는 식품소재로서의 활용이 가능할 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 해양수산부 마린바이오21사업의 해양바이오프

로세스연구단 연구비 지원(과제관리번호 P-2004-02)에 의해 수행되었습니다.

문 헌

- Kim DS, Lee DS, Cho DM, Kim HR, Pyeun JH. 1999. Trace components and functional saccharides in marine algae 2. dietary fiber contents and distribution of the algal polysaccharides. *Bull Korean Fish Soc* 28: 270-278.
- Choi JH, Kim IS, Kim JI, Yoon TH. 1992. Studies on anti-aging action of brown algae (*Undaria pinnatifida*) 2. dose effect of alginic acid as a modulator of anti-aging action in liver membranes. *Bull Korean Fish Soc* 25: 181-188.
- Lee YS, Kim DS, Ryu BH, Lee SH. 1992. Antitumor and immunomodulating effects of seaweeds toward sarcoma-180 cell. *J Korean Soc Food Nutr* 21: 544-550.
- Cho KJ, Lee YS, Ryu BH. 1990. Anti-tumor effect and immunological activity of seaweeds toward sarcoma-180. *Bull Korean Fish Soc* 23: 345-352.
- Hong SP, Koo JK, Jo KS, Kim DS. 1997. Physicochemical characteristics of water or alcohol soluble extracts from laver, *Porphyra yezoensis*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 10-16.
- Koo JK, Jo KS, Do JR, Park JH, Yang CB. 1995. Chemical properties of fucoidans from *Hizikia fusiformis* and *Sargassum fulvellum*. *Bull Korean Fish Soc* 28: 659-666.
- Nishino T, Aizu Y, Nagumo T. 1991. Antithrombin activity of a fucan sulfate from the brown seaweed. *Ecklonia Kurome Thromb Res* 62: 765-773.
- Takashi N, Terukazu N. 1991. The sulfate-content dependence of the anticoagulant activity of a fucan sulfate from the brown seaweed. *Ecklonia Kurome Carbohydr Res* 214: 193-197.
- Koo JG, Chang SH, Kim JB, Cho KS. 1997. Chemical characteristics of fucoidan extracted from the Korean brown seaweed. *Food Sci Indust* 30: 157-163.
- Zemani F, Benisvy D, Galy-Fauronx I, Lokajczyk A, Collic-Jouault S, Uzan G, Fisher AM, Boisson-Vidal C. 2005. Low molecular weight fucoidan enhances the pro-angiogenic phenotypes of endothelial progenitor cells. *Biochem Pharmacol* 70: 1167-1175.
- Liu H, Geng M, Xin X, Li F, Zhang Z, Li J, Ding J. 2005. Multiple and multivalent interactions of novel anti-AIDS drug candidates, sulfated polymannuronate (SPMG)-derived oligosaccharides, with gp120 and their anti-HIV activities. *Glycobiology* 15: 501-510.
- Kim YM, Do JR, In JP, Park JH. 2005. Angiotensin I converting enzyme (ACE) inhibitory activities of laver (*Porphyra tenera*) protein hydrolysates. *Korean J Food & Nutr* 18: 11-18.
- Kang YS. 2000. *A comprehensive bibliography on the fishery special commodity in Korea*. Suhyepmunhwasa, Seoul. p 418-421.
- Jung KJ, Jung CH, Pyeun JH, Choi YJ. 2005. Changes of food components in mesangi (*Capsosiphon fulvecense*), gashiparae (*Enteromorpha prolifera*), and cheonggak (*Codium fragile*) depending on harvest times. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 687-693.
- Jung KJ, Jung BM, Kim SB. 2001. Effect of porphyran isolated from laver, *Porphyra yezoensis*, on lipid metabolism in hyperlipidemic and hypercholesterolemic rats. *Korean J Food Sci Technol* 33: 633-640.
- Tsuji K, Oshima E, Matsuzaki A, Nakamura S, Tezuka T.

1968. Effect of polysaccharides on cholesterol metabolism (part I). Studies on konnyaku powder, sodium alginate, and pectin. *Jap J Nutr* 26: 113-122.
17. Suzuki T, Nakai K, Yoshie Y, Shirai Y, Hirano T. 1993. Digestibility of dietary fiber in brown alga, kombu, by rats. *Nippon Suisan Gakkaishi* 59: 879-884.
18. Tall AR. 1990. Plasma high lipoproteins metabolism and relationship to atherogenesis. *J Clin Invest* 86: 379-384.
19. Chung KH, Cho SH, Shin EN, Choi KH, Choi YS. 1988. Effects of alcohol consumption and fat content in diet on chemical composition and morphology of liver in rat. *Korean J Nutr* 21: 154-163.
20. Garg ML, Thomson AB, Clandinin MT. 1988. Effect of dietary cholesterol and ω 3 fatty acids on lipid composition and 5-desaturase activity of rat liver microsomes. *J Nutr* 118: 661-668.
21. Ney DM, Lasekan JB, Shinnick FL. 1988. Soluble oat fiber tends to normalize lipoprotein composition in cholesterol-fed rats. *J Nutr* 118: 1455-1462.
22. Haglund O, Loustarinen R, Wallin R, Wibell I, Saldeen T. 1991. The effect of fish oil on triglycerides, cholesterol, fibrinogen and malondialdehyde in humans supplemented with vitamin. *Eur J Nutr* 121: 165-172.
23. Prasad K. 1999. Reduction of serum cholesterol and hypercholesterolemic atherosclerosis in rabbits by secoisolariciresinol diglucoside isolated from flaxseed. *Circulation* 99: 1355-1362.
24. Kinoshian B, Glick H, Preiss L, Puder KI. 1995. Cholesterol and coronary heart disease: predicting risk in men by changes in levels and ratios. *J Invest Med* 43: 443-450.
25. Yamaguchi F, Uchida S, Watabe S, Kojima H, Shimizu N, Hatanaka C. 1995. Relationship between molecular weights of pectin and hydrocholesterolemic effects in rats. *Biosci Biotech Biochem* 59: 2130-2131.
26. Anderson JW, Jones AE, Mason SR. 1994. Ten different dietary fibers have significantly different effects on serum and liver lipids of cholesterol fed rats. *J Nutr* 124: 78-83.
27. Kuda T, Goto H, Yokoyama M, Fujii T. 1997. Effects of edible marine algae on cecal microflora and levels of serum lipid in rats. *Nippon Suisan Gakkaishi* 63: 928-933.
28. Rhee SJ, Park HK. 1984. Changes of lipid content and histochemical observation in liver of rats fed high fat diet. *Korean J Nutr* 17: 113-125.
29. Fernandez ML, Trejo A, McNamara DJ. 1990. Pectin isolated from prickly paper modifies low density lipoprotein metabolism in cholesterol-fed guinea pigs. *J Nutr* 120: 1283-1288.
29. Kraemer RR, Chu H, Castracane VD. 2002. Leptin and exercise. *Eep Biol Med* 227: 701-708.
30. Ostrund RE, Yang JW, Klein S, Gingerich R. 1996. Relation between plasma leptin concentration and body fat, gender, diet, age and metabolic covariates. *J Clin Endocrinol Metab* 81: 3903-3913.
31. Lonnqvist F, Nordfors L, Jansson M, Thorne A, Schalling M, Arner P. 1997. Leptin secretion from adipose tissue in women. *J Clin Invest* 99: 2398-2404.
32. Masuzaki H, Ogawa Y, Isse N. 1995. Adipocyte-specific expression and regional differences in the adipose tissue. *Diabetes* 44: 855-858.
33. Frederich RC, Hamann A, Anderson S, Lollmann B, Iowell BB, Filer JS. 1995. Leptin levels reflect body lipid content in mice: evidence for diet-induced resistance to leptin action. *Nat Med* 1: 1311-1314.

(2006년 2월 27일 접수; 2006년 5월 3일 채택)