

효소처리한 함초(*Salicornia herbacea*) 열수추출물이 고콜레스테롤 식이 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향

김경란¹ · 장미진¹ · 최상원¹ · 우미희² · 최정화^{3*}

¹대구가톨릭대학교 식품영양학과

²대구가톨릭대학교 약학과

³진주국제대학교 식품과학부

Effects of Water Extract from Enzymic-Treated Hamcho (*Salicornia herbacea*) on Lipid Metabolism in Rats Fed High Cholesterol Diet

Kyung Ran Kim¹, Mi Jin Jang¹, Sang Won Choi¹, Mi Hee Woo² and Jeong Hwa Choi^{3*}

¹Dept. of Food Science and Nutrition, and ²Dept. of Pharmacy,
Catholic University of Daegu, Gyeongbuk 712-702, Korea

³School of Food Science, Jinju International University, Jinju 660-759, Korea

Abstract

This study was conducted to investigate the effects of water extract from enzymic-treated *Salicornia herbacea* (Hamcho) on lipid metabolism in rats fed high cholesterol diet. Experimental rats were divided into six groups which were composed of normal diet group, normal and 2% Hamcho extract diet group, high cholesterol diet group, high cholesterol and 1%, 2% and 4% Hamcho extracts diet groups. Body weight gain and food efficiency ratio (FER) of the high cholesterol diet group were significantly increased compared to the normal diet group, while those of the high cholesterol and Hamcho extracts diet groups were decreased compared to the high cholesterol diet group. Food intake was not significantly different among all experimental groups. The serum TG content of the high cholesterol diet group was significantly increased compared to the normal diet group, but that of the high cholesterol and extracts diet group was significantly decreased in dose-dependent concentration. The liver TG, total lipid and total cholesterol contents of the high cholesterol diet group were significantly increased compared to the normal diet group, while those of the high cholesterol and 2% or 4% Hamcho extracts diet groups were significantly decreased compared to the high cholesterol diet group. The serum total cholesterol and LDL-cholesterol contents, and AI of the high cholesterol diet group were significantly increased compared to the normal diet group, while those of the high cholesterol and Hamcho extracts diet groups were decreased, and especially the high cholesterol and 4% Hamcho extract diet group was significantly decreased compared to the high cholesterol diet group. Serum HDL-cholesterol contents of the high cholesterol diet group were significantly increased compared to the normal diet group. These results suggest that supplementation of water extract from enzymic-treated *Salicornia herbacea* may have a pronounced impact on lipid metabolism of serum and liver in the rats fed high cholesterol diet.

Key words: *Salicornia herbacea* L., high cholesterol diet, triglyceride, atherogenic index

서 론

최근 세계적으로 건강에 대한 관심이 고조되면서 다양한 생리활성 물질의 탐색과 기능성식품 개발에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다(1). 이와 관련하여 우리나라에서는 건강 증진을 위한 생리활성 물질에 대한 연구로서 해양식물에 대한 관심이 날로 증대되고 있는 실정이다(2). 해양식물의 생리활성 작용에 관한 연구로는 항암, 항돌연변이, 면역증강, 혈당강하, 체중조절, 지질대사 개선작용 등의 생체기능 조절작용에 관한 연구들(3-6)이 있으나 지금까지 해양식물

의 생리활성 작용에 관하여 체계적으로 규명된 연구는 미비하다(7). 그러나 해양식물 섭취를 통한 숙변, 변비, 소화불량 및 위장병 등의 질병 예방의 효과가 기대되고 있으며(8,9), 그 중에서도 함초(*Salicornia herbacea* L.)는 우수 생리활성이 기대되는 해양식물이다(10).

함초는 명아주과(Chenopodiaceae)에 속하는 일년생 초본으로 통통하고 마디마디 튀어나온 풀이라 하여 '통통마디'라고도 한다(11). 함초의 자생지는 우리나라 남해안과 서해안의 염습지대이며(12,13) 염류 농도가 높은 갯벌에서 자라기 때문에 삼투압을 견디기 위해 식물체 내에 육상 식물보다

*Corresponding author. E-mail: jhappychoi@hanmail.net
Phone: 82-55-751-8274. Fax: 82-55-751-8100

다량의 염분을 흡수하여 체내에 저장 및 축적하고 있다(14). 뿐만 아니라 Mg, Ca, Fe 그리고 K 등 90여종의 천연 미네랄을 함유하고 있으며, 필수아미노산 및 필수지방산이 풍부하고 50~70%정도의 알긴산 등의 식이섬유소가 함유되어 있어 숙변, 변비, 소화불량, 위장병, 간염 및 신장병의 약재로도 이용되고 있다는 보고가 있다(15-18). 최근에는 함초의 항당뇨 및 항산화효과 등(19,20) 다양한 생리적 효능이 밝혀지면서 함초 분말 및 엑기스 등의 단순 가공품 뿐만 아니라 함초에 여러 가지 식물 및 생약추출물을 혼합하여 제조한 다양한 가공식품 및 건강식품이 개발되어 시중에서 판매되고 있다.

한편, 함초의 분말이나 즙은 연질의 녹즙을 함유하지 않을 뿐만 아니라 생즙을 내서 마시는 경우에는 함초 자체의 비릿한 맛 때문에 음용하기가 어렵고 인체로의 흡수가 용이하지 않으며, 침전물이 생겨서 기호성이 떨어지는 문제점이 있다. 따라서 함초 자체의 좋은 기능성은 살리고 단점을 보완하여 그 약리적 효능을 배가시키며, 음용이 용이하게 하고 기호성을 강화시켜 상품 가치를 월등히 높일 수 있는 고품질의 함초추출물 제조방법에 관한 연구가 필요한 실정이다. 또한 함초가 고농도의 식이섬유소를 함유하고 있음에도 불구하고 비만, 고혈압, 뇌혈관질환, 동맥경화 등의 심혈관계 질환의 위험인자가 되는 콜레스테롤 및 지질대사에 미치는 함초의 효능에 관한 보고는 거의 없는 실정이다(21).

이에 본 연구에서는 효소처리한 함초 열수추출물을 고콜레스테롤 식이 흰쥐에게 공급하고 혈청 및 간에서의 지질대사 관련 요소들의 변화를 관찰함으로써 고품질의 함초 열수추출물의 콜레스테롤 저하 및 지질대사 개선 등의 우수 생리작용을 규명하고자 하였다.

재료 및 방법

함초의 준비

함초는 전라남도 해남일대의 폐염전에서 채취하였으며, 물에 끓여 소금기를 제거하여 잔사를 건조하여 추출에 사용하였다.

함초의 효소처리 및 열수추출물의 조제

함초(100 g)를 여러번 수세한 다음 60°C에서 하룻밤 가열 건조한 후 분쇄기로 20 mesh 크기로 분쇄한 다음 증류수(1.2 L)을 가하여 교반하면서 현탁시킨 후 여기에 viscozyme과 cellulase(Novo Nordisk, Bagsvaerd, Denmark)를 각각 10 mL씩 첨가하여 50°C로 조정된 shaking incubator에서 1시간 동안 효소 가수분해시킨 다음 여기에 다시 증류수(0.3 L)를 첨가하여 2시간 동안 가열 추출한 후 여과 및 농축하여 함초 열수추출물(14.5 g)을 얻었다.

실험동물 사육 및 식이

실험동물은 체중 150±10 g 내외의 Sprague-Dawley 중수컷을 (주)바이오 제노믹스사(Biogenomics, Inc., Seoul, Korea)에서 구입하여 사용하였으며, 실험식이 시작 전 일주일간 일반배합사료(Purina Co., Seoul, Korea)로 예비사육하였다. 실험그룹은 각 그룹 당 6마리씩 난괴법(Randomize complete block design)에 의해 정상식이대조군(N), 정상식이에 함초 열수추출물 2%공급군(NWB), 고콜레스테롤식이대조군(C) 및 고콜레스테롤식이에 함초 열수추출물을 각각 1%(CWA), 2%(CWB) 및 4%(CWC) 공급한 군으로 하여 총 6군으로 나누어 3주간 관찰하였다. 식이구성은 Table 1과 같고, 식이 및 식수는 자유섭취하게 하였다. 사육조건은 온도 22±1°C, 습도 50~60%로 하였으며, 명암은 12시간을 주

Table 1. Diet compositions of experimental groups

(g/kg diet)

Ingredient	Groups ¹⁾					
	N	NWB	C	CWA	CWB	CWC
Corn starch	650	644.7	636.5	633.8	631.2	625.9
Casein	150	150	150	150	150	150
Sucrose	50	50	50	50	50	50
Mineral mixture ²⁾	40	40	40	40	40	40
Vitamin mixture ³⁾	10	10	10	10	10	10
Corn oil	50	50	50	50	50	50
Cellulose	50	50	50	50	50	50
Cholate	-	-	2	2	2	2
Choline bitartrate	-	-	1.5	1.5	1.5	1.5
Cholesterol	-	-	10	10	10	10
<i>Salicornia herbacea</i>	-	5.3	-	2.7	5.3	10.6
Total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

¹⁾N: Normal diet.

NWB: Normal and 2% water extract of enzymic-treated *Salicornia herbacea* diet.

C: High cholesterol diet

CWA: High cholesterol and 1% water extract of enzymic-treated *Salicornia herbacea* diet.

CWB: High cholesterol and 2% water extract of enzymic-treated *Salicornia herbacea* diet.

CWC: High cholesterol and 4% water extract of enzymic-treated *Salicornia herbacea* diet.

²⁾AIN-76 mineral mixture (g/kg mixture).

³⁾AIN-76 vitamin mixture (mg/kg mixture).

기로 자동조절되게 하였다.

식이섭취량, 체중증가량 및 식이효율

식이섭취량은 전 실험기간 동안 매일 일정시간에 측정하였으며 체중은 3일에 한 번씩 일정시간에 측정하였다. 식이효율(food efficiency ratio, FER)은 실험기간 동안의 체중증가량을 식이섭취량으로 나누었다.

혈액 및 장기의 채취

사육기간 완료 후 실험동물을 12시간 절식시키고 가벼운 에테르 마취 하에서 복부 대동맥으로부터 혈액을 채취한 후 즉시 간조직을 적출하여 생리식염수로 헹군 후 거즈로 수분을 제거하고 무게를 측정하였다. 채취한 혈액은 실온에서 30분간 방치한 후 3,500×rpm에서 10분간 원심분리하여 혈청을 분리하였다. 분리한 혈청 및 간 조직은 실험에 사용하기 전까지 -80°C에 보관하였다.

혈청 및 간조직 지질의 분석

혈청 중성지질의 함량은 표준 효소법에 의해 kit(Asan Co., Korea)를 사용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하여 함량을 계산하였다. 그리고 혈청 총콜레스테롤의 함량 또한 표준 효소법에 의해 kit(Asan Co., Korea)를 사용하여 500 nm에서 흡광도를 측정하여 함량을 계산하였다.

간조직 중성지질과 총콜레스테롤 함량은 혈청에서와 같은 방법으로 행하였으며 측정 전 Sale 등의 방법(22)에 의해 효소액에 유효제로서 0.5% triton X-100과 3 mM sodium cholate를 혼합하여 발색시 일어나는 탁도(turbidity)를 제거하여 흡광도를 측정하였다.

간조직의 총지질의 함량은 Folch 등의 방법(23)에 의해 측정하였다.

혈청 HDL-콜레스테롤은 2% dextran sulfate와 1 M의 MgCl₂ 침전액을 1:1의 비율로 혼합하여 12,000 rpm에서 8분간 원심분리하여 그 상층액을 시료로 표준 효소법에 의해 kit(Asan Co., Korea)를 사용하여 500 nm에서 흡광도를 측정하여 함량을 계산하였다.

혈청 LDL-콜레스테롤 함량은 Friedewald의 계산법(24)

으로, 그리고 혈청동맥경화지수(atherogenic index, AI)는 Fiordaliso의 계산법(25)으로 각각 산출하였다.

통계처리

모든 실험결과에 대한 통계처리는 각 실험군 별로 표준차이가 있는가를 검증하기 위해 분산분석을 수행하였으며 분산분석결과 유의성이 발견된 경우 군 간의 유의도는 Tukey's HSD test(26)에 의해 분석하였다.

결과 및 고찰

간조직의 무게, 체중증가량, 식이섭취량 및 식이효율

간조직의 무게, 체중증가량, 식이섭취량 및 식이효율을 관찰한 결과는 Table 2와 같다. 각 실험군의 100 g당 간조직의 무게를 비교한 결과 정상식이 대조군과 정상식이에 효소 처리하여 얻어진 함초 열수추출물을 공급한 군은 유의적인 차이가 없었으며, 고콜레스테롤군들에서 정상식이 대조군에 비해 유의적으로 증가하였다. 이와 같이 간조직의 무게는 Rhee와 Park(27) 및 Rhee 등(28)의 보고들과 유사한 경향을 볼 수 있었으나, 본 실험만으로 고콜레스테롤 식이가 간조직에 미치는 영향을 확실히 알 수는 없다. 그러나 Table 3 및 Fig. 1의 결과에서처럼 고콜레스테롤 식이에 의해 간조직의 총지질 및 총콜레스테롤의 함량이 증가함으로써 이들의 축적으로 인해 간조직의 무게가 증가된 것으로 사료된다.

실험기간 동안 실험동물의 체중증가량은 정상식이 대조군(N)과 정상식이에 함초 열수추출물을 공급한 군은 유의적인 차이가 없었으며, 고콜레스테롤군들에서 정상식이 대조군에 비해 유의적으로 증가하였다. 그리고 고콜레스테롤식에 함초 열수추출물 공급군들은 고콜레스테롤식이 대조군(C)에 비해 다소 감소하였으나 유의적인 수준은 아니었다. 식이섭취량은 모든 실험군들에서 유의적인 차이가 없었다. 식이효율은 정상식이 대조군과 정상식이에 함초 열수추출물을 공급한 군은 유의적인 차이가 없었으며, 고콜레스테롤군들에서 정상식이 대조군에 비해 유의적으로 증가하여 체중증가량과 같은 경향을 보였다. Jo 등의 연구(29)에 의하

Table 2. Liver index, body weight gain, food intake and food efficiency ratio (FER) in rats fed high cholesterol for 3 weeks with dietary water extract from enzymic-treated *Salicornia herbacea*

Groups ¹⁾	Liver index (g/100 g B.W.)	Body weight gain (g)	Food intake (g/day)	FER
N	3.34±0.25 ^{b2)}	119.02±7.03 ^b	23.37±0.48 ^{NS3)}	0.24±0.01 ^b
NWB	3.77±0.41 ^{ab}	121.75±6.85 ^b	22.45±0.48	0.24±0.02 ^b
C	4.46±0.66 ^a	142.05±4.77 ^a	23.48±1.15	0.30±0.02 ^a
CWA	5.07±0.49 ^a	136.20±8.89 ^{ab}	23.25±0.62	0.28±0.02 ^a
CWB	5.23±0.26 ^a	134.12±7.68 ^{ab}	23.09±0.27	0.28±0.01 ^a
CWC	5.36±0.30 ^a	130.01±5.81 ^{ab}	23.32±0.10	0.27±0.01 ^{ab}

¹⁾Groups are the same as in Table 1.

²⁾All values are mean±SE (n=6). Values with different superscripts within the same column are significantly different at p<0.05 by Tukey's HSD test.

³⁾Not significant.

Table 3. Effects of water extract from enzymic-treated *Salicornia herbacea* on serum triglyceride, liver total lipid and triglyceride levels of rats fed high cholesterol diet

Groups ¹⁾	Serum		Liver	
	Triglyceride (mg/dL)	Triglyceride (mg/g)	Triglyceride (mg/g)	Total lipid (mg/g)
N	70.03±9.42 ^{b2)}	8.54±0.85 ^c	60.17±7.75 ^c	
NWB	87.50±5.40 ^b	8.91±0.44 ^c	69.75±8.16 ^c	
C	136.47±8.65 ^a	17.81±2.42 ^a	160.75±8.66 ^a	
CWA	83.39±6.16 ^b	13.13±3.00 ^{ab}	125.25±4.79 ^b	
CWB	76.03±4.06 ^b	11.35±0.27 ^b	123.40±6.71 ^b	
CWC	85.39±6.17 ^b	12.58±0.94 ^b	124.20±4.18 ^b	

¹⁾Groups are the same as in Table 1.

²⁾All values are mean±SE (n=6). Values with different superscripts within the same column are significantly different at p<0.05 by Tukey's HSD test.

면 함초 추출액 투여 시 투여량이 증가할수록 체중증가율이 감소되어 함초가 체중증가 억제에 영향을 미친다고 보고하였으며, 본 실험결과에서 식이섭취량에 유의성이 없는 것은 대조군의 식이 조성도 양호하였으므로, 실험쥐의 성장발육이 활발한 시기 때문으로 사료된다.

혈청 중성지질의 함량

혈청 중성지질의 함량을 관찰한 결과는 Table 3과 같다. 정상식이 대조군과 정상식에 함초 열수추출물을 공급한 군은 유의적인 차이가 없었으며, 고콜레스테롤식이 대조군에서 정상식이 대조군에 비해 유의적으로 증가하였다. 그러나 고콜레스테롤식에 함초 열수추출물 공급군들에서는 추출물의 공급량이 늘어남에 따라 중성지질의 함량이 유의적으로 감소하여 정상군 수준을 나타내었다. 이러한 결과는 함초 및 해조류 등에 포함되어 있는 알긴산 등의 수용성식이 섬유소(17,18)가 지방을 흡착하여 지방 흡수속도를 늦추고 배설을 촉진함으로써 체내의 축적을 감소시키기 때문으로 사료된다.

간조직 중성지질 및 총지질의 함량

간조직 중성지질 및 총지질의 함량을 관찰한 결과는 Table 3과 같다. 중성지질 함량은 정상식이 대조군과 정상식에 함초 열수추출물을 공급한 군은 유의적인 차이가 없었으며, 고콜레스테롤군들에서 정상식이 대조군에 비해 유의적으로 증가하였다. 그러나 고콜레스테롤식에 함초 열수추출물 2% 및 4%를 공급한 CWB군 및 CWC군에서 고콜레스테롤식이 대조군보다 유의적으로 감소되었다.

총지질 함량 또한 중성지질과 같은 경향을 나타내었으며, 이로써 함초 열수추출물은 고콜레스테롤 식이로 인한 중성지질의 증가를 감소시키는 것을 관찰할 수 있었으며, 나아가 중성지질의 증가로 인한 고지단백혈증, 비만, 지방간, 폐쇄성황달 등의 발병(30)을 감소시키는 효과가 있을 것으로 사료된다.

혈청 및 간조직의 총콜레스테롤 함량

혈청 및 간조직의 총콜레스테롤 함량을 관찰한 결과는 Fig. 1과 같다. 혈청 총콜레스테롤 함량은 정상식이 대조군과 정상식에 함초 열수추출물을 공급한 군은 유의적인 차이가 없었으며, 고콜레스테롤 식이대조군에서 정상식이 대조군에 비해 유의적으로 증가하였다. 그러나 고콜레스테롤식에 함초 열수추출물을 공급함으로써 총콜레스테롤 함량이 다소 감소하였으며, 특히 고콜레스테롤식에 함초 열수추출물 4%를 공급한 CWC군의 경우 고콜레스테롤식이 대조군에 비해 유의적으로 감소되었다(Fig. 1-A).

간조직 콜레스테롤의 함량 또한 혈청 총 콜레스테롤 함량과 유사한 경향을 나타내었으며, 특히 고콜레스테롤식에 함초 열수추출물 2% 및 4%를 공급한 CWB군 및 CWC군에서 고콜레스테롤식이 대조군에 비해 콜레스테롤의 함량이 유의적으로 감소되어 함초 열수추출물의 우수한 콜레스테롤 감소효과를 관찰할 수 있었다(Fig. 1-B).

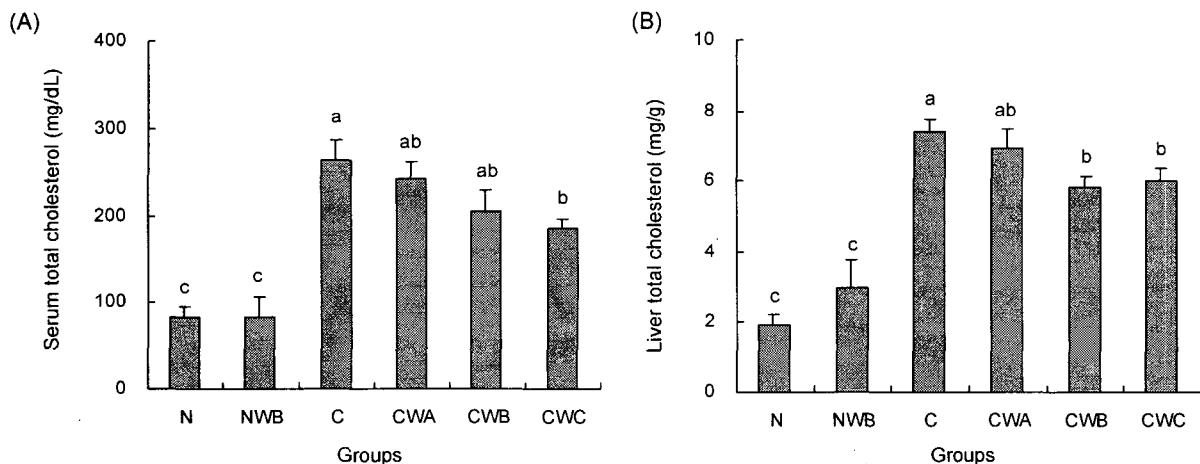


Fig. 1. Effects of water extract from enzymic-treated *Salicornia herbacea* on total cholesterol levels of serum (A) and liver (B) in rats fed high cholesterol diet.

Groups are the same as in Table 1.

All values are mean±SE (n=6). Bar with different letters are significantly different at p<0.05 by Tukey's HSD test.

Table 4. Effects of water extract from enzymic-treated *Salicornia herbacea* on serum HDL-, LDL-cholesterol and atherogenic index (AI) levels of rats fed high cholesterol diet

Groups ¹⁾	HDL-cholesterol	LDL-cholesterol	AI
	(mg/dL)		
N	44.49 ± 3.39 ^{a2)}	20.43 ± 6.90 ^c	1.33 ± 0.30 ^c
NWB	33.03 ± 1.93 ^a	31.08 ± 2.68 ^c	1.45 ± 0.22 ^c
C	18.33 ± 1.93 ^b	213.69 ± 14.52 ^a	11.75 ± 0.95 ^a
CWA	20.65 ± 2.98 ^b	201.78 ± 11.33 ^a	6.56 ± 0.74 ^b
CWB	23.81 ± 2.61 ^b	196.70 ± 7.96 ^{ab}	8.35 ± 0.72 ^b
CWC	24.16 ± 2.12 ^b	171.67 ± 7.16 ^b	6.80 ± 0.50 ^b

¹⁾ Groups are the same as in Table 1.

²⁾ All values are mean ± SE (n=6). Values with different superscripts within the same column are significantly different at p<0.05 by Tukey's HSD test.

혈청 HDL-콜레스테롤 및 LDL-콜레스테롤의 함량 및 동맥경화지수(atherogenic index, AI)

혈청 HDL-콜레스테롤, LDL-콜레스테롤의 함량 및 동맥경화지수(atherogenic index, AI)를 관찰한 결과는 Table 4 와 같다. HDL-콜레스테롤 함량은 정상식이 대조군과 정상 식이에 함초 열수추출물을 공급한 군은 유의적인 차이가 없었고, 고콜레스테롤군들에서 정상식이 대조군에 비해 유의적으로 감소하였다. 고콜레스테롤식이에 함초 열수추출물 공급군들에서 다소 증가하였으나 유의적인 수준은 아니었다. 이는 Jo 등(29) 및 Bang 등(31)의 보고와 유사한 경향이었으며, Cha 등(21)은 콜레스테롤 급여 흰쥐에서 함초 요구르트와 콜레스테롤 저하효과에 대한 연구에서 HDL-콜레스테롤 함량은 차이가 없었다고 보고하였다.

LDL-콜레스테롤 또한 정상식이 대조군과 정상식이에 함초 열수추출물을 공급한 군은 유의적인 차이가 없었고 고콜레스테롤식이 대조군은 정상식이 대조군에 비해 유의적으로 증가하였다. 그러나, 고콜레스테롤식이에 함초 열수추출물을 4% 공급한 CWC군에서 고콜레스테롤식이 대조군에 비해 유의적으로 감소되었으며, 이는 함초 열수추출물의 공급이 HDL-콜레스테롤 농도에 미치는 영향은 적으나 총콜레스테롤의 함량이 높아진 때문으로 사료된다(21).

동맥경화지수(AI)는 정상식이 대조군과 정상식이에 함초 열수추출물을 공급한 군은 유의적인 차이가 없었고 고콜레스테롤식이 대조군은 정상식이 대조군에 비해 유의적으로 증가하였다. 그러나, 고콜레스테롤식이에 함초 열수추출물을 공급한 군들에서 고콜레스테롤식이 대조군에 비해 유의적으로 감소되었다. 따라서, 함초 열수추출물을 공급함으로써 고콜레스테롤 식이로 인해 혈액 내의 고콜레스테롤 함량이 증가함으로써 올 수 있는 심혈관계 질환의 위험성을 낮출 수 있다(28)고 사료된다.

요 약

본 연구에서는 고콜레스테롤 식이 흰쥐에서 효소 처리하

여 제조된 함초 열수추출물의 공급이 혈청 및 간조직의 지질 대사에 미치는 영향을 관찰하였다. 각 실험군의 100 g당 간조직의 무게를 비교한 결과 정상식이 대조군과 정상식이에 함초 추출물을 공급한 군은 유의적인 차이가 없었으며, 고콜레스테롤군들에서 정상식이 대조군에 비해 유의적으로 증가하였다. 간조직 중성지질 함량은 고콜레스테롤군들에서 정상식이 대조군에 비해 유의적으로 증가하였으며, 고콜레스테롤식이에 함초 추출물 2% 및 4%를 공급한 군들에서 고콜레스테롤식이 대조군보다 유의적으로 감소되었으며, 간조직 총지질 함량 또한 중성지질과 같은 경향을 나타내었다. 혈청 총콜레스테롤 함량은 고콜레스테롤 식이 대조군에서 정상식이 대조군에 비해 유의적으로 증가하였으나, 고콜레스테롤식이에 함초 추출물을 공급함으로써 총콜레스테롤 함량이 다소 감소하였다. 간조직 총콜레스테롤의 함량은 혈청 총콜레스테롤 함량과 유사한 경향을 나타내었으며, 고콜레스테롤식이에 함초 추출물 2% 및 4%를 공급한 군들에서 고콜레스테롤식이 대조군에 비해 콜레스테롤의 함량이 유의적으로 감소되었다. 혈청 HDL-콜레스테롤 함량은 고콜레스테롤군들에서 정상식이 대조군에 비해 유의적으로 감소하였으며, 고콜레스테롤식이에 함초 추출물을 공급한 군들에서 다소 증가하였다. 혈청 LDL-콜레스테롤 함량은 고콜레스테롤식이 대조군이 정상식이 대조군에 비해 유의적으로 증가하였으나, 고콜레스테롤식이에 함초 추출물 4%를 공급한 군에서 고콜레스테롤식이 대조군에 비해 유의적으로 감소되었다. 따라서, 고콜레스테롤 식이 흰쥐에서 효소처리한 함초 열수추출물의 공급은 혈청 및 간조직의 총지질, 중성지질, 총콜레스테롤, LDL-콜레스테롤 및 HDL-콜레스테롤 등의 지질함량을 조절함으로써 지질대사 개선 효과가 있음을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 지정 대구가톨릭대학교 해양바이오산업연구센터의 지원에 의한 것입니다.

문 헌

1. Kim DS, Kim CH. 2001. Effect of sea tangle, *Laminaria japonicus*, extract on activities of glucokinase and hexokinase in alloxan-induced diabetic mellitus mice. *Korean J Life Sci* 11: 467-482.
2. Han SK. 2004. Antioxidative effect of fermented *Salicornia Herbacea* L. liquid with EM (effective microorganism) on pork. *Korean J Food Sci Ani Resour* 24: 298-302.
3. Cho KJ, Lee YS, Ryu BH. 1990. Antitumor effect and immunology activity seaweeds toward sarcoma-180. *J Kor Fish Soc* 23: 345-352.
4. Lee HS, Choi MS, Lee YK, Park SH, Kim YJ. 1996. A study on the development of high-fiber supplements for the diabetic patients (2)-Effect of seaweed supplementation on

- the lipid and glucose metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Nutr* 29: 296-306.
5. Lee EJ, Sung MK. 2001. Effect of fiber-rich sea mustard feeding on AOM-induced colon aberrant crypt formation and colonic cell proliferation in Sprague-Dawley rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 535-539.
 6. Lee KS, Seo JS, Choi YS. 1998. Effect of sea tangle and hypoglycemic agent on lipid metabolism in diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 960-967.
 7. Lee HJ, Kim YA, Ahn JW, Lee BJ, Moon SK, Seo YW. 2004. Screening of peroxy-nitrite and DPPH radical scavenging activities from salt marsh plants. *Korean J Biotechnol Bioeng* 19: 57-61.
 8. Adegate E, Parvez SH. 2000. Nitric oxide and neuronal and pancreatic beta cell death. *Toxicology* 153: 143-156.
 9. Reddi AS. 1986. Riboflavin nutritional status and flavo-protein enzymes in streptozotocin-diabetic rats. *Biochem Biophys Acta* 3: 71-76.
 10. Ihm BS, Lee JS. 1986. The strategies of *Salicornia herbacea* and *Suaeda japonica* for coping with environmental fluctuation of salt marsh. *Korean J Environ Biol* 4: 15-25.
 11. Cha JY, Netty E, Kim SG, Lee JJ, Lim CO, Chung WS, Lee KH, Son DY. 2003. Molecular cloning and characterization of salt-inducible aldolase from *Salicornia herbacea*. *Korean J Plant Biotechnol* 30: 323-328.
 12. Han SK, Kim SM. 2003. Antioxidative effect of *Salicornia herbacea* L. grown in closed sea beach. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 207-210.
 13. Han SK, Kim SM, Pyo BS. 2003. Antioxidative effect of glasswort (*Salicornia herbacea* L.) on the lipid oxidation of pork. *Korean J Food Sci Ani Resour* 23: 46-49.
 14. Netty E, Cha JY, Yingshi L, Jung MH, Shin DG, Lee BH, Lee KH, Son DY. 2004. Molecular cloning and characterization of outer envelope membrane protein from *Salicornia herbacea*. *Korean J Plant Biotechnol* 31: 273-278.
 15. Jeong CY, Ryu JS, Choi CK, Jeon BS, Park JW, Kim BK, Shin GG, Bae DW, Cha JY. 2004. Supplemented effect of *Salicornia herbacea* extracted powder on preparation and quality characteristics of fermented milk product. *J Life Sci* 14: 788-793.
 16. Park SH, Kim KS. 2004. Isolation and identification of antioxidant flavonoids from *Salicornia herbacea* L. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 47: 120-123.
 17. Do JR, Kim EM, Koo JG, Jo KS. 1997. Dietary fiber contents of marine algae and extraction condition of the fiber. *J Korean Fish Soc* 30: 291-296.
 18. Cho SY, Kang HJ, Joo DS, Lee JS, Kim SM. 1999. A comparative study on physical properties and gel formation abilities of hot-water extractable material, water-soluble alginate and alkali-soluble alginate extracted from *Laminaria japonica* in east sea, Korea. *J Korean Fish Soc* 32: 774-778.
 19. Lee JT, An BJ. 2002. Detection of physical activity of *Salicornia herbacea*. *Kor J Herbology* 17: 61-69.
 20. Min JG, Lee DS, Kim TJ, Park JH, Cho TY, Park DI. 2002. Chemical composition of *Salicornia herbacea* L. *J Food Sci Nutr* 7: 105-107.
 21. Cha JY, Jeon BS, Park JW, Kim BK, Jeong CY, Ryu JS, Choi CK, Cho YS. 2004. Hypocholesterolemic effect of yogurt supplemented *Salicornia herbacea* extract in cholesterol-fed rats. *J Life Sci* 14: 747-751.
 22. Sale FD, Marchesini S, Fishman PH, Berra B. 1984. A sensitive enzymatic assay for determination of cholesterol in lipid extracts. Academic Press Inc, New York. p 347-350.
 23. Folch JM, Lees M, Stanley GHS. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissue. *J Biol Chem* 26: 497-509.
 24. Friedewald WT, Levy RI, Fredrickson DS. 1972. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem* 18: 499-502.
 25. Fiordaliso M, Kok N, Desager KP, Goethals F, Deboyser D, Roberfoid M, Delzenne N. 1995. Dietary oligofructose lowers triglycerides, phospholipids and cholesterol in serum and very low density lipoproteins of rats. *Lipids* 30: 163-167.
 26. Sreel RGD, Torrie JH. 1990. *Principles and procedures of statistics*. McGraw Hill, New York, USA
 27. 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.
 28. Rhee IJ, Kim EJ, Jeong SW, Yang JH, Lee IS. 2003. Effects of *Liriopsis tuber* extracts on lipid metabolism in rats fed high cholesterol diet. *Korean J Pharmacogn* 34: 65-69.
 29. Jo YC, Ahn JH, Chon SM, Lee KS, Bae TJ, Kang DS. 2002. Studies on pharmacological effects of glasswort (*Salicornia herbacea* L.). *J Medicinal Crop Sci* 10: 93-99.
 30. Kim YY, Lee KW, Kim GB, Cho YJ. 2000. Studies on physicochemical and biological properties of depolymerized alginate from sea tangle *Laminaria japonicus* by heating hydrolysis. 3. Excretion effects of cholesterol, glucose and cadmium (Cd) in rats. *J Korean Fish Soc* 33: 393-398.
 31. Bang MA, Kim HA, Cho YJ. 2002. Hypoglycemic and antioxidant effect of dietary Hamcho powder in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 840-846.

(2005년 10월 19일 접수; 2005년 12월 23일 채택)