

해조 올리고당 음료의 고지혈증 유도 쥐에 있어서 혈청 및 간장의 지질 변화에 미치는 영향

주동식[†] · 이진경* · 최용석* · 조순영* · 제외권** · 최종원***

동해대학교 외식산업학과, *강릉대학교 동해안해양생물자원연구센터

동명대학 식품가공과, *경성대학교 약학대학

Effect of Seatangle Oligosaccharide Drink on Serum and Hepatic Lipids in Rats Fed a Hyperlipidemic Diet

Dong-Sik Joo[†], Jin-Kyung Lee*, Yong-Seok Choi*, Soon-Yeong Cho*,
Yoi-Kweon Je** and Jong-Won Choi***

Dept. of Foodservice Industry, Donghae University, Donghae 240-713, Korea
*East Coastal Marine Boioresources Research Center, Kangnung National University,
Kangnung 210-703, Korea

**Dept. of Food Technology, Dong Myung College, Busan 608-080, Korea

***College of Pharmacy, Kyungsung University, Busan 608-736, Korea

Abstract

In this study, we investigated the effect of seatangle drink and seatangle extract product on weight gain and serum and hepatic lipid composition in rats fed a hyperlipidemic diet. In the dietary hyperlipidemia induced rats, it was observed that serum triglyceride, phospholipid, total lipid, LDL-cholesterol level and atherosclerotic index were higher, while the HDL-cholesterol level was lower when compared to the normal group. Total hepatic lipid and cholesterol content of the dietary hyperlipidemia induced rats was conspicuously decreased by seatangle drink and seatangle extract product treatment. Especially, triglyceride content was decreased to 30% by seatangle drink treatment, and 45% by seatangle extract product treatment.

Key words: seatangle drink, seatangle extract product, dietary hyperlipidemic rat, triglyceride, total lipid

서 론

최근 생활 수준의 향상으로 위생환경이 개선되고 식생활이 서구화하여 평균 수명이 연장되었으며, 질병의 양상 또한 선진국형으로 급격히 변화되고 있으며 따라서 성인병이 오늘날 가장 큰 의학적 과제로서 등장하게 되었다. 최근에는 국내 총 사망자 중 약 1/3이 순환기 질환이 원인이며, 그 중에서도 동맥경화성 순환기질환이 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 우리나라에서는 고혈압증으로 인한 뇌출혈과 뇌경색 등의 뇌혈관질환이, 구미선진국에서는 고지혈증으로 인한 관상동맥질환이 많으나, 최근에는 우리나라에서도 동물성 지방의 섭취증가로 인하여 고지혈증의 빈도가 높아지고 있으며, 죽상경화를 기초로 한 허혈성 심장 및 뇌질환이 증가하고 있는 실정이다(1). 이러한 죽상증(atherosclerosis)을 유발하는 위험인자로는 고지혈증, 고혈압증, 흡연, 당뇨병, 고노산증, 비만, 운동부족, 과음 등이 있고(2,3), 서구 여러 나라에서

는 고지혈증, 흡연, 고혈압이 3대 위험인자로 알려져 있으나, 우리나라에서는 고혈압, 흡연, 당뇨병을 주요 위험인자로 꼽으며, 최근에는 고지혈증도 주요 위험인자로서 부상하고 있다. 국내에서도 동맥경화증과 그에 따른 심혈관 질환의 유병률과 사망률이 증가하는 추세이며, 그 원인의 하나인 고지혈증의 유병률이 증가되는 점을 고려할 때, 고지혈증의 적절한 예방과 치료를 위한 대책이 절실히 요구된다고 하겠다. 심혈관 질환을 예방하는 주된 방법은 열량의 과다섭취를 피하고 섭취지방의 양과 종류를 제한하는 방법 등이 다양하게 제시되고 있으며, 근래에 와서는 천연 식품류의 적절한 섭취가 심혈관 질환에 있어서 중요시되고 있다. 이러한 관점에서 지금까지의 여러 부문에서 식품을 중심으로 맥관계 질환의 주요 원인인 고지혈증을 경감시키는 활성물질의 추구가 활발히 이루어지고 있는 실정이다.

한편, 콜레스테롤 저하, 변비 개선, 중금속 배출 등의 기능을 가지고 건강 식품 소재로서 각광받고 있는 해조류의 적절

[†]Corresponding author. E-mail: dsjoo777@yahoo.co.kr
Phone: 82-33-520-9253, Fax: 82-33-520-9251

한 이용 방안에 대한 관심이 높아지면서 다양한 건강 기능성 제품으로의 개발이 활발하게 진행되고 있다. 최근에는 산업적 생산이 가능한 해조 올리고당 제조 기술의 개발로 해조의 기능성 식품 소재로의 이용에 대한 기술적 접근이 많이 이루어져 있기는 하지만 여전히 제품화 접목에는 많은 연구가 진행되어야 할 것으로 여겨진다(4). 근년에는 해조 다당이 미량 첨가된 기능성 해조 음료가 소개되기도 하였으나, 해조를 소재로한 것은 아니며, 일본의 경우에도 해조를 이용한 다양한 제품이 개발되고는 있으나 단순 가공의 수준이라고 할 수 있다. 이러한 여러 가지 현황을 검토해 볼 때 아직 해조를 이용한 기능성 소재 및 제품 개발의 가능성을 충분히 있다고 판단된다.

본 논문은 다시마로부터 해조 다당과 올리고당을 다량으로 함유한 해조 음료 소재를 만들고 이를 소재로 기능성 해조 음료를 제조하여 이를 고지혈증 쥐에 투여하여 그 효과를 검색하고자 하였으며, 여기에서는 그 효과를 검증한 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

원료 다시마 및 첨가물

다시마는 시판되는 건조 다시마를 수협에서 직접 구입하여 냉수에 수세하여 건조한 다음, 수도수로 5분 이내로 간단하게 재수세하여 열풍 건조(45±2°C, Jeio Tech Co., Korea)하여 수분 함량이 10% 정도로 한 것을 분쇄하여(60~80 mesh) 해조 음료 제조용 원료로 이용하였다. 원료 다시마로부터 음료 소재 추출에 이용한 구연산과 음료 제조시 첨가한 벌꿀, 포도당, 비타민 C, 황산 콘드로이틴, 당귀추출액, 사과 과즙 농축액은 식품 첨가물용으로 시판되는 것을 구입하여 사용하였다.

해조 음료 소재, 해조 음료 제조 및 다시마 음료

해조 음료의 제조는 원료 다시마로부터 0.5% 구연산 용액을 이용하여 120°C에서 60분 이상 추출하여 얻어진 추출액을 음료 소재로 하였으며(Fig. 1), 이 음료 소재에 일정 비율의 음료 첨가물을 첨가하여 해조 음료를 제조하였다(Table 1). 다시마 추출물 제품은 시판되는 제품을 실험에 이용하였다.

실험동물 및 처치

실험동물은 대한실험동물센터로부터 분양받아 동물 사육실에서 일정한 조건(온도: 22±1°C, 습도: 55±3%, 명암: 12시간 light/dark cycle)으로 1주 동안 고휘사료로 적응시킨 체중 200±10 g의 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐 및 ICR계 생쥐(20±2 g)를 사용하였다. 식이성 고지혈증 model의 유도는 1%의 cholesterol과 0.5% Na-cholic acid를 첨가 조제한 Table 2와 같은 콜레스테롤 식이로 6주간 사육하여 고지혈증을 유도하였다. 시료는 A(해조음료), B(해조음료 소재), C(다시마 추출물 제품)로 10 mL/kg을 투여하였으며, 대조물질은

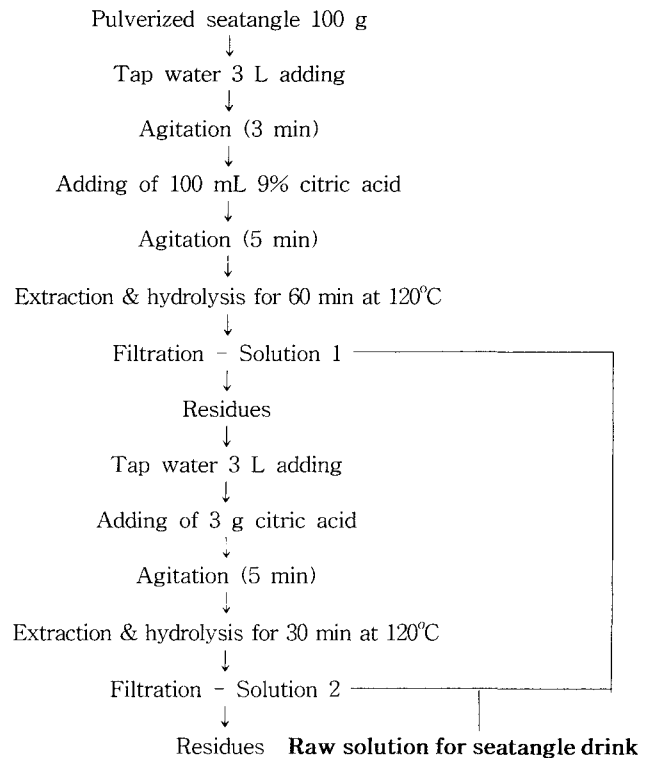


Fig. 1. Procedure for preparation of seatangle extract.

Table 1. Recipes of seatangle drink

Material & additives	Content (%)
Drink source (raw solution)	100
S-chondroitin	0.5
Glucose	4
Honey	1
Apple extract	4
Tanggui	1
Vitamin-C	0.001

cholestyramine resin(CSR, 100 mg/kg, 럭키제약)을 생리식염수에 현탁하여 고지혈증 유도 마지막 2주일간 각각 needle zonde를 사용하여 하루에 한번씩 경구투여하였다.

체중변화 및 지방조직의 측정

체중 변화는 실험 개시일로부터 1주일마다 측정하여 최초 무게에 대한 체중변화를 산출하였다. 지방조직은 고환 주위의 지방을 채취하여 산출하였다.

혈청 지질 함량 측정

Total lipid 함량의 측정에는 Frings와 Dunn의 방법(5)에 준하여 시료 10 mL와 c-H₂SO₄ 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. Total cholesterol 함량의 측정에는 Richmond의 효소법(6)에 의하여 조제된 kit(AM 202-K, Asan)를 사용하여 실험하였다. 즉, 빙냉상에서 효소시약을 효소시약 용해액에 용해한 후 시료 20 µL에

Table 2. Composition of basal and hyperlipidemic diet

Ingredient	Basal diet (%)	Hyperlipidemic diet (%)
Casein	20.0	20.0
DL-Methionine	0.3	0.3
Corn Starch	15.0	15.0
Sucrose	50.0	48.5
Fiber ¹⁾	5.0	5.0
Corn oil	5.0	5.0
AIN-mineral mixture ²⁾	3.5	3.5
AIN-vitamin mixture ³⁾	1.0	1.0
Choline bitartrate	0.2	0.2
Cholesterol	-	1.0
Na-cholate	-	0.5

¹⁾Cellulose: Sigma Co. LTD., USA

²⁾Mineral mixture based on the pattern of Rogers and Harper (1965) contain the following (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, ferric citrate 6.0, zinc carbonate 1.6, cupric carbonate 0.3, potassium iodate 0.01, chromium potassium sulfate 0.55, sucrose, finely powered make 1,000.0.

³⁾Vitamin mixture (g/kg): thiamin HCl 0.6, biotin 0.02, riboflavin 0.6, cyanocobalamin 0.001, pyridoxine HCl 0.7, retinyl acetate 0.8, nicotinic acid 3.0, DL-tocopherol 3.8, Ca-pantothenate 1.6, 7-dehydrocholesterol 0.0025, folic acid 0.2, menadione 0.005, sucrose, finely powered to make 1,000.0.

조제한 효소시액 3.0 mL을 첨가한 후 37°C에서 5분간 incubation 하여 시약 blank를 대조로 파장 500 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준검량선에 준해 혈중 함량은 mg/dL로 표시하였다. Triglyceride 함량의 측정은 McGowan 등의 방법(7)에 준하여 조제된 kit(AM 157S-K, Asan)를 사용하여 실험하였다. 즉, 빙냉상에서 효소시액을 효소 시약 용해액에 용해한 후 시료 20 µL에 조제한 효소시액 3.0 mL을 첨가한 후 37°C에서 10분간 incubation하여 시약 blank를 대조로 파장 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. Phospholipid 함량의 측정은 Chen 등의 효소법(8)에 준하여 조제된 kit(Iatron Chem., Co.)를 사용하여 실험하였다. 즉, 빙냉상에서 효소시액을 효소시약 용해액에 용해한 후 시료 20 µL에 조제한 효소시액 3.0 mL을 첨가한 후 37°C에서 20분간 incubation하여 시약 blank를 대조로 파장 500 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준검량선에 준해 그 함량을 mg/dL로 표시하였다. High density lipoprotein cholesterol(HDL-C) 및 low density lipoprotein cholesterol(LDL-C) 함량의 측정은 Noma 등의 효소법(9)에 의하여 조제된 kit(AM 203-K, Asan)를 사용하여 실험하였다. 즉, 혈청 20 µL에 침강시약 0.2 mL를 가하고 잘 혼합한 후 실온에서 10분간 방치하고 3000 rpm에서 10분간 원심 분리하였다. 그리고 그 상정액을 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.

간조직 성분의 측정

간 일정량에 3배량의 0.9% NaCl을 첨가하여 균질기에서

마쇄한 후 Folch 등의 방법(10)에 따라 총 지질을 추출하였다. 총 지질량은 중량 건조법에 따랐으며, 중성지질의 함량은 시판 효소 측정용 kit를 사용하였고, 총 cholesterol 함량은 Ichida의 방법(11)에 따랐다.

통계처리

실험 결과는 평균치±표준편차로 표시하였고 각 군의 유의성 검정은 ANOVA로 검증한 후 실험군간의 통계적 유의성 검증은 Duncan's multiple range test를 시행하였다.

결과 및 고찰

해조 음료 제조

다시마를 잘 수세하고 건조하여 수분 함량이 10% 정도인 것을 분쇄하여 해조 음료 제조용 원료로 이용하였는데, 원료의 전처리 과정에서 제거되지 않은 염분은 최종 해조 음료의 맛에 미치므로 염분 제거에 주의하여야 한다. 1, 2차 수세후의 원료의 일반성분 조성은 각각 총당질이 67.5%, 조단백질이 26.2%, 조지방질 3.2%, 회분이 2.5% 였다.

최종 다시마 분해물의 제조는 유기산을 이용한 부분적인 가수분해를 통해 제조하였다(12). 분해 추출물의 당질로서의 농도는 10.5% 정도였으며, 전체 당질중의 올리고당과 단당의 함유율이 80% 정도였고, pH 3.9, Brix 1.9%의 노란색의 해조 냄새를 가지는 시료였다. 이 추출 원료가 가지는 비릿한 뒷맛과 해조취를 교정하기 위해 몇가지 한약재 및 식물 추출물을 혼합하여 맛과 물성을 시험한 결과, 맛과 향의 교정을 위해서는 당귀 추출물, 사과 과즙, 정제 포도당, 벌꿀이 첨가되었고, 기능성 보강을 위해 황산 콘드로이틴을 첨가하여 최종 해조 음료를 제조하였다.

체중 및 장기 중량 변화

식이성 고지혈증을 유도한 흰쥐에서 체중 및 체중 대 장기의 무게비에 미치는 해조 올리고당의 영향을 관찰한 결과 Table 3과 같다. 고지혈증의 유도군은 6주 사육 기준으로 245.9 ± 8.91 g로 정상군 163.7 ± 7.89 g에 비해 현저히 체중이 증가되는 것을 알 수 있었고, 반면 해조 올리고당 음료 1주일간 투여로 체중이 183.4 ~ 198.2 g으로 체중 증가가 현저하게 억제된다는 것을 확인하였다. 또 식이성 고지혈증을 유도한 쥐에서 증가하던 간장 및 지방 조직의 무게 증가(97.7 ± 4.82 g)도 해조 올리고당의 투여로 상당히 개선되는 것(77.2 ~ 93.2 ± 3.33 g)으로 나타났다. Choi와 Kim(13)은 미역과 다시마 식이 시험을 통해 비만 억제 효과가 해조에 들어있는 알긴산의 스펀지 효과(sponge effect)라고 주장한 바 있으며, Lee 등(14)은 다시마의 투여로 체중 및 간장 조직의 증가를 어느 정도 억제할 수 있는 것으로 보고한 바 있으며, 다시마가 다이어트에 효과적이라는 일반적인 보고와 잘 일치하는 것으로 나타났다.

혈청 지질 성분의 변화

식이성 고지혈증을 유도한 흰쥐에서 해조 올리고당 음료

Table 3. Effects of seatangle drinks on growth parameters of rats fed a hyperlipidemic diet

Group ¹⁾	Dose (mg/kg)	Weight gain (6 weeks)	Adipose tissue (epididymus, mg/body wt.)	Liver wt. (mg/body wt.)
Normal		163.7±7.89 ^{2)d3)}	18.0±1.42 ^d	70.2±3.86 ^d
Control		245.9±8.91 ^a	39.8±2.34 ^a	97.7±4.82 ^a
Sample A	10	198.2±8.77 ^b	26.4±2.11 ^{bc}	83.6±2.38 ^b
Sample B	10	184.3±6.98 ^{b,c}	30.1±3.24 ^b	93.2±3.33 ^a
Sample C	10	183.4±8.76 ^c	24.6±2.29 ^c	77.2±3.11 ^c
CSR	100	190.8±7.10 ^{bc}	25.1±1.87 ^c	75.9±2.87 ^{cd}

The sample (A~C) and cholestyramine resin (CSR) were orally administered daily for two weeks, and rats were sacrificed 24 hr after the final dose.

The assay procedure was described in the experimental methods.

¹⁾Normal: basal diet group, Control: hyperlipidemic diet group.

Sample A: seatangle drink, Sample B: citric acid extract of seatangle, Sample C: market product of seatangle extract.

²⁾Values are mean±SD (n=8).

³⁾Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different each other (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

의 혈청 지질 성분에서의 영향을 실험한 결과는 Table 4와 같다. 정상 식이군의 혈청 총지질 함량이 232.2±12.2 mg/dL 였으나, 고지혈증 유도쥐에서는 381.4±15.3 mg/dL로 크게 증가한 것이 확인되었다. 한편, 해조 음료, 해조 음료 소제 및 해조 추출물 제품의 첨가 식이를 공급한 군에서는 고지혈증 유도쥐에서 급격히 증가한 지질 함량을 약 15~20%(p<0.05) 정도 감소시키는 것으로 확인되었으며, 특히 해조 추출물 제품의 지질 증가 억제 효과가 큰 것으로 나타났다. 혈액중의 인지질 함량은 고지혈증 유도군과 해조 음료 소제 및 해조 음료 투여군에서 큰 차이를 보이지 않았으며, 해조 추출물 제품은 인지질 함량이 약간 감소하였다. 중성지질 함량은 정상 식이군이 86.3±8.21 mg/dL이었고, 고지혈증 유도군은 195.0±7.36 mg/dL로 중성지질 함량이 2배 이상 증가하였다. 반면, 해조 음료 및 해조 음료 소제의 투여로 고지혈증 유도군의 중성지질 함량을 각각 30%(p<0.05), 17%(p<0.05) 정도 감소시켰으며, 해조 추출물 제품은 37%(p<0.05) 정도 중성 지질 함량을 낮추었다. 다시마 추출물의 당뇨쥐에 투여로 혈 중 중성지질 함량을 감소시키는 것으로 보고하고 있는(15), 이는 혈중 지질 함량을 감소시키고, 결국 체중을 감소시키는 결과를 가져오는 것으로 여겨진다. 이상의 결과에서 해조 음

료 및 해조 추출물이 혈청 지질을 감소시키는데 효과적이라는 것을 알 수 있었고, 특히 중성지질의 증가를 억제하는 효과가 있다는 것이 확인되었다. 이는 중성지질 축적에 의한 고지혈증이나 동맥경화 유발 요소를 감소시킨다는 측면에서 의미를 가진다고 할 수 있다.

혈청 cholesterol 함량 변화 및 동맥 경화지수

식이성 고지혈증을 유도한 흰쥐와 해조 올리고당 음료 등의 시험 제품을 투여한 흰쥐 중의 혈청 cholesterol의 함량 및 동맥경화지수의 변화에 미치는 영향을 조사한 결과를 Table 5에 나타내었다. 고지혈증 유도도 혈중의 총 cholesterol 함량이 173.4±6.88 mg/dL 정도였던 것이 해조 올리고당 음료 및 다시마 추출 음료 제품의 투여로 각각 127.4±4.99 mg/dL 와 113.6±5.69 mg/dL로 25.6%와 34.5%가 낮아졌다. 이러한 결과는 식이 섬유소가 혈청 콜레스테롤과 결합하여 배설되므로 혈청 콜레스테롤 함량이 감소하는 효과를 가져온다는 보고에서와 같이 해조 추출물과 해조 올리고당 음료 중의 알긴산이 유사한 효과를 나타내는 것으로 여겨진다(16,17). 한편, HDL-cholesterol 수치는 고지혈증 식이군과 해조 음료 첨가군 사이에는 큰 차이가 없었으며, LDL-cholesterol은 고

Table 4. Effects of seatangle drinks on the concentrations of serum lipids in rats fed a hyperlipidemic diet

Group ¹⁾	Dose (mg/kg)	Total lipid (mg/dL)	Phospholipid (mg/dL)	Triglyceride (mg/dL)
Normal		232.2±12.2 ^{2)c3)}	119.1±14.7 ^{ns4)}	86.3±8.21 ^c
Control		381.3±15.3 ^a	130.6±17.4	195.0±7.36 ^a
Sample A	10	310.4±18.2 ^b	131.7±10.6	140.7±6.44 ^c
Sample B	10	320.1±23.6 ^b	128.7±10.5	161.7±6.77 ^b
Sample C	10	296.7±17.5 ^b	120.3±15.3	123.0±8.85 ^d
CSR	100	300.1±14.9 ^b	135.6±15.5	150.6±4.89 ^{bc}

The sample (A~C) and cholestyramine resin (CSR) were orally administered daily for two weeks, and rats were sacrificed 24 hr after the final dose.

The assay procedure was described in the experimental methods.

¹⁾Refer to the Table 3.

²⁾Values are mean±SD (n=8).

³⁾Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different each other (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

⁴⁾ns: not significant.

Table 5. Effects of seatangle drinks on serum cholesterol and AI in rats fed a hyperlipidemic diet

Group ¹⁾	Dose (mg/kg)	Total Chol. (mg/dL)	HDL-Chol. (mg/dL)	LDL-Chol. (mg/dL)	A.I
Normal		91.2±7.07 ²⁾³⁾	39.7±1.15 ^a	60.3±4.10 ^c	1.30±0.09 ^d
Control		173.4±6.88 ^a	26.8±1.86 ^{bc}	112.4±9.11 ^a	5.47±0.33 ^a
Sample A	10	127.4±4.99 ^c	24.2±2.09 ^c	73.2±8.12 ^b	4.26±0.30 ^b
Sample B	10	142.1±3.82 ^b	29.3±3.04 ^b	70.9±5.44 ^{bc}	3.85±0.21 ^b
Sample C	10	113.6±5.69 ^d	23.6±2.21 ^c	67.4±7.31 ^{bc}	3.81±0.40 ^b
CSR	100	109.7±4.00 ^d	29.9±1.13 ^b	70.3±5.66 ^{bc}	2.67±0.25 ^c

The sample (A~C) and cholestyramine resin (CSR) were orally administered daily for two weeks, and rats were sacrificed 24 hr after the final dose.

The assay procedure was described in the experimental methods.

¹⁾Refer to the Table 3.

²⁾Values are mean±SD (n=8).

³⁾Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different each other (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

⁴⁾AI = (total cholesterol - HDL-cholesterol) / HDL-cholesterol.

Table 6. Effects of seatangle drinks on the hepatic lipid concentration of rats fed a hyperlipidemic diet

Group ¹⁾	Dose (mg/kg)	Total lipid (mg/g of tissue)	Cholesterol (mg/g of tissue)	Triglyceride (mg/g of tissue)
Normal		13.6±1.05 ²⁾³⁾	2.48±0.29 ^d	9.53±0.82 ^d
Control		32.2±3.72 ^a	5.10±0.34 ^d	18.2±2.57 ^a
Sample A	10	22.0±2.15 ^c	4.23±0.27 ^b	14.9±2.00 ^{abc}
Sample B	10	27.3±2.10 ^b	4.19±0.32 ^b	16.4±2.19 ^{ab}
Sample C	10	19.5±2.11 ^c	3.97±0.24 ^b	12.8±3.02 ^{bcd}
CSR	100	20.0±1.32 ^c	3.18±0.16 ^c	12.1±1.69 ^{cd}

The sample (A~C) and cholestyramine resin (CSR) were orally administered daily for two weeks, and rats were sacrificed 24 hr after the final dose.

The assay procedure was described in the experimental methods.

¹⁾Refer to the Table 3.

²⁾Values are mean±SD (n=8).

³⁾Values in a column sharing the same superscript letter are not significantly different each other (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

지혈증 유도군의 경우 112.4±9.11 mg/dL이었으나 해조 올리고당 음료는 73.2±8.12 mg/dL, 다시마추출 음료는 67.4±7.31 mg/dL로 크게 낮아졌다. 이러한 결과는 해조 음료가 직접적으로 혈중 LDL-cholesterol 수치를 낮추므로 혈관계 질환에 간접적으로 효과가 있음을 증명하는 결과라고 판단된다(18). 한편, 동맥경화지수(A.I)는 고지혈증 유도 흰쥐가 5.47이었고, 해조 올리고당 음료 투여군은 4.26으로 1.2정도 낮아졌으며, 다시마 추출 음료는 3.81로 1.6정도 낮아졌다. CSR 투여군보다는 낮으나 해조 음료를 투여함으로 동맥경화지수를 낮추는 효과가 있음을 알 수 있다. 아울러 고지혈증은 동맥경화증의 지수로서 소장에서 중성지질의 합성과 chylomicron의 분비증가, 간장에서 중성지방의 합성증가, VLDL, LDL-C 합성 및 분비증가, HDL-C의 합성감소 및 lipase의 활성감소로 인한 말초조직에서의 중성지방의 제거감소에 기인한 것으로(19,20) 본 실험에서는식이성고지혈증으로 유도된 흰쥐에서 total cholesterol, LDL-, VLDL-cholesterol의 혈중 함량이 현저히 증가된 것이 해조올리고당의 처리로 감소되었으며, HDL-cholesterol 함량은 고지혈증의 유도로 감소되었던 것이 해조올리고당의 처리로 정상군수준으로 회복되었다.

간장 조직 중의 지질 및 콜레스테롤 함량 변화

식이성 고지혈증을 유도한 흰쥐에 해조 올리고당 음료를

식이하였을 때의 간조직중의 지질성분의 영향을 실험한 결과는 Table 6과 같다. 고지혈증의 유도로 증가되던 간장 중의 총지질은 1주일간의 해조 올리고당 음료 및 다시마 추출 음료의 식이로 각각 30% 및 40%정도 감소하였다. 이러한 결과는 해조 음료가 중성 지방질의 축적을 어느 정도 예방할 수 있으며, 이로 인한 지방간의 유발도 억제할 수 있는 것으로 여겨진다(21). 한편, 지질 성분 중에서 cholesterol의 함량은 혈청에서와 마찬가지로 각각 20% 및 30% 정도 감소하였고, 중성 지질(TG, triglyceride)의 함량은 해조 올리고당 음료 식이로 30%와 다시마 추출 음료 식이로 45% 정도가 감소하는 것을 확인하였다. 이러한 결과는 해조 올리고당 음료와 해조 추출물이 간장의 지방질 대사에 중요한 영향을 미친다는 것을 알 수 있으며, 아울러 중성지질이나 cholesterol의 함량을 낮추어서 비만 예방은 물론이고, 고지혈증이나 허혈성 심장 질환 등에도 효과가 있는 기능성 음료가 될 수 있다는 것을 간접적으로 시사하는 결과라는 것을 알 수 있었다.

요 약

해조 올리고당 함유 음료, 해조 음료 소재 및 해조 추출물 제품을 식이성 고지혈증을 유발시킨 실험동물에 처리하여

체중 증가, 혈중 지질성분 및 간 지질성분의 변화에 미치는 영향을 시험하였다. 식이성 고지혈증을 유도한 흰쥐에 해조 음료 및 해조 추출물 제품을 7일간 투여한 결과, 현저하게 증가되던 체중이 감소하였으며, 체중 대 간장의 무게비도 식이성 고지혈증 유도군에 비해 감소하였다. 혈청중 중성지질 및 인지질의 함량은 식이성 고지혈증의 유도로 증가되던 것이 해조 음료 및 해조 추출물 제품의 투여로 감소되었으며, 식이성 고지혈증에 의한 혈청중 total-, LDL-, HDL-cholesterol 및 동맥경화지수도 해조올리고당의 투여로서 조절되었다. 고지혈증의 유도로 증가되었던 간장 중의 총지질은 해조 음료 및 다시마 추출 음료의 투여로 현저히 감소되었으며, 지질 성분 중에서 cholesterol의 함량은 혈청에서와 마찬가지로 크게 감소하였고, 중성 지질(TG, triglyceride)의 함량은 해조 올리고당 음료 식이로 30%와 다시마 추출 음료 식이로 45% 정도가 감소하는 것을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 지정 강릉대학교 동해안해양생물자원연구센터의 지원에 의한 것입니다.

문헌

1. 보건복지부. 1997. 1997년도 국민 영양 조사 결과서. 문영사, 서울. p 37.
2. Kannel WB, Wilson PWF. 1995. An update on coronary risk factors. *Med Clin North Am* 79: 951-956.
3. Grodstein F. 1997. Postmenopausal hormone therapy and mortality. *N Engl J Med* 336: 1769-1774.
4. Beaumont JL, Carlson LA, Cooper GR, Frejfar Z, Fredrickson DS, Strasser T. 1970. Classification of hyperlipidemia and hyperlipoproteinemias. *Bull WHO* 43: 891-897.
5. 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.
6. 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.
7. McGowan MW, Artiss JD, Strandbergh DR. 1983. A per-

- oxidase-coupled method for the colorimetric determination of serum triglycerides. *Clin Chem* 29: 538-543.
8. Chen PS, Toribara TY, Warner H. 1956. Microdetermination of phosphorus. *Anal Chem* 28: 1756-1760.
9. 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.
10. Folch J, Lees M, Stanley GH. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem* 226: 497-502.
11. Ichida T. 1963. The effect of cholesterol-feeding on the tissue lipids. *Hokkaido J Med Sci* 38: 57-63.
12. Joo DS, Choi YS, Cho SY. 2003. Preparation of the depolymerized alginate by physical treatment processing with organic acids. *J Korean Fish Soc* 36: 1-5.
13. 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.
14. Lee JG, Lim YS, Joo DS, Joung IH. 2002. Effects of diet with seatangle (*Kjellmaniella crassifolia*) on calcium absorption, serum composition and feces in rats. *J Korean Fish Soc* 35: 601-607.
15. Jang MA, Lee KS, Seo JS, Choi YS. 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: 819-925.
16. Wang C, Yang G. 1997. Comparison of effects of two kinds of soluble algae polysaccharide on blood lipid, liver lipid, platelet aggregation and growth in rats. *NCBI* 31: 342-345.
17. Son HS, Kim HS, Ju JS. 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.
18. 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.
19. Goldstein JL, Brown MS. 1975. Familial hypercholesterolemia. A genetic regulatory defect in cholesterol metabolism. *Am J Med* 58: 147-152.
20. Ross R. 1986. The pathogenesis of atherosclerosis, An update. *New Engl J Med* 314: 488-494.
21. Nam SM, Ham SS, Oh DH, Kang IJ, Lee SY, Chung CK. 1998. Effects of *Artemisia kitamura* ethanol extracts on lowering serum and liver lipids in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 338-343.

(2003년 6월 7일 접수; 2003년 10월 29일 채택)