

## 대황유래 Laminaran이 고콜레스테롤 식이를 급여한 흰쥐의 혈청지질 성분에 미치는 영향

김영명<sup>1\*</sup> · 한찬규<sup>1</sup> · 방상진<sup>1</sup> · 박종혁<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한국식품연구원

<sup>2</sup>전라북도 생물산업진흥원

## Effects of Laminaran from *Eisenia bicyclis* on Serum Lipids in Rats Fed High Cholesterol Diet

Young Myung Kim<sup>1\*</sup>, Chan Kyu Han<sup>1</sup>, Sang Jin Bang<sup>1</sup> and Jong Hyuk Park<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Korea Food Research Institute, Seongnam 463-420, Korea

<sup>2</sup>Jeonbuk Bioindustry Development Institute, Jeonbuk 561-360, Korea

### Abstract

This study was conducted to investigate the influence of laminaran from *Eisenia bicyclis* on serum lipid composition of rats fed high fat and cholesterol diets. Forty male Sprague-Dawley rats weighing  $70 \pm 2.5$  g of 4 weeks old were fed experimental diets for 6 weeks with high fat diet consisting of basal diet plus cholesterol (1%) and lard (10%) for the induction of hyperlipidemia. The effect of laminaran supplements via drinking waters on serum lipid composition of rat were investigated for 5 weeks by administration of experimental diet group fed basal diet only as normal group, control group fed high fat diet, LL group fed high fat diet plus 0.25% laminaran containing water, and LH group fed high fat diet plus 0.5% laminaran containing water, respectively. As a results of experiments, it was found that LL and LH groups showed significant ( $p < 0.05$ ) decrease in body weight gain and liver weight as compared with control and it may caused by decreased FER. The weight of cecum and adipose tissue (EFP) of LL group showed a significantly ( $p < 0.05$ ) decreased patterns compared with control. It was also found that LL and LH diet groups affects the intestinal length and transit time of rat as significantly ( $p < 0.05$ ) increased in length of intestine and decreased in transit time. In addition, LL and LH diet groups showed a dramatic decrease in triglyceride, total and LDL-cholesterol, and significant increase in HDL-cholesterol compared with control diet group, by which results in decreased in AI. These results indicate that crude laminaran from *Eisenia bicyclis* has a strong hyperlipidemic and hypercholesterolemic activities in rats fed high fat and cholesterol diet.

**Key words:** *Eisenia bicyclis*, laminaran, hyperlipidemia, cholesterol

### 서 론

최근 생활수준이 향상되고 식생활이 서구화됨에 따라 동물성 지방의 섭취가 증가하고 있으며, 이러한 식생활의 변화로 인해 동맥경화증, 심근경색증 및 뇌 혈전증 등 심장순환기계 질환으로 인한 사망률이 증가하고 있는 추세이다(1). 이러한 질환의 요인으로서는 유전적인 인자, 고혈압, 당뇨, 비만, 운동부족, 스트레스 및 고지혈증 등(2,3)을 들 수 있고, 그 중 콜레스테롤과 중성지방 농도의 증가에 의해 영향을 받는다는 것이 밝혀지면서 혈중 콜레스테롤 수준을 효과적으로 저하시키기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다(4).

해조류는 탄수화물을 약 30~67%까지 함유하고 있어, 소화효소에 의한 소화율이 낮아 영양학적인 면에서는 별로 각광을 받지 못하였으나, 최근에는 해조 다당이 혈관 내 콜레

스테롤 침착을 방지하고 장관운동을 원활하게 할 뿐만 아니라, 중금속의 배출효과까지 전해지면서 다시 관심이 집중되고 있다(5,6). 해조류 중 갈조류 추출물은 특히 혈중 지질개선 효과가 높은 것으로 보고되고 있다(7,8). Laminaran은 갈조류에 다량 함유되어 있는 저장다당류(9)로, Painter(9) 및 Pereira와 McDowell(10)은 갈조류로부터 저분자 laminaran을 분리, 정제하여 구조 분석한 결과 1→3:1→6-β-D-glucan으로 β-1→6 결합을 35% 정도 함유한 것으로 보고하였다. 갈조류 중 대황(*Eisenia bicyclis*)은 crude laminaran의 함량이 14.5%이며 그 화학적 조성은 총당의 함량이 68.2~74.7%, 단백질 8.4%, 황산기 7.6% 및 glucose 55.0%로 나타나 대황은 상당량의 laminaran과 총당을 함유하고 있다(11). Laminaran은 구조적 특성으로 인해 β-glucan과 유사한 생리활성을 나타내며, 식물 및 동물의 면역활성 증진효과, 방사능보호

\*Corresponding author. E-mail: ymkim@kfri.re.kr

Phone: 82-31-780-9009. Fax: 82-31-780-9099

및 항종양 등 다양한 생리활성이 보고되고 있다(12-14). 특히 대황의 열수추출물은 190.0초 이상의 높은 항혈액 응고활성(APTT)을 가지는 것으로 보고되었다(15).

본 연구는 부분정제 된 laminaran의 생리활성 규명의 일환으로 고콜레스테롤 식이로 사육한 흰쥐에게 laminaran을 음용수로 급이하였을 때 장기능과 혈청 내 지질대사에 미치는 영향을 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에서 사용한 대황(*Eisenia bicyclis*)은 울릉도 근해에서 채취된 것을 생 시료로 구입하여 부착물을 제거한 다음 수세 및 건조 후 분쇄 및 밀봉하여 실험에 사용하였다.

### 시료의 조제

건조대황 분쇄물에 15배량의 물을 가하여 100°C에서 2시간씩 2회 교반추출하여 대황추출물을 얻었다. Crude laminaran은 대황추출물에 CaCl<sub>2</sub> 용액을 가하여 생성되는 알긴산 칼슘을 여과지(Whatman No. 41)를 사용하여 제거한 후 3배량의 에탄올을 가하여 수용성 다당을 침전시켜 원심분리(4,000×g, 15 min)하고 증류수로 24시간 투석(MWCO 3,500, MEMBRANE FILTRATION Inc., USA)한 것을 동결건조한 다음 1%(w/v) 수용액에 대하여 Econase CE(endo-1,4-β-D-glucanase, EC 3.2.1.4, AB Enzyme Co., Germany)를 4 mg/mL 농도로 첨가하여 50°C에서 120분간 반응시키고 100°C에서 3분간 효소를 불활성화 시켰다. 그 후 한외여과(MWCO, 50,000 dalton) 및 동결건조 과정에 의해 제조된 crude laminaran을 동물실험용 시료로 사용하였다(Fig. 1).

### *E. bicyclis* 2.5 kg

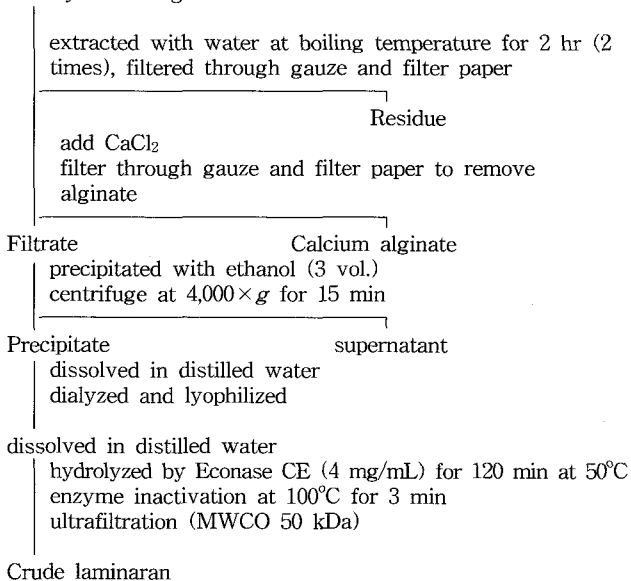


Fig. 1. Scheme for the preparation of crude laminaran from *E. bicyclis*.

### 실험동물 및 식이

실험동물은 (주)중앙실험동물센터로부터 체중이 70±2.5g(4주령)된 Sprague Dawley계 수컷 흰쥐 40마리를 분양받아 동물 사육실험실에서 1주동안 시판용 흰쥐사료를 급여하였다. 사육실의 환경은 온도(24±2°C), 습도(55~60%), 명암(12시간 light/dark cycle)으로 조절하였다. 실험배치는 난괴법(randomized complete block design)으로 10마리씩 4군으로 나누어 대조군은 정상식을 급여하였고, 나머지 실험군은 Kim 등(16)의 방법에 따라 흰쥐용 가루식이(AIN-diet)에 콜레스테롤(cholesterol)과 돼지기름(lard)을 각각 1%, 10%씩 증량비로 첨가한 사료-고지혈증 유발식이를 제조하여 6주동안 급여하였다(Table 1). 식이성 고지혈증이 유발된 실험동물은 다시 일반 음용수를 섭취하는 실험대조군(control)과 Son 등(17)의 방법에 준하여 laminaran의 일일섭취량이 100 mg/100 g이 되도록 조정된 laminaran 0.25% 음용군(low dose, LL) 및 laminaran의 일일섭취량이 200 mg/100 g이 되도록 조정된 laminaran 0.5% 음용군(high dose, LH)으로 나누었으며, 정상식을 하는 정상군(normal)은 일반 음용수를 섭취시켰다. 실험기간동안 식이와 음용수는 매일 일정시간에 공급하였고 자유급이(ad libitum) 섭취시켰다.

### 식이섭취량, 체중 및 식이효율

식이섭취량은 실험기간동안 매일 일정시간에 측정하였고 체중은 3일에 한번씩 측정하였다. 식이효율(Food efficiency ratio, FER)은 전 체중증가량을 같은 기간 동안의 식이섭취량으로 나누어 계산하였다.

### 장통과 시간

장통과 시간은 Wang 등(18)의 방법으로 측정하였다. 즉,

Table 1. Composition of basal and hyperlipidemic diet (%)

Ingredients	Basal diet	Hyperlipidemic diet
Corn starch	65.0	54.0
Casein	20.0	20.0
Corn oil	5.0	5.0
Sucrose	5.0	5.0
Vitamin mixture <sup>1)</sup>	1.0	1.0
Mineral mixture <sup>2)</sup>	3.5	3.5
Choline chloride	0.2	0.2
DL-methionine	0.3	0.3
Cholesterol	-	1.0
Lard	-	10.0
Total	100.0	100.0

<sup>1)</sup>Vitamin mixture (g/kg): thiamin HCl 0.6, biotin 0.02, riboflavin 0.6, cyanocobalamine 0.001, pyridoxine HCl 0.7, retinyl acetate 0.8, nicotinic acid 3.0, DL-tocopherol 3.8, Ca-pantothenate 1.6, dehydrocholesterol 0.0025, folic acid 0.2, menadione 0.0005, sucrose, finely powered to make 1,000.0.

<sup>2)</sup>Mineral mixture (g/kg diet): calcium phosphate dibasic 500.0, sodium chloride 74.0, potassium citrate monohydrate 220.0, potassium sulfate 52.0, magnesium oxide 24.0, magnesium carbonate 3.5, potassium iodate 0.01, chromium potassium sulfate 0.55, sucrose, finely powered to make 1,000.0.

실험 5주째 실험동물을 케이지에 넣고 하루동안 적응시킨 다음 10시간동안 절식시킨 후 0.5% brilliant blue 식이 10 g을 공급하여 brilliant blue가 섞인 푸른변이 배설되는데 소요되는 시간을 측정하였다.

**채혈 및 장기의 채취**

혈액은 흰쥐를 실험종료 후 하룻밤 절식시킨 후 ethyl-ether로 마취하여 심장천자법으로 채혈하였다. 채혈된 혈액을 원심분리관에 넣어 실온에서 30분간 방치한 후 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 혈청을 분리한 즉시 혈액분석에 사용하였다. 장기는 채혈 후 채취하여 이물질을 제거하고 무게를 측정 한 다음 -70°C에서 보관하였다(19).

**혈중 총 지질함량**

총지질 함량은 Frings와 Dunn의 방법(20)에 준하여 시료 10 mL와 c-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2 mL를 95°C 수조에서 10분간 방치 후 혼합액을 0.1 mL 취하고 phospho-vanillin reagent를 가하여 37°C에서 15분간 incubation하여 시약 blank를 대조로 파장 540 nm에서 흡광도를 측정하였다.

**혈청 지질함량**

혈청 total cholesterol 함량은 Richmond의 효소법(21)에 의하여 조제된 kit(AM 202-K, Asan)를 사용하여 실험하였다. 즉, 빙냉상에서 효소시약을 효소시약 용해액에 용해한 후 시료 20 µL에 조제한 효소시액 3.0 mL를 첨가한 후 37°C에서 5분간 incubation하여 시약 blank를 대조로 파장 500 nm에서 흡광도를 측정하였다. 혈청 triglyceride 함량은 McGowan 등(22)의 방법에 준하여 조제된 kit(AM 157S-K, Asan)를 사용하여 실험하였다. 즉, 빙냉상에서 효소시약을 효소시약 용해액에 용해한 후 시료 20 µL에 조제한 효소시액 3.0 µL를 첨가한 후 37°C에서 10분간 incubation하여 시약 blank를 대조로 파장 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 혈청 phospholipid 함량은 Chen 등(23)의 효소법에 준하여 조제된 kit (Iatron Chem., Co.)를 사용하여 실험하였다. 즉 빙냉상에서 효소시약을 효소시약 용해액에 용해한 후 시료 20 µL에 조제한 효소시액 3.0 mL을 첨가한 후 37°C에서 20분간 incubation하여 시약 blank를 대조로 파장 500 nm에서 흡광도

를 측정하였다. 표준검량선에 준해 그 함량을 mg/dL로 표시하였다.

**혈청 고밀도 및 저밀도 콜레스테롤 측정**

고밀도 지단백(HDL-C)과 저밀도 지단백(LDL-C) cholesterol 함량은 Noma 등(24)의 효소법에 의하여 조제된 kit(AM 203-K, Asan)를 사용하여 실험하였다. 즉, 혈청 20 µL에 침강시약 0.2 mg을 가하고 잘 혼합한 후 실온에서 10분간 방치하고 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하였다. 그리고 그 상침액을 0.1 mL 취하여 효소시액 3.0 mL와 잘 혼합하여 37°C에서 5분간 incubation하여 시약 blank를 대조로 파장 500 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준검량선에 준해 그 함량을 mg/dL로 표시하였다.

**통계처리**

실험결과는 평균치±표준편차로 표시하였고 각 실험군의 유의성은 SPSS 통계프로그램을 이용하여 ANOVA로 검정한 후 실험군 간의 통계적 유의성 검증은 Duncan's multiple range test를 시행하였다.

**결과 및 고찰**

**체중 및 식이섭취량**

흰쥐의 체중증가량, 식이섭취량 및 식이효율은 Table 2와 같다. 체중증가량은 대조군의 경우 3.2±0.86 g, LL군은 2.1±0.82 g, LH군은 2.0±0.54 g으로 LL 및 LH군은 대조군에 비해 체중증가량이 낮았다. 이는 laminaran이 식이성 고지혈증 흰쥐의 체중증가를 억제하는 것으로 보여지며 이와 같은 결과는 미역, 다시마 등과 같은 갈조류가 체중증가 억제에 효과적이라는 일반적인 보고(1,25)와 잘 일치하는 것으로 나타났다. 식이섭취량은 실험대조군, LL 및 LH군은 각각 25.6±2.14 g, 27.8±0.85 g 및 28.1±1.51 g으로 laminaran 섭취군이 약간 높게 나타났으나 실험군 간의 큰 차이는 없었고, 식이효율은 LL과 LH군이 대조군에 비해 유의하게 낮았다(p<0.05). 각 군별 음용수 섭취량은 정상군(normal) 33.53±1.45, 대조군(control) 35.27±1.28, LL군 34.27±1.45, LH군 35.03±1.26 mL/day로 나타났으며 각 군별 유의적인 차이는 없었다(p<0.05).

**Table 2. Effects of laminaran on body weight, feed intake, water consumption and FER of rats fed hyperlipidemic diet**

Group <sup>1)</sup>	Weight gain (g/day)	Diet intake (g/day)	Water consumption (mL/day)	FER <sup>2)</sup>
Normal	2.82±0.51 <sup>3) b4)</sup>	28.15±1.73 <sup>b</sup>	33.53±1.45 <sup>a</sup>	0.10±0.02 <sup>a</sup>
Control	3.24±0.86 <sup>c</sup>	25.60±2.14 <sup>a</sup>	35.27±1.28 <sup>a</sup>	0.12±0.03 <sup>a</sup>
LL	2.11±0.82 <sup>a</sup>	27.82±0.85 <sup>b</sup>	34.27±1.45 <sup>a</sup>	0.08±0.03 <sup>a</sup>
LH	2.07±0.54 <sup>a</sup>	28.13±1.51 <sup>b</sup>	35.03±1.26 <sup>a</sup>	0.07±0.03 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Normal, basal diet; Control, hyperlipidemic diet group; LL, control diet+water containing 0.25% laminaran group; LH, control diet+water containing 0.5% laminaran group.

<sup>2)</sup>FER=Body weight gain (g/day)/Food intake (g/day).

<sup>3)</sup>Values are mean±SD (n=10).

<sup>4)</sup>Same superscripts are not significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

**Table 3. Effect of laminaran on organ weight and adipose tissue of rat fed hyperlipidemic diet** (g/100 g body weight)

Group <sup>1)</sup>	Liver	Kidney	Cecum	Adipose tissue (EFP) <sup>2)</sup>
Normal	2.69±0.69 <sup>3)4)</sup>	0.64±0.06 <sup>a</sup>	0.72±0.09 <sup>a</sup>	1.56±0.45 <sup>b</sup>
Control	3.65±0.62 <sup>b</sup>	0.63±0.04 <sup>a</sup>	0.76±0.16 <sup>a</sup>	1.72±0.39 <sup>b</sup>
LL	2.62±0.21 <sup>a</sup>	0.68±0.06 <sup>b</sup>	1.41±0.33 <sup>b</sup>	1.31±0.43 <sup>a</sup>
LH	2.75±0.37 <sup>a</sup>	0.65±0.04 <sup>b</sup>	1.26±0.29 <sup>b</sup>	1.76±0.59 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Same as in Table 2. <sup>2)</sup>EFP: epididymal fat pad.

<sup>3)</sup>Values are mean±SD (n=10).

<sup>4)</sup>Same superscripts are not significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

### 장기무게

체중 100 g당 간장, 신장, 부고환 지방조직 및 맹장의 무게는 Table 3에 나타내었다. 간장의 무게는 정상군 2.69±0.69 g, 대조군 3.65±0.62 g, LL군 2.62±0.21 g, LH군 2.75±0.37 g으로 고지혈증을 유발한 실험군(control, LL, LH)이 정상군(normal)에 비해 높았으나, 대조군(control)에 비해서는 LL군과 LH군에서 유의적으로 낮게 나타났다(p<0.05). Joo 등(1)은 해조 올리고당을 투여한 고지혈증 흰쥐의 간장무게가 대조군에 비해 감소한다고 하였고, Lee 등(26)은 다시마의 투여로 간장조직의 증가를 어느 정도 억제하는 것으로 보고되어, 본 실험의 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다. 신장무게는 실험군과 대조군 간의 유의적인 차이가 나타났다. 체내 저장지방을 대표하는 부고환의 지방무게는 LL군 및 LH군이 각각 1.31 g, 1.76 g으로 대조군(1.72 g)에 비해서 LL군은 감소하는 경향이였다. Deckere 등(27)은 식이섬유를 쥐에게 섭취시켰을 때 열량섭취와 부고환 지방조직이 감소하였다고 보고하였는데, 본 연구에서 대조군에 비해 실험군에서 체중증가량이 감소하는 경향을 보이고 있었다. 이는 laminaran의 섭취는 열량흡수를 감소시켜 체중감소와 지방조직의 축적을 감소시킨 것으로 사료된다. 맹장무게는 실험 대조군이 0.76±0.16 g, LL군 1.41±0.33 g, LH군 1.26±0.29 g으로 대조군에 비해 LL군과 LH군은 유의적으로 무겁게 나타났는데 맹장무게의 증가는 맹장내의 세균에 의해 소화 흡수 되지 않은 laminaran이 단쇄지방산(short chain fatty acid)으로 변환되어 부분적인 체내흡수가 진행되는 데 기인하는 것으로 사료된다(28-30).

### 장기능에 미치는 영향

Laminaran의 섭취가 소장, 대장의 길이 및 장 통과시간에 미치는 영향은 Table 4에 나타내었다. 소장과 대장의 길이는 정상군과 대조군에 비하여 laminaran 실험군(LL군, LH군)에서 유의적으로 길게 나타나(p<0.05) laminaran이 소장 및 대장의 길이에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. Brown 등(31)은 식이섬유의 소장 및 대장길이의 증가원인을 gel-forming성질로 인한 영양소흡수 저해결과에 대한 적응과정으로 설명하고 있고, Paulini 등(29)의 실험에서는 10%의 psyllium과 cellulose를 원숭이에게 3.5년동안 급여시켰을 때 장의 길이에 유의적인 차이가 없었다고 보고한 바 있으므로 장 길이연장에 대한 식이섬유 섭취의 영향은 아직 일관

**Table 4. Effect of laminaran on intestinal length and transit time of rats fed hyperlipidemic diet**

Group <sup>1)</sup>	Small intestine (cm)	Large intestine (cm)	Transit time (hr)
Normal	104.45±17.55 <sup>2)3)</sup>	18.61±1.75 <sup>a</sup>	70.30±6.68 <sup>b</sup>
Control	105.22±15.98 <sup>a</sup>	17.90±2.55 <sup>a</sup>	71.15±2.89 <sup>b</sup>
LL	112.33±11.62 <sup>b</sup>	20.00±2.19 <sup>b</sup>	58.50±2.80 <sup>a</sup>
LH	115.00±14.35 <sup>b</sup>	20.33±2.53 <sup>b</sup>	55.09±2.31 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Same as in Table 2.

<sup>2)</sup>Values are mean±SD (n=10).

<sup>3)</sup>Same superscripts are not significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

성 있는 결론을 내리기 어려운 것으로 생각된다. LL군과 LH군은 실험대조군에 비하여 장 통과시간이 짧게 나타났으며, 이는 식이섬유소를 섭취시켰을 때 식이섬유소의 수분보유력(water holding capacity)에 의하여 변의 수분보유량이 증가되고 체내로 흡수되지 못한 잔사물질이 증가하여 변의 부피가 증가하고 장내 통과시간을 단축시킨다는 보고와 유사한 결과로 사료된다(32). LL 및 LH군 변의 상태는 묽은상태였고, 변의 양도 많았으며, 본 실험에서 사용한 laminaran은 10,000 dalton 이상의 수용성 다당으로 식이성 고지혈증을 유도한 흰쥐의 장내에서 식이섬유소로써 작용한 것으로 생각된다.

### 혈중 지질 성분의 변화

식이성 고지혈증을 유도한 흰쥐에서 laminaran의 혈청 지질성분의 영향은 Fig. 2에 나타내었다. 혈중 총 지질함량은 정상군 243.35 mg/dL, 대조군 387.25 mg/dL, LL군은 245.12 mg/dL, LH군 246.23 mg/dL으로 식이성 고지혈증이 유발된 실험군 모두가 정상군에 비해 총 지질함량은 높았으나, 대조군에 비해 LL군 및 LH군은 각각 36.7 및 36.4%로 감소하였다. 중성지질(TL) 및 인지질(PL)농도는 모든 실험군에 있어서 정상군(normal)에 비해 높게 나타났으나, 실험군 간에 PL농도는 LL군 113.6 mg/dL, LH군 119.8 mg/dL으로 대조군 148.3 mg/dL에 비해 각각 23.3 및 31.2% 감소하였고, TG 농도는 LL군 155.2 mg/dL, LH군 130.5 mg/dL로서 대조군 225.6 mg/dL에 비해서 각각 31.2 및 42.1% 감소하였다. Kinnunen 등(33)에 의하면 혈청 중성지질의 농도 저하작용은 모세혈관 벽에 존재하는 lipoprotein lipase가 chylomicron과 VLDL-콜레스테롤의 분해를 촉매하기 때문이라고 하였으며, Faidley 등(34)은 다불포화지방산은 인지질을 담

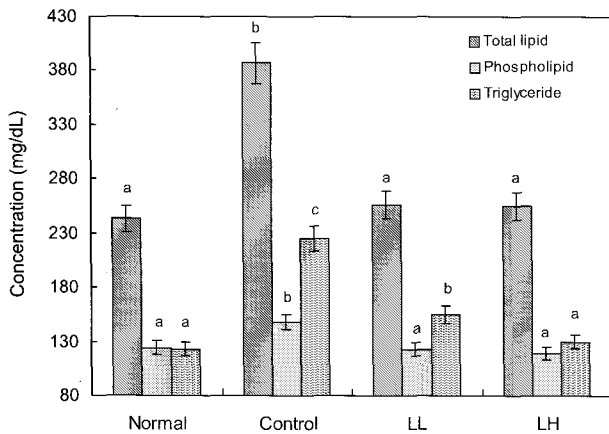


Fig. 2. Effects of laminaran on serum lipid composition in hyperlipidemic rats. Groups are the same as in Table 2.

좁은로서의 이용률을 증가시킴으로 혈청 인지질 농도를 저하시킨다고 하였다. 따라서 본 실험에서 나타난 결과로 볼 때 laminaran의 음용수 급여로 인하여 혈청 총지질, 중성지질 및 인지질의 농도가 저하되는 것으로 사료되었다.

혈청내 콜레스테롤 함량 변화 및 동맥경화지수

Laminaran을 음용수로 투여한 식이성 고지혈증을 유도한 흰쥐의 혈청 콜레스테롤의 함량 및 동맥경화지수의 변화에 미치는 영향은 Table 5에 나타내었다. 총 콜레스테롤 함량은 정상군 73.6 mg/dL, 대조군 91.1 mg/dL, LL군 59.8 mg/dL, LH군 68.0 mg/dL으로 LL군 및 LH군은 대조군에 비해 각각 34.0 및 26.2% 낮아졌다. Joo 등(1)은 해조올리고당 음료의 투여가 총 콜레스테롤의 함량을 25.6 및 34.5%로 감소시킨다고 하였으며, 이러한 결과는 식이섬유소가 혈청 콜레스테롤과 결합하여 배설되므로 혈청 콜레스테롤 함량이 감소한다고 하였다. HDL-콜레스테롤 함량은 정상군 28.9 mg/dL, 대조군 31.7 mg/dL, LL군 40.6 mg/dL, LH군 41.8 mg/dL로 나타났으며, LL군 및 LH군이 정상군에 비해 각각 40.4 및 44.6% 증가하였다. Kim과 Kim(7)은 톡의 혈청 지질성분 개선에 관한 연구에서 톡 녹즙액을 투여한 실험군은 대조군에 비해 HDL-콜레스테롤이 21.4% 정도 증가한다고 하였고, Joo 등(1)은 해조추출물이 HDL-콜레스테롤을 정상군 수준으로 회복시켰다고 보고하였다. 한편, LDL-콜레스테롤은 정상군 16.1 mg/dL, 대조군 25.2 mg/dL, LL군 7.7 mg/dL, LH군 8.0 mg/dL이었으며, 대조군에 비해 LDL-콜레스테롤은 각각 69.6 및 68.2% 감소하였다. 이러한 결과는 해조추출물이 직접적으로 혈중 LDL-콜레스테롤 수치를 낮추어 혈관계질환에 유효한 영향을 주는 것이라 생각된다. 동맥경화지수(AI)는 대조군 1.8, LL군 0.5, LH군 0.6으로 laminaran 처리군(LL, LH)은 대조군에 비해 동맥경화지수가 각각 72.2 및 66.6% 감소하였다. Laminaran 처리농도에 따른 혈청 지질성분 개선에 뚜렷한 차이는 없었으며, 식이성 고지혈증으로 유도된 흰쥐에서 총콜레스테롤 및 LDL-콜레

Table 5. Effects of laminaran on serum cholesterol level and AI of rat fed hyperlipidemic diet

Group <sup>1)</sup>	Cholesterol (mg/dL) <sup>2)</sup>			AI <sup>3)</sup>
	TC	HDL	LDL	
Normal	73.6±9.66 <sup>4)5)</sup>	28.9±3.83 <sup>a</sup>	16.1±1.54 <sup>b</sup>	1.5±0.12 <sup>b</sup>
Control	91.1±11.70 <sup>c</sup>	31.7±2.81 <sup>a</sup>	25.2±5.38 <sup>c</sup>	1.8±0.15 <sup>b</sup>
LL	59.8±11.41 <sup>a</sup>	40.6±3.54 <sup>b</sup>	7.7±0.84 <sup>a</sup>	0.5±0.02 <sup>a</sup>
LH	68.0±4.92 <sup>ab</sup>	41.8±5.60 <sup>b</sup>	8.0±1.42 <sup>a</sup>	0.6±0.06 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Same as in Table 2.

<sup>2)</sup>TC, total-cholesterol; HDL, high-density lipoprotein cholesterol; LDL, low-density lipoprotein cholesterol.

<sup>3)</sup>AI (Atherosclerotic index)=(TC-HDL)/HDL.

<sup>4)</sup>Values are mean±SD (n=10).

<sup>5)</sup>Same superscripts are not significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

스테롤이 현저히 증가되던 것이 laminaran을 급여함으로 인해 감소되었으며, 또한 HDL-콜레스테롤은 고지혈증의 유도로 감소되었던 것이 다시 증가하였는데, 이러한 결과로 볼 때 laminaran은 혈청 지질성분 개선에 유효한 물질인 것으로 사료되었다.

요 약

본 연구는 국내산 갈조류에 대하여 laminaran의 함량을 조사한 결과 대황에서 다량의 laminaran을 함유하고 있는 것으로 나타나 부분정제 laminaran의 생리활성 규명의 일환으로 대황에서 laminaran을 추출한 다음 고지방 식이로 사육한 흰쥐에게 음용수로 급여하였을 때 장기능과 혈청내 지질대사에 미치는 영향을 검토하기 위하여 실시하였다. 식이성 고지혈증이 유발된 실험동물은 대조군(control), laminaran 0.25% 음용군(low dose, LL), laminaran 0.5% 음용군(high dose, LH)으로 나누었으며, 정상식을 하는 정상군(normal)은 일반 음용수를 섭취시켰다. LL군 및 LH군은 대조군에 비해 체중증가량은 낮았고, 식이섭취량은 실험군 간 유의적인 차이는 없었다. 체중 100 g당 간장, 신장, 부고환 지방조직 무게는 고지혈증 유발 실험군(control, LL 및 LH군)이 정상군(normal)에 비해 높았으나, 실험대조군(control)에 비해서는 LL군과 LH군이 낮게 나타난 반면, 맹장의 무게는 LL군과 LH군이 대조군에 비해 무거웠으며, 소장과 대장의 길이는 정상군과 대조군에 비하여 길은 것으로 나타났다. 혈중 총지질 함량은 LL군 및 LH군이 대조군에 비해 각각 36.7 및 36.4%, 중성지질은 23.3 및 31.2%, 인지질 농도는 31.2 및 41.2%로 감소하였다. 또한 총콜레스테롤 함량은 대조군에 비해 34.0 및 26.2%, LDL-콜레스테롤은 69.6 및 68.2% 감소하였고, HDL-콜레스테롤 함량은 각각 40.4 및 44.6% 증가하였다. 동맥경화지수(AI)는 대조군 1.8, LL군 0.5, LH군 0.6으로 대조군에 비해 AI가 각각 72.2 및 66.6% 감소하였다. 이상의 결과 laminaran은 식이성 고지혈증 흰쥐에 대한 혈청 지질성분의 개선효과가 있는 것으로 사료되었다.

## 감사의 글

본 연구는 해양수산부 수산특정연구개발과제의 연구비 지원에 의하여 수행된 연구결과의 일부이며 연구비 지원에 감사드립니다.

## 문헌

- Joo DS, Lee JK, Choi YS, Cho SY, Je YK, Choi JW. 2003. Effects of seatangle oligosaccharide drink on serum and hepatic lipids in rats fed a hyperlipidemic diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 1364-1369.
- Goldstein JL, Schrott HG, Hazzard WR. 1973. Genetic analysis of lipid levels in 176 families and delineation of a new inherited disorder, combined hyperlipidemia. *J Clin Invest* 52: 1544-1549.
- Kannel WB, Mc Gee DL. 1979. Diabetes and cardiovascular disease the framingham study. *JAMA* 241: 2035-2040.
- Harper AE. 1983. Dietary and heart disease- a critical evaluation. *Dietary Fat Health* 44: 496-501.
- Ebihara K, Kiriya S. 1990. Physicochemical property and physiological function of dietary fiber. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 37: 916-920.
- Beaumont JL, Carlson LA, Cooper GR, Frejfar Z, Fredrickson DS, Strasser T. 1970. Classification of hyperlipidemia and hyperlipoproteinemia. *Bull WHO* 43: 891-897.
- Kim HS, Kim GA. 1998. Effects of the feeding *Hijikia fusiforme* (Harvey) Okamura on lipid composition of serum in dietary hyperlipidemic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 718-723.
- Park JC, Jang YI, Doo MS, Kim SH, Choi JW. 1996. Effect of methanolic extract of *pachymeniopsis elliptica* on lipids component of hyperlipidemic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 25: 958-962.
- Painter TJ. 1997. Algal oligosaccharides. In *The polysaccharides*. Aspinall GO, ed. Academic Press, New York. Vol 2, p 195-285.
- Pereira MS, McDowell RH. 1967. *Chemistry and enzymology of marine algae polysaccharides*. Academic Press, New York. p 53-71.
- Kim YM, Choi YS, Park JH. 2006. Purification and chemical characterisation of laminaran from *Eisenia bicylis* in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 78-86.
- Nagumo T, Nishino T. 1997. Fucan sulfates and their anti-coagulation activities. In *Polysaccharides in Medicinal Applications*. Dumitriu S, ed. Med Assoc Thai, New York-Basel-Hong Kong. p 545-574.
- Witvrouw M, De Clercq E. 1997. Sulfated polysaccharides extracted from sea algae as potential antiviral drugs. *Gen Pharmacol* 29: 497-511.
- Zvyagintseva TN, Shevchenko NM, Nazarova IV, Scobum AS, Luk'yanov PA, Elyakova AT. 2000. Inhibition of complement activation by water-soluble polysaccharides of some far-eastern brown seaweeds. *Com Biochem Physiol* 126: 209-215.
- Kim YM, Kim DS, Choi YS. 2004. Anticoagulant activities of brown seaweed extracts in Korea. *Korean J Food Sci Technol* 36: 1008-1013.
- Kim KI, Han CK, Seong KS, Lee OH, Park JM, Lee BY. 2003. Effect of whole powder and extracts of *Gastrodiae Rhiizoma* on serum and body fat in rats fed high-fat diet. *Kor J Food Sci Technol* 35: 720-725.
- Son YJ, Kim YS, Lee YJ. 1999. The effects of *Rhei palmati radix* and *Rhei undulati radix* on the blood lipids and enzymes of hypercholesterolic rats. *Kor J Herbology* 14: 61-68.
- Wang SG, Yoon EY, Lim YH. 1996. Effects of indigestible dextrin on bowel function and serum lipid in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 25: 560-567.
- Jung BM, Ahn CB, Kang SJ, Park JH, Chung DH. 2001. Effects of *Hijikia fusiforme* extracts on lipid metabolism and liver antioxidative enzyme activities in triton-induced hyperlipidemic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 1184-1189.
- Frings CS, Dunn RJ. 1970. A colorimetric method for determination of total serum lipids based on the sulfophosphovanillin reaction. *Am J Clin Path* 53: 89-92.
- Richmond W. 1976. Use of cholesterol oxidase for assay of total and free cholesterol in serum by continuous flow analysis. *Clin Chem* 22: 1579-1584.
- McGowan MW, Artiss JD, Strandbergh DR, Zak B. 1983. A peroxidase-coupled method for the colorimetric determination of serum triglycerides. *Clin Chem* 29: 538-542.
- Chen PS, Toribara TY, Warner H. 1956. Micro-determination of phosphorus. *Anal Chem* 28: 1756-1760.
- Noma A, Nakayama KN, Kota M, Okabe H. 1978. Simultaneous determination of serum cholesterol in high and low density lipoprotein with use of heparin,  $Ca^{2+}$  and an anion exchange resin. *Clin Chem* 24: 1504-1511.
- Choi JH, Kim DW. 1997. Effect of alginic acid-added seaweed drink (*Haezomiin*) in brown algae (*Undaria pinnatifida*) on obesity and biological activity of SD rats. *Korean J Life Sci* 7: 361-370.
- Lee JG, Lim YS, Joo DS, Joung IH. 2002. Effects of diet with seatangle (*Kjellmaniella crassifolia*) on calcium adsorption, serum composition and feces in rats. *J Korean Fish Soc* 35: 601-607.
- Deckere EAM, Kloots WJ, Amlsvoort JM. 1995. Both raw and retrograded starch decrease serum triglyceride concentration and fat accumulation in the rat. *Br J Nutr* 73: 287-298.
- Vahouny GV. 1986. Dietary fiber, lipid metabolism and atherosclerosis. *Fed Proc* 41: 2801-2806.
- Paulini I, Mehta T, Hargis A. 1987. Intestinal structural changes in African green monkeys after long term psyllium or cellulose feeding. *J Nutr* 117: 253-266.
- Cummings JH, Hii MJ. 1976. Changes in fecal composition and colonic function due to cereal fiber. *Am J Clin Nutr* 29: 1468-1475.
- Brown RC, Kelleher J, Losowsky MS. 1979. The effect of pectin on the structure and function of the rat small intestine. *Br J Nutr* 42: 357-361.
- Wells AF, Ershoff BH. 1961. Beneficial effect pectin in prevention of hypocholesterolemia and increase in liver cholesterol fed rats. *J Nutr* 74: 87-94.
- Kinnunen PKJ, Virtanen JA, Vainio P. 1983. Lipoprotein lipase and hepatic endothelial lipase. *Atheroscler Rev* 11: 65-72.
- Faidley TD, Luhman CM, Galloway ST, Foley MK, Beitz DC. 1990. Effect of dietary fat source on lipoprotein composition and plasma lipid concentrations in pigs. *J Nutr* 120: 1126-1132.

(2006년 5월 22일 접수; 2006년 7월 15일 채택)