

## 고콜레스테롤 식이에 있어 제주산 해조 식이섬유 섭취에 따른 지질대사 및 항산화효소에 미치는 영향

김길남·전유진  
제주대학교 해양생물공학과

### Effect of Dietary Fiber From Jeju Seaweed on Cholesterol Metabolism and Antioxidant Enzyme Activities in Hypercholesterolemic Rat

Kil-Nam Kim and You-Jin Jeon

Department of Marine Biotechnology, Cheju National University, Jeju-Do 690-756, Korea

This study was conducted to investigate hypocholesterolemia effect of dietary fiber from seaweed in Jeju in rats supplemented with high cholesterol diet. Seaweed dietary fiber was produced by water extraction of the mixed main red algae including *Gracilaria verrucosa*, *Gelidium amansii*, *Gigartina tenella*, *Gloiopeltis furcata* and *Campylaeophora hypnaeoides*. Thirty male Sprague Dawley rats weighing  $132.3 \pm 7.34$  were divide into high cholesterol diet and high cholesterol diet plus seaweed dietary fiber 1.0% or 2.5% for 4 weeks. Dietary fiber supplement could significantly decreased serum total cholesterol (TC), triacylglyceride (TG), LDL-cholesterol (LDL-C) and GOT than in high cholesterol diet. HDL-cholesterol level and HDL-cholesterol/total cholesterol ratio in the two groups of seaweed dietary fiber supplement significantly increased comparing to those in high cholesterol diet without dietary fiber. These results suggest that the seaweed dietary fiber may reduce elevated levels of serum cholesterol concentrations.

**Key words** : seaweed, dietary fiber, high cholesterol, marin red algae, antioxidant enzyme

### 서론

최근 경제성장과 더불어 동물성 식품의 섭취와 지방 섭취의 증가 등 식생활의 변화로 고혈압, 동맥경화증 등 순환기계질환으로 인한 사망률이 점차 증가됨에 따라 지방식이의 영향이 대단히 중요한 문제가 되고 있다(박과 조, 1985). 심장순환기계 질환의 유발은 여러 가지 복합적인 인자들이 작용하지만 그 중에서도 혈액중의 콜레스테롤 농도가 주요한 위험인자로 알려져 있으며(Gluck and Connor, 1978; Rahimtoola, 1985), 고콜레스테롤혈증은 흡연 및 고혈압과 함께

동맥경화증을 일으키는 세 가지 주요한 위험인자의 하나로 인식되고 있다(Castelli et al., 1990; Shils and Young, 1988). 국내에서도 동맥경화증과 그에 따른 심혈관 질환의 발병률과 사망률이 증가하는 추세이며, 그 원인의 하나인 고콜레스테롤혈증의 적절한 예방과 치료를 위한 대책이 절실히 요구되고 있다. 이러한 고콜레스테롤혈증을 치료하기 위하여 많은 시도가 행해지고 있으며, 또한 많은 약물들이 개발되어져 있다. 그중 대표적인 것은 chloestyramine 등과 같이 장내에서 담즙산의 재흡수를 억제하는 담즙산 결합수지(bile acid sequestrants), lovastatin 등과 같은 콜레스테롤의 합성을 직접적으로 억제하는 HMG-CoA

reductase 저해제 및 혈액내 중성지방의 농도를 낮추는 gemfibrozil 등이 이용되고 있다. 그러나 이러한 약물들은 복용시 지용성 비타민 결핍증, 간기능 저하 및 신장 기능 저하 등의 부작용을 동반하는 것으로 알려져 있으며, 일시적으로 복용되는 것이 아닌 일생 동안 복용되어야 하므로 부작용의 심화 및 환자의 복용 거부 등의 또 다른 문제점이 발생한다(Mckenny, 2001; Miettinen, 2001). 이에 근래에 일반인들을 대상으로 고콜레스테롤혈증의 예방차원에서 널리 섭취될 수 있는 자연식품에 대한 연구가 필요한 실정이다.

해조류는 바다채소로서 전통적으로 아시아에서 섭취되었지만, 서구에서는 해조류를 젤라의 급원으로서 또는 농후제로서 사용하였다. 영양학적인 견지에서 해조류는 저 열량 식품이고, 무기질, 비타민, 단백질, 섬유질 식품이며, 지방함량이 낮다. 해조류의 단백질과 지방의 구성성분은 다른 식이성 채소와 비교할 때 필수아미노산 함량과 불포화지방산의 함량이 높다. 식이 섬유소 함량은 건조무게의 33~75%를 차지하고, 수용성 다당류(17~59%)로 구성된다. 해조류는 다른 육식식물과 화학적, 물리적으로 다른 식이 섬유소의 급원이며, 그래서 다른 생리적 효과를 나타낸다. 해조류의 식이성 섬유소는 항산화제, 항돌연변이성, 항혈액응고 효과, 항암 효과와 같은 중요한 기능성을 보여주고, 인체에서의 지방대사 완화에 중요한 역할을 한다(Jimenez-Escrig and Goni-Cambrodon, 1999).

이에 본 연구에서는 고콜레스테롤 식이에 대한 제주산 해조 식이섬유 급여가 체내 지질대사에 어떤 영향

을 미치는지 살펴보기 위하여 흰쥐를 대상으로 0.5% 콜레스테롤을 첨가한 고콜레스테롤 식이를 급여하고 제주산 식이섬유가 생체내에서 지질대사에 미치는 영향을 연구하였다.

## 재료 및 방법

### 실험동물의 사육

4주령된 체중이 132.3±7.34인 Sprague-Dawley male rat를 난괴법(rando-mized complete block design)에 의해서 10마리씩 3군으로 나누어 4주간 wire bottomed cage에 개별 사육하였으며, 사육실의 온도는 25±2℃로, 명암주기는 12시간씩 교대로 일정하게 유지시켰으며 사육기간 중 식이와 물은 자유로이 섭취시켰다. 사료는 Table 1과 같이 조성대로 배합하였고 제주산 해조 식이섬유는 꼬시래기(*Gracilaria verrucosa*), 우뚝가사리(*Gelidium amansii*), 돌가사리(*Gigartina tenella*), 불등가사리(*Gloiopeltis furcata*), 석목(*Campylaeophora hypnaeoides*)을 포함한 5종의 홍조류로부터 제조된 것으로서 홍조류 가공제품 생산 업체인 제주자바식품으로부터 제공받아 사용하였다.

### 해조 식이섬유의 성분분석

수분은 상압가열건조법, 단백질은 Lowry법, 지방은

Table 1. Composition of experimental diet

Ingredients	Control <sup>1)</sup>	SDF1 <sup>2)</sup>	SDF2.5 <sup>3)</sup>
Corn starch	69.3%	68.3%	66.8%
Casein	20.0%	20.0%	20.0%
Corn oil	5.0%	5.0%	5.0%
L-methionine	0.3%	0.3%	0.3%
Vitamin mixture <sup>1)</sup>	1.0%	1.0%	1.0%
Choline chloride	0.2%	0.2%	0.2%
Mineral mixture <sup>2)</sup>	3.5%	3.5%	3.5%
Cholesterol	0.5%	0.5%	0.5%
Cholic acid	0.2%	0.2%	0.2%
SDF <sup>3)</sup>	-	1.0%	2.5%

1) AIN93 Vitamin Mixture. 2) AIN93 Mineral Mixture. 3) Seaweed dietary fiber. 4) Hypercholesterolemic diet. 5) Hypercholesterolemic diet+ SDF 1.0%. 6) Hypercholesterolemic diet+ SDF 2.5%

soxhlet법, 회분은 건식회화법으로 측정하였고 탄수화물의 함량은 phenol sulfuric acid법을 사용하였다.

### 체중 및 식이 효율의 측정

사료섭취량과 체중은 격일로 오전 중에 측정하였고 물은 자유 섭취시켰으며 이를 간격으로 사료 섭취량 및 체중 증가량을 측정하였으며 식이효율(feeding efficiency ratio, FER)은 Choi 등(1987)의 방법에 따라 일주일 간의 섭취량에 대한 체중의 증가량과 4 주간의 총 사료 섭취량에 대한 체중의 증가량의 비로써 다음 식에 따라 계산하였다.

$$FER = \text{Body weight gain(g)} / \text{Food intake(g)}$$

### 실험동물의 처리

4주간 사육한 실험동물을 도살 전에 12시간 절식시킨 후 도살하였다. 12시간 절식시킨 쥐는 ether로 마취시켜 심장에서 채혈하였으며 채혈한 혈액은 20분 정도 실온에 방치 후 4℃, 3,000 rpm에서 20분간 원심분리하였다. 상층액은 액체질소에 급속냉동시켜 -20℃에 보관하였다. 간은 채혈 후 즉시 적출하여 0.9% 생리식염수로 씻은 후 여과지로 물기를 제거하고 액체 질소에 급속 냉동시켜 분석에 사용하기 전까지 -70℃에서 냉동 보관하였다. 냉동 보관되었던 간은 100 mM phosphate buffer(pH 7.4, KCl 1.17% 함유) 10 ml를 가하여 빙냉하에서 homogenizer로 분쇄하였다. 이것을 15,000 rpm에서 원심분리하여 상층액을 수거하여 지질과산화물 함량, superoxide dismutase(SOD) 및 catalase를 측정하였다.

### 혈청의 지질분석

혈청의 총 콜레스테롤(total cholesterol: TC), 고밀도 지단백질(high density lipoprotein cholesterol: HDL-C), 중성지방(triglyceride: TG)은 kit(아산제약, 한국)를 이용한 효소법에 의해 흡광도를 측정하여 계산하였으며, 저밀도 지단백질(low density lipoprotein cholesterol: LDL-C)은 Friedewald식(1972), 즉 총 콜레스테롤-(HDL-콜레스테롤+ TG/5)에 의해 계산하였다.

### GOT 및 GPT의 활성 측정

혈청 중 glutamyl oxaloacetic transaminase(GOT), glutamyl pyruvic transaminase(GPT)의 활성도 측정을 위해서 사용한 기질은 GOT의 경우 L-aspartic acid와 α-ketoglutaric acid, GPT의 경우 L-alanine과 α-ketoglutaric acid를 기질로서 사용하였다. 활성측정은 기질을 37℃에서 30분간 반응시킬 때 생성되는 pyruvic acid가 알칼리성 상태에서 2,4-dinitrophenyl hydrazine과 작용하여 발색되는 hydrazone의 비색을 정량하는 Reitman and Frankel 법(1957)에 의해 제조된 진단용 kit(아산제약, 한국)를 사용하여 수행하였다.

### Superoxide dismutase(SOD)와 catalase 활성측정

SOD 활성은 pyrogallol를 이용한 Marklund and Marklund의 방법(1974)을 사용하여 5분동안 pyrogallol의 autoxidation 억제 정도를 325 nm에서 흡광도를 측정하였다. Catalase활성은 240 nm에서 5분간 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>의 흡광도 변화를 이용하여 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>의 몰흡광계수로 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 농도를 구하는 Aebi의 방법(1984)으로 측정하였다.

### 통계처리

모든 실험분석 결과는 평균치와 표준오차로 계산하였고, 실험군간의 유의성은 SAS program(SAS Institute Inc, Cary, NC., USA)을 이용하여 Duncan's multiple range test에 의하여 평균치간의 유의성 검증(P < 0.05)을 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 해조식이섬유의 구성 성분

실험에서 사용한 제주산 해조 식이섬유의 성분 조성은 탄수화물이 79.85%로 가장 많았으며, 수분 14.28%, 단백질 3.50%, 회분 2.04% 및 지방 0.33%였다(Table 2).

### 체중 증가량

실험기간동안 실험동물의 체중 증가량은 고콜레스

Table 2. Proximate composition of dietary fiber from seaweeds

Composition	Water	Protein	Lipid	Ash	Carbohydrate
Content(%)	14.28	3.50	0.33	2.04	79.85

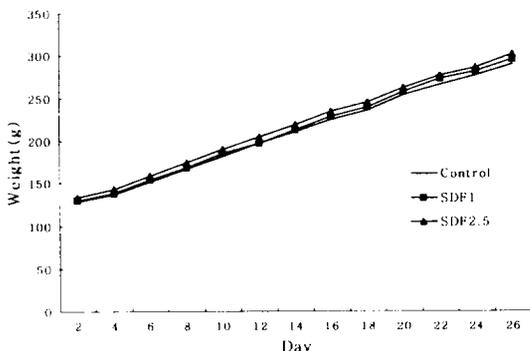


Fig. 1. Body weight changes of rats fed with high cholesterol experimental diets or plus seaweed dietary fiber for 4 weeks.

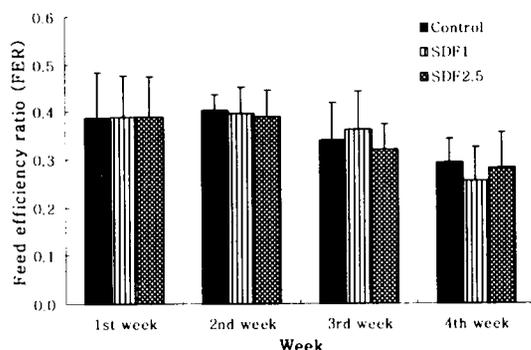


Fig. 2. Average daily feed efficiency of male rats fed with high cholesterol experimental diets or plus seaweed dietary fiber for 4 weeks.

테롤 식이군(control, 대조군)과 고콜레스테롤 식이군에 제주산 해조 식이섬유 분말을 각각 1.0% 및 2.5%를 첨가하여 급여한 해조 식이섬유군(SDF1 및 SDF2.5)로 나타내었다(Fig. 1). 실험기간 동안 실험동물의 체중 증가량은 3개 군간에 차이는 없었다.

식이효율

각 실험그룹의 식이효율은 1, 2주 때가 가장 높았고 3주, 4주로 갈수록 낮아지는 경향을 보였으며 3개

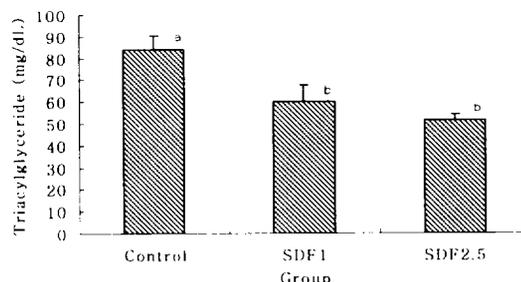


Fig. 3. Effect of feeding a diet containing 1.0% or 2.5% seaweed dietary fiber on serum triacylglyceride (TG). Values within a column with different superscripts are significant difference at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

군 간의 유의적 차이는 없었다(Fig. 2). 사육기간이 지날수록 식이효율이 낮아지는 이유는 비교적 장기간의 고지방식이에 대한 적응이 이루어지기 때문으로 보인다.

혈중 중성지방의 함량

고콜레스테롤 식이군에 제주산 해조 식이섬유를 급여하였을 때의 혈중 중성지방의 결과는 Fig. 3과 같다. 중성지방 함량은 고콜레스테롤 식이군이 84.00±6.34 mg/dL인 반면 제주산 해조 식이섬유 1.0% 및 2.5%의 투여로 고콜레스테롤 식이군의 중성지방 함량을 각각 28.3%, 38.8% 정도 낮추었다. Son 등(1992)은 미역, 김, 다시마, 파래 등의 해조류가 첨가된 식이를 성인 남자에게 5일간 섭취시킨 후의 혈중 중성지방의 농도가 유의적으로 감소되었다고 보고하였으며 Jang and Back 등(2002)은 다시마 추출물의 당뇨쥐에 투여로 혈중 중성지방 함량을 낮춘다고 보고하였는데, 이는 본 연구 결과와 일치하였다. 중성지방은 일종이 저장지방으로 뱃살의 지방 역시 중성지방이며 중성지방이 증가하게 되면 비만증을 만들고 또 핏속에 지방산이 증가하여 인슐린의 작용이 떨어지므로 혈당 조절이 잘 안돼서 당뇨병이 있는 환자의

경우 당뇨병 상태가 나빠진다. 혈중 중성지방 증가는 지방간을 만들고, 췌장염을 일으킬 수 있으며, 혈관 특히 정맥을 막히게 한다. 최근에는 콜레스테롤의 증가뿐만 아니라 중성지방의 증가도 동맥경화증을 일으키는 것으로 알려져 있다. 이와 같이 중성지방을 감소시키는 효과는 중성지방의 축적에 의한 동맥경화 유발 요소를 감소시킨다는 측면에서 의미를 가진다고 할 수 있다.

#### 혈중 콜레스테롤의 함량

고콜레스테롤 식이군에 제주산 해조 식이섬유를 투여하였을 때 혈중 콜레스테롤 함량의 결과는 Fig. 4에 나타내었다. 고콜레스테롤 식이로 혈중의 총 콜레스테롤 함량이  $132.20 \pm 6.12$  mg/dL였던 것이 제주산 해조 식이섬유를 1.0% 및 2.5% 투여로 각각  $110.17 \pm 9.32$  mg/dL와  $93.00 \pm 5.34$ 로 16.6%와 29.7%가 낮아졌다.

이러한 결과는 식이 섬유소가 혈청 콜레스테롤과 결합하여 배설되므로 혈청 콜레스테롤 함량이 감소하는 효과를 가져 온다는 보고(Wang et al., 1997, Son et al., 1992)와 같이 해조 식이섬유가 유사한 효과를 나타낸 것으로 여겨진다. 한편 HDL-콜레스테롤 수치는 높아지는 경향을 보이기는 했으나 유의적으로 차이는 나타나지 않았으며, LDL-콜레스테롤은 고콜레스테롤 식이군의 경우  $77.10 \pm 7.36$  mg/dL였으나 해조 식이섬유 1.0% 투여군은  $52.60 \pm 8.53$  mg/dL, 2.5% 투여군은  $45.56 \pm 9.83$  mg/dL로 크게 낮아졌다. 총 콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤의 비는 고콜레스테롤 식이군의 경우  $29.76 \pm 3.05\%$ 였으나 해조 식이섬유를 1.0% 및 2.5% 투여로 각각  $40.17 \pm 7.14\%$ 와  $47.73 \pm 7.67\%$ 로 증가하였다.

식이섬유는 장내에서 지방의 흡수를 저해하고, 담즙산의 배설을 증가시켜 콜레스테롤로부터 담즙산의 합성을 촉진시킴으로서 체내 콜레스테롤의 농도를 감

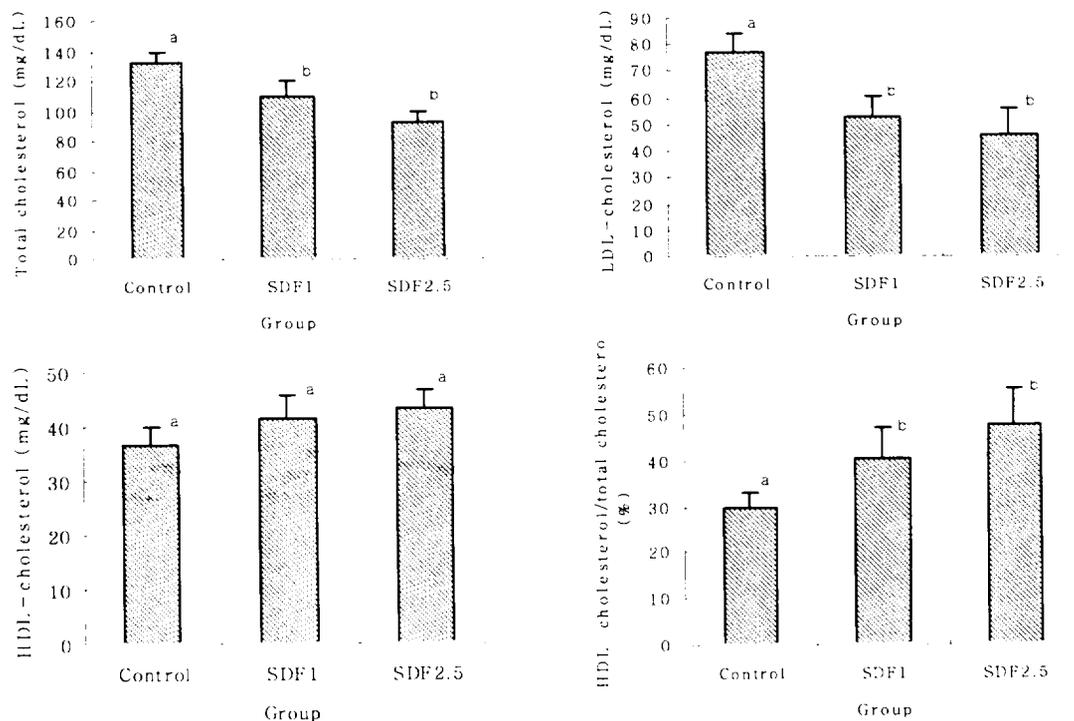


Fig. 4. Effect of feeding a diet containing 1.0% or 2.5% seaweed dietary fiber on serum total cholesterol (TC), HDL-cholesterol (HDL-C), LDL-cholesterol (LDL-C) and relative HDL-cholesterol (rHDL-C). Values within a column with different superscripts are significant difference at  $p < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

소시키며, 대장에서 발효할 때 생산되는 short chain fatty acid는 내인성 콜레스테롤의 합성을 저해한다는 보고가 있다(Story, 1981; Anderson and Bridges, 1984; Nishina and Freedland, 1990; Chen and Anderson, 1979; Schrijver et al., 1992). 특히 수용성 식이섬유인 pectin, gums, mucilages, 해조류의 다당류 등은 총 콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤의 농도를 낮추고 HDL-콜레스테롤의 농도를 높이는 효과가 있다고 보고(Yang et al., 1996; Park et al., 1994; Kang et al., 1994; Fernandez et al., 1990)되어 있으며, 미역이나 김 혼합 식이가 당뇨 유발 흰쥐의 혈중 콜레스테롤을 현저하게 저하시켰다는 보고(Lee et al., 1996)도 있다. 특히 홍조류에 함유된 수용성 다당류의 일종인 carrageenan의 식이가 체내 콜레스테롤 농도를 저하시키는 효과가 있다고 보고(Tsai et al., 1976; Jang and Park, 1995)하고 있어, 본 연구의 결과에서 나타난 콜레스테롤 저하 현상은 제주산 해조 식이섬유에 함유되어 있는 carrageenan에 의한 것으로 추정된다. HDL-콜레스테롤은 말초조직 및 혈관벽에 축적된 콜레스테롤을 제거하여 콜레스테롤 에스테르로 만들어 간장으로 운반하여 담즙산으로 배설시킴으로써 혈중 콜레스테롤 농도를 저하시키므로써 동맥경화증, 고혈압 등 심장 순화계 질병을 감소시킨다. LDL-콜레스테롤은 혈중 콜레스테롤의 주된 운반형태 중 가장 많은 부분을 차지하는데, 주로 동맥 혈관벽에 콜레스테롤을 축적하여 동맥경화를 일으킬 수 있기 때문에 동맥경화증과 심혈관계 질환의 발병에 중요한 위험인자로 알려져 있다. 따라서 본 연구 결과에서 제주산 해조 식이섬유를 고콜레스테롤 식이와 병합하였을 때 총 콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤을 줄이고 HDL-콜레스테롤을 증가시켰다. 이러한 결과는 오늘날 영양과잉으로 인한 지질과다 섭취를 함으로써 관상동맥질환이 유발될 수 있는데 이를 예방 할 수 있을 것으로 보인다.

GOT 및 GPT의 활성 측정

혈중 glutamate-oxaloacetate transaminase(GOT)와 glutamate-pyruvate transaminase(GPT) 활성은 Fig. 5에 나타내었다. GPT활성은 고콜레스테롤 식이군과 해조 식이섬유 급여 군이 비슷한 수준을 보였다. GOT활성은 고콜레스테롤 식이군의 경우 80.00±

11.28 IU/L였고 제주산 해조 식이섬유 1.0% 및 2.5% 투여했을 경우 각각 60.20±5.70 IU/L과 62.67±7.41 IU/L로 낮춰주었다. 간장장해의 지표인 GOT와 GPT 활성의 증가는 고콜레스테롤식이나 알코올의 과다섭취로 인한 지방대사의 저해로 간실질세포의 장애가 발생하여 혈중으로의 방출이 항진되어 나타나는 현상이며, 박 등(1985)은 식이 섬유 첨가군에서 GOT, GPT활성이 저하된다고 하였으며 Nomura 등(1992)도 수용성 식물섬유가 혈중의 GPT와 GPT활성을 감소시킨다는 보고를 하고 있는데, 본 실험결과에서는

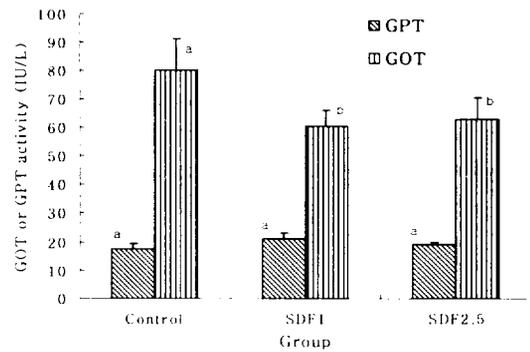


Fig. 5. Effect of feeding a diet containing 1.0% or 2.5% seaweed dietary fiber on GOT and GPT. Values within a column with different superscripts are significant difference at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

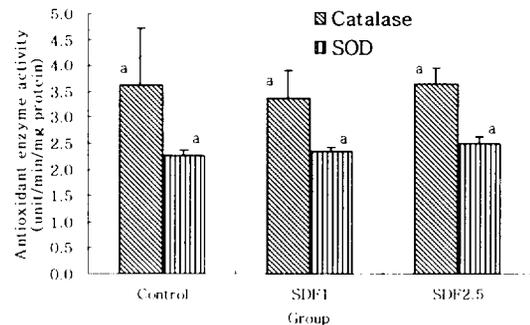


Fig. 6. Effect of feeding a diet containing 1.0% or 2.5% seaweed dietary fiber on superoxide dismutase (SOD) and catalase activities in liver extract cells of rat. Values within a column with different superscripts are significant difference at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

GOT활성에서 해조 식이섬유 급여 군이 유의적 차이를 나타내며 활성저하 효과를 나타내었다. 이는 해조 식이섬유가 고콜레스테롤에 대해 간의 손상을 지연시키는 효과가 있는 것으로 추정된다.

### 간 중 SOD 및 catalase 활성도

해조 식이섬유에 대한 고콜레스테롤 식이군의 간 중 SOD 및 catalase활성도는 Fig. 6에 나타내었다. SOD활성은 고콜레스테롤 식이군보다 해조식이섬유를 첨가한 군이 1.0%에서 2.5%로 갈수록 높아졌으나 유의적 차이는 없었다. Catalase활성은 3개 그룹간에 비슷한 경향을 보였다. 이와 같은 결과로 볼 때 해조 식이섬유가 SOD와 catalase와 같은 항산화 효소에는 영향을 주지 않는 것으로 보인다. 이는 해조류 자체가 가지고 있는 폴리페놀 성분의 항산화 작용에 의해 SOD 및 catalase의 활성은 유도하지 않는 것으로 판단된다.

### 요 약

본 연구는 고콜레스테롤 식이 군에 제주산 해조 식이섬유의 첨가 수준을 달리한 식이가 흰쥐의 지방대사에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. 체중이 132.3 ± 7.34 g인 Sparague-Dawley종 수컷 흰쥐에게 고콜레스테롤혈증을 유발시키기 위하여 콜레스테롤을 식이 사료의 0.5%가 되도록 첨가하고 제주산 해조 식이섬유 분말은 식이 사료의 각각 1.0% 및 2.5%가 되도록 첨가하여 총 3군으로 나누어 4주간 사육하였다. 체중 증가량과 식이효율은 식이에 의한 영향은 없었다. 혈중 중성지방, 총콜레스테롤, LDL-콜레스테롤은 고콜레스테롤 식이에 비해 제주산 해조 식이섬유를 첨가한 군이 크게 감소하였으며 유의적 차이를 나타냈다. HDL-콜레스테롤은 고콜레스테롤 식이 쥐에 비해 제주산 해조 식이섬유를 첨가한 군이 증가하는 경향을 보였으나 유의적인 차이를 보이지 않았다. 총 콜레스테롤 함량에 대한 HDL-콜레스테롤 함량의 비는 제주산 해조 식이섬유를 첨가하였을 때 유의적인 차이를 보이며 증가하였다. GPT, GOT활성의 경우 GPT활성은 군간에 비슷한 경향을 보였으며, GOT활성은 제주산 해조 식이섬유를 첨가한 군이 유의적인 차이

를 보이며 감소하였다. 항산화효소인 SOD 및 catalase활성은 식이에 의한 영향은 없었다.

이상의 결과를 볼 때 제주산 해조 식이섬유의 체내 지방대사에 있어 총 콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤, 중성지방 및 GOT 활성을 낮추고 HDL-콜레스테롤/총 콜레스테롤 비는 높이는 효과를 나타냈다. 따라서 제주산 해조 식이섬유는 생체내 항고콜레스테롤 및 고콜레스테롤에 의한 스트레스로부터 간을 보호하는 것을 알 수 있었다.

### 감사의 글

본 논문은 제주자바식품의 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다

### 참고 문헌

박미리 · 조수열. 1985. 식이성 섬유소가 콜레스테롤 식이 흰쥐 혈청 및 간장 지질에 미치는 영향. 한국 영양식량학회지, 14(3): 223-228.

Aebi, H. 1984. Catalase in vitro. *Methods in Enzymol.*, 105: 121-126.

Anderson, J.W. and S.R. Bridges. 1984. Sort-chain fatty acid fermentation products of plant fiber after glucose metabolism of isolated rat hepatocytes. *Proc Soc Exp Biol Med.*, 177: 372-376.

Castelli, W.P., P.W. Wilson., D. Levy and K. Anderson. 1990. Serum lipid and risk of coronary artery disease. *Atheroscl Rev.*, 21: 7-9.

Chen, W.J. and J.W. Anderson. 1979. Effects of guar gum and wheat bran on lipid metabolism in rat. *J Nutr.*, 109: 1028-1034.

Choi, J.H. 1987. A study on fatty acid pattern in brain and liver tissues of developing chicken embryos. Master's Degree Thesis, Korea University.

Fernandez, M.L., A. Trejo and D.J. McNamara. 1990. Pectin isolated from prickly pear (*Opuntia* sp.) Modifies low density lipoprotein metabolism in cholesterol-fed guinea pigs. *J Nutr.*, 120: 1283

- 1290.
- Friedwald, W.T., R.I. Levy and D.S. Fredrickson. 1972. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem.*, 18(6): 499-502.
- Glueck, C.J. and W.E. Connor. 1978. Diet-coronary heart disease relationships reconnoitered. *Am J Clin Nutr.*, 31: 727-737.
- Jang, M.A., K.S. Lee, J.S. Seo and Y.S. Choi. 2002. Effects of dietary supplementation of sea tangle extracts on the excretion of neutral steroids and bile acid in diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr.*, 31: 891-925
- Jang, S.J. and Y.J. Park. 1995. Effects of dietary fiber sources and levels on lipid metabolism in rats fed high lard diet. *Korean J Nutr.*, 28: 107-114.
- Jimenez-Esring, A. and I. Goni-Cambrodon. 1999. Nutritional evaluation and physiological effects of edible seaweeds. *Arch Latinoam Nutr.*, 49: 114-120.
- Kang, H.J., M.J. Suh, E.H. Kim and Y.S. Song. 1994. Effect of sodium alginate and cellulose on fasting plasma lipoprotein composition and cholesterol metabolism in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr.*, 23: 879-886.
- Lee, H.S., M.S. Choi, Y.K. Lee, S.H. Pack and Y.J. Kim. 1996. A study on the development of high-fiber supplements for the diabetic patients-Effect of seaweed supplementation on the lipid and glucose metabolism in streptozotocin induced diabetic rats. *Korean J Nutr.*, 29: 296-306.
- Marklund, S. and G. Marklund. 1974. Involvement of the superoxide anion radical in the autoxidation of pyroallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eur J Biochem.*, 47(3): 467-474.
- Mckenny, J.M. 2001. Lipid management: tools for getting to the goal. *Am J Manag Care.*, 7(9): 299-306.
- Miettinen, T.A. 2001. Cholesterol absorption inhibition: a strategy for cholesterol-lowering therapy. *Int J Clin Prat.*, 55: 710-716.
- National Institutes of Health. 1985. Lowering blood cholesterol to prevent heart diseases. *J Am Med Assoc.*, 253: 2080-2086.
- Nishina, P.M. and R.A. Freedland. 1990. Effects of propionate on lipid biosynthesis in isolated rat hepatocytes. *J Nutr.*, 120: 668-673.
- Nomura, M., Y. Nakajima and H. Ade. 1992. Effects of long-term administration of indigestible dextrin as soluble dietary fiber on lipid and glucose metabolism. *일본영양식량학회지*, 45(1) 21-25.
- Pack, S.H., Y.K. Lee and H.S. Lee. 1994. The effect of dietary fiber feeding on gastrointestinal functions and lipid and glucose metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Nutr.*, 27: 311-322.
- Rahimtoola, S.H. 1985. Cholesterol and coronary heart disease: A perspective. *J Am Med Assoc.*, 253: 2094-2095.
- Schrijver, R., D. Fremaut and A. Verheyen. 1992. Cholesterol-lowering effects and utilization of protein, lipid, fiber and energy in rats fed unprocessed and baked oat bran. *J Nutr.*, 122: 1318-1324.
- Shils, M.E. and V. Young. 1988. *Modern nutrition in health and disease*, 7th ed., Lea & Febiger, Philadelphia, pp. 1286-1296.
- Son, H.S., H.S. Kim and J.S. Ju. 1992. Effect of seaweed intake on the absorption of sodium, calcium, potassium and hypercholesterolemia. *Algae*, 14: 137-142
- Son, H.S., H.S. Kim and J.S. Ju. 1992. Effect of seaweed intake on the absorption of sodium, calcium, potassium and hypolipidemic mechanism in healthy male subjects. *J Korean Soc Food Nutr.*, 21: 471-477.
- Story, J.A. 1981. The role of dietary fiber in lipid metabolism. *Adv Lipid Res.*, 18: 229-246
- Tsai, A.C., J.D. Lias, J.J. Kelley, R.S. Lin and J.R. Robson. 1976. Influence of certain dietary fibers on serum and tissue cholesterol levels in rats. *P J Nutr.*, 106: 118-123.
- Wang, C. and G. Yang. 1997. Comparison of effects

- of two kinds of soluble algae polysaccharide on blood lipid, liver lipid, platelet aggregation and growth in rat. *NCBI*. 31: 342-345.
- Wilber, K.M., F. Baerheim and D.W. Shapro. 1949. The thiobarbituric acid reagent as a test for the oxidation of unsaturated fatty acid by various reagents. *Arch. Biochem. Biophys.*, 24: 304-313.
- Yang, J.L., M.J. Suh and Y.S. Song. 1996. Effects of dietary fibers on cholesterol metabolism in cholesterol-fed rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 25: 392-398.