

## 스트레스 부하 마우스의 지질대사에 미치는 다시마 (*Laminaria japonica*)와 후코이단 성분의 영향

최진호 · 김대익 · 박수현 · 김동우 · 김창목\* · 구재근\*\*

부경대학교 식품생명공학부 생화학교실, \*한국산업기술정보연구원 생화학실, \*\*군산대학교 식품공학과

### Effects of Sea Tangle (*Laminaria japonica*) Extract and Fucoidan Components on Lipid Metabolism of Stressed Mouse

Jin-Ho CHOI, Dae-Ik KIM, Soo-Hyun PARK, Dong-Woo KIM, Chang-Mok KIM\* and Jae-Geun KOO\*\*

Lab. of Biochemistry, Faculty of Food Science and Biotechnology, Pukyong National University

\*Dept. of Biochemistry, Korean Institute of Industry and Technology Information

\*\*Dept. of Food Science and Technology, Kunsan National University

This study was designed to investigate the effects of sea tangle (*Laminaria japonica*) extract (Dasi-Ex group: dry base 4.0%) and fucoidan-added (Fuco-I, II, III group: fucoidan of 1.0%, 2.0%, 3.0% added to Dasi-Ex) drinks on lipid metabolism of stressed mice. ICR male mice (20 ± 2 g) were fed experimental diets and given free through water bottle filled with these beverages instead of water for 18 days including sociopsychological stress of 4 days. Dasi-Ex and Fuco-I, II, III groups resulted in slight decreases 3% in body weight gain and 6~12% in feed and gross efficiencies compared with control group. Serum protein contents were slightly increased 1~5% by administrations of these beverages compared with control group, reflecting inhibitory effect of sociopsychological stress by increase of protein levels. Significant differences in serum cholesterol contents of Dasi-Ex and Fuco-I groups could not be obtained, but Fuco-II and III groups resulted in marked decreases (13~17%) in serum cholesterol contents compared with control group. LDL-cholesterol contents resulted in marked decreases (about 20 and 25%, respectively) in Fuco-II and III groups, whereas HDL-cholesterol content was significantly increases (about 16%) in Fuco-III group compared with control group. Fuco-I, II and III groups resulted in a marked decreases (15%, 20% and 40%, respectively) in atherogenic index (AI) compared with control group. Significant differences in serum lipid peroxide (LPO) contents of Dasi-Ex and Fuco-I groups could not be obtained, but Fuco-II and III groups resulted in a significant decrease about 10% in serum LPO contents compared with control group. These results suggested that fucoidan drinks added sea tangle could significantly inhibited chronic degenerative diseases by improvement of effective lipid metabolism of fucoidan component.

**Key words:** Sea tangle (*Laminaria japonica*) extract, Sociopsychological stress, Lipid peroxide (LPO), Fucoidan, Lipid metabolism, Cholesterol, Atherogenic index.

#### 서 론

지금까지 미역, 다시마 등 갈조류의 생리활성성분으로서 알긴산은 점성(viscosity)이 매우 커서 음료개발에 많은 문제점을 갖고 있다. 그렇지만, 후코이단 성분은 중성다당인 라미나란(laminaran)과는 달리 황산기(sulfate group)를 가진 산성의 수용성 다당류로서 가수분해하면 L-fucose가 다량 함유되어 있는 것이 밝혀지면서 처음에는 fucoidin으로 명명하였다가 지금의 다당(多糖) 명명법에 따라 fucoidan으로 불리게 되었다. 후코이단은 혈액중에 존재하는 합황 산성다당인 헤파린(heparin)과 구조 및 생리적 특성이 유사하여 항혈액응고작용(Bernardi and Springer, 1962)을 갖고 있다는 사실이 처음으로 밝혀지게 되었다. 그후 Usui et al. (1980)은 *Eisenia bicyclis*로부터 추출한 후코이단 핵분의 항혈액응고 활성이 54 I.U.로서 헤파린의 40% 정도의 높은 활성을 갖고 있다는 사실이 증명되었다. 특히 후코이단의 항혈액응고작용은 같은 혈전용해작용을 나타내는 다른 다당인 헤파린과 dermatin sulfate와 같은 트롬빈(thrombin)의 활성을 억제하여 혈액응고를 저지한다는 사실이 밝혀져 있다. 사람의 혈액내에 존재하는 트롬빈의 활성억제인자인 anti-thrombin III (AT III)과 heparin cofactor II (HC II)는 분자량이 각각 62,000 및 65,600인 당단백질로서 비

슷한 아미노산 조성을 가지고 있다는 것이 특징이다.

또한 담자균의 다당류가 항종양 활성을 나타낸다는 것은 알려져 있다. 특히 *Coriolus versicolor*로부터 추출한 다당은 <Krestein>이란 상품명으로서 항암제로 시판되고 있다. 해조 열수추출물의 항종양 활성은 Nakazawa et al. (1974)에 의하여 처음으로 밝혀졌고, Ito and Sugiura (1974)가 Ehrlich 암종양세포에 항종양 활성을 나타내는 *S. thunbergii*의 열수 추출액의 활성핵분이 다당으로 밝혀짐으로서 해조다당의 항종양 활성에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 여러 가지 연구결과, 후코이단의 항종양 활성의 메카니즘은 종양세포의 표면전하를 음전하를 띄게하여 전이를 억제하거나 숙주의 면역방어기능을 활성화시킴으로서 항암(抗癌) 활성을 나타낸다는 사실을 구명하였다(Yamamoto et al., 1987).

본 연구는 전보(Choi et al., 1999a-c)의 관련연구로서 실험용 기본사료(control group)로써 사육하면서 다시마(*Laminaria japonica*) 추출물(Dasi-Ex group: dry base 4.0%)와 다시마 추출물에 후코이단-첨가음료(Fuco-I, II, III group: dry base 1.0%, 2.0%, 3.0%)를 2주 동안 물 대신 음용시킨 다음, 음용을 계속하면서 4일동안 매일 오전 10시부터 communication box를 사용하여 스트레스 부하 마우스의 지질대사에 미치는 다시마(*Laminaria japonica*)와 후코이단 성분의 영향을 평가하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험동물 및 사육조건

한국화학연구소에서 구입한 ICR계 마우스 (male, 20 ± 2 g)를 구입하여 본 대학 동물사육실에서 2주동안 예비사육한 다음, 8마리씩 5군으로 나누어 실험용 기본사료 (control group)로써 사육하면서 다시마 (*Laminaria japonica*) 추출물 4.0% (dry base)의 다시마 추출음료 (Dasi-Ex group)와 다시마 추출물에 후코이단 (dry base) 1.0%, 2.0%, 3.0%를 첨가하여 조제한 후코이단-첨가 다시마 음료 (Fuco-I, II, III group)를 2주 동안 물 대신 음용시켰다. 동물사육실은 항온항습 (22 ± 2°C, 65 ± 2% RH)하에서 12시간 싸이클 (06:00~18:00)로 명암을 자동 조절하였다.

### 2. 조제사료의 조성

본 실험에 사용한 사료조성은 탄수화물 59.5% ( $\alpha$ -corn starch: 44.5% + sucrose 15.0%), 단백질 18.0% (sodium-free casein), 지질 15.0% (lard 10.0% + corn oil 5.0%)가 되도록 제조하였고, 비타민과 무기질 (AIN-76 mixture)은 각각 1.0%, 3.5%를 첨가하였으며, 섬유질은 3.0% 첨가하여 조제하여 실험용 사료로 사용하였다.

### 3. 스트레스 해소음료의 개발

본 실험에 사용한 다시마-추출 건조분말은 한림제약(주)로부터 할애받아 사용하였고, 후코이단은 전보 (Choi et al., 1999a-c)와 같은 방법으로 미역 포자엽 (Sporophylls of *Undaria pinnatifida*)에서 추출 농축한 조후코이단 (crude fucoidan)을 다시 정제한 다음, 동결건조하여 정제된 후코이단을 제조하였다. 스트레스 해소음료의 개발은 다시마 (*Laminaria japonica*) 추출물 4.0% (dry base)의 다시마 추출음료 (Dasi-Ex group)를 개발하고, 다시 다시마 추출음료에 후코이단 (dry base) 1.0%, 2.0%, 3.0%를 첨가하고 여기에 공통적으로 arginine 0.1%, taurine 0.2%, tyrosine과 tryptophan을 각각 0.05%씩 첨가하고, 다시 여기에 죽순 (bamboo shoot), 대두배아 (soybean germ) 및 표고 (P'yogo: *Lentinus edodes* SING)의 에탄올-추출 건조분말 0.05%씩 합계 0.55%씩을 첨가하여 후코이단-첨가 스트레스 해소음료 (Fuco-I, II, III group)를 개발했다.

### 4. 스트레스 부하장치 및 실험

스트레스의 부하실험은 Ogawa et al. (1966)이 개발하여 보고한 것을 사회 심리적 스트레스 부하에 사용하였다 (Choi et al., 1999 d). 이 장치는 동물실험을 통해서도 사람의 일상적인 사회 심리적 스트레스를 대신할 수 있도록 고안 제작된 communication box를 사용하여 ICR mouse를 실험동물로 하여 스트레스 상태로 만든 다음, 스트레스 부하 마우스의 지질대사에 미치는 다시마 및 후코이단 성분의 영향을 평가하였다.

### 5. 실험실제 및 개발음료의 투여

한국화학연구소에서 구입한 ICR 마우스를 2주간 예비사육한

다음, 대조그룹 포함 5개 그룹으로 나누어 다시마 추출음료 (Dasi-Ex group), 다시마 추출음료에 후코이단 (dry base) 1.0%, 2.0%, 3.0%를 첨가하고, 일부 생리활성성분을 첨가하여 만든 후코이단-첨가음료 (Fuco-I, II, III group)를 2주동안 물 대신에 음용시키면서 15일째부터 4일동안 매일 오전 10시부터 1시간씩 육체적 스트레스 (FS stress)를 부하하여 사회 심리적 스트레스 (NFS stress)를 유발하였다. 마지막 4일째에 사회 심리적 스트레스를 유발한 다음, 에테르 마취로 채혈하고 뇌를 절제하여 사용하였다.

### 6. 체중변화, 사료 및 에너지효율의 측정

매일 오후 5시 30분에 체중을 측정하면서 평량된 조제사료를 주고 다음 날, 사료의 잔량을 평량하여 매일의 사료 섭취량을 계산하였다. 사료효율 (feed efficiency : FE)은 사료 섭취량에 대한 체중 증가량의 비로서 식-①에 따라 계산하였고, 에너지 효율 (gross efficiency : GE)은 소비 에너지에 대한 체중 증가량의 비로서 식-②에 따라 계산하였다 (Applegate et al., 1984).

$$FE = [\text{Body weight gain (g)} / \text{Food intake (g)}] \times 10^2 \quad \text{..... ①}$$

$$GE = [\text{Body weight gain (g)} / \text{Energy consumed (kcal)}] \times 10^3 \quad \text{..... ②}$$

### 7. 총콜레스테롤 함량의 측정

총콜레스테롤의 함량은 Rudel et al. (1973)의 방법에 따라 o-phthalaldehyde법으로 측정하여 표준 검량선에 의하여 혈청중의 총콜레스테롤의 함량 (mg/dl serum)을 측정하였다. 혈청중의 저밀도리포단백 (LDL) 및 고밀도리포단백 (HDL)-콜레스테롤의 함량은 Noma et al. (1978)의 방법에 따라 전보 (Choi et al., 1999a)에서 기술한 바와 같이 LDL 및 HDL-콜레스테롤의 함량 (mg/dl serum)을 측정하였다. 또한 혈청중의 단백질의 함량은 Lowry et al. (1951)의 방법에 따라 정량하였다.

### 8. 지질과산화물의 측정

활성산소의 공격에 의한 지질과산화반응으로 생성되는 혈청중의 과산화지질 (lipid peroxide : LPO)의 함량은 Choi et al. (1999 a)의 방법에 따라 분광광도계를 사용하여 TBA법으로 말론디알데히드 (malondialdehyde : MDA)의 함량을 측정하여 과산화지질의 함량으로 정량하였다.

### 9. 동맥경화지수의 계산

성인병의 초기증상으로 알려진 동맥경화증의 발병지표로서 활용되고 있는 동맥경화지수 (atherogenic index : AI)는 Haglund et al. (1991)의 방법에 따라 계산하였다.

$$AI = (\text{Total cholesterol} - \text{HDL cholesterol}) / \text{HDL cholesterol}$$

### 10. 분석결과와 통계처리

본 연구의 모든 실험결과는 통계 처리하여 평균치와 표준편차를 계산하였으며, 각 실험군간의 유의성 검정은 Student's t-test (Steel

et al., 1960)로 실시하였다.

### 결과 및 고찰

#### 1. 체중변화, 사료 및 에너지 효율의 변화

스트레스 부하에 따른 체중변화, 사료 및 에너지 효율을 측정하여 본 결과는 Table 1과 같다. Table 1에서 보는 바와 같이 스트레스 부하 4일을 포함하여 18일동안 사료 및 에너지 효율은 6~12%의 감소효과가 발견되었지만, Dasi-Ex group 및 Fuco-I, II, III group의 평균 체중변화는 약 3% 정도의 감소효과밖에 나타나지 않았다. 이러한 사실은 전보 (Choi et al., 1999f)의 연구결과와 마찬가지로 이들 음료가 스트레스를 상당히 효과적으로 해소한다는 사실을 반증한다고 여겨진다.

#### 2. 단백질 함량의 변화

또한 스트레스 부하에 따른 혈청중의 단백질 함량을 분석하여 본 결과는 Table 2와 같다. Table 2에서 보는 바와 같이 스트레스 부하 4일을 포함하여 18일동안 Dasi-Ex group 및 Fuco-I, II, III group의 혈청중의 단백질 함량의 변화는 대조그룹 대비 1~5% 정도 증가하였지만, 대조그룹 대비 유의성을 인정할 수 없었다. 그렇지만, 투여 18일만에 4일간 하루 1시간의 스트레스 부하에 따라 후코이단의 첨가량에 따라 혈청 단백질의 함량이 증가된다는 것은 매우 흥미로운 사실이다. 일반적으로 생체가 스트레스를 받으면 체단백질이 감소한다는 사실을 감안한다면 비록 적은 양의 증가라 할지라도 중요한 의미가 있을 것으로 여겨진다.

**Table 1. Effects of sea tangle extract and fucoidan drinks on body weight gain, feed and gross efficiencies in 4 day-stressed mice for 18 days**

Groups	Body weight gain (g)	Feed efficiency***	Gross efficiency****
Control	26.56 ± 1.72*	36.07 ± 201	81.43 ± 443
Dasi-Ex	25.82 ± 1.61 (97.2%)**	31.62 ± 321 (87.7%)	71.37 ± 529 (87.7%)
Fuco-I	25.80 ± 1.57 (97.1%)	34.08 ± 204 (94.5%)	76.92 ± 438 (94.5%)
Fuco-II	25.75 ± 1.48 (97.0%)	33.43 ± 1.92 (92.7%)	75.46 ± 3.44 (92.7%)
Fuco-III	25.80 ± 1.39 (97.1%)	33.95 ± 2.81 (94.1%)	76.63 ± 4.57 (94.1%)

Dasi-Ex Drink: Sea tangle extract 4.0% (dry base); Fuco-I, II, III drinks: Fucoidan of 1, 2 and 3% added to Dasi-Ex drink; \* Mean ± SD with 7 mice per group; \*\*Percent of control values; \*\*\*FE=[Body weight gain (g)/Food intake (g)]×10<sup>2</sup> \*\*\*\*GE=[Body weight gain (g)/Energy consumed (kcal)]×10<sup>3</sup>

**Table 2. Effects of sea tangle extract and fucoidan drinks on serum protein contents in 4-day stressed mice for 18 days**

Protein content (mg/ml serum)				
Control	Dasi-Ex	Fuco-I	Fuco-II	Fuco-III
37.07 ± 4.90*	37.45 ± 5.95	37.80 ± 7.17	38.58 ± 6.75	38.80 ± 8.20
-	101.0% **	102.0%	104.1%	104.7%

Dasi-Ex drink: Sea tangle extract 4.0% (dry base); Fuco-I, II, III drinks: Fucoidan of 1, 2 and 3% added to Dasi-Ex drink; \* Mean ± SD with 7 mice per group; \*\*Percent of control values.

#### 3. 콜레스테롤 함량의 변화

스트레스 부하에 따른 혈청중의 총콜레스테롤의 함량변화를 측정하여 보면 (Table 3), 스트레스 부하 4일을 포함하여 18일동안 Dasi-Ex 및 Fuco-I group의 총콜레스테롤의 함량은 각각 111.82 ± 1.47 및 112.76 ± 1.25 mg/dl serum로서 대조그룹의 총콜레스테롤의 함량 (119.53 ± 2.69 mg/dl serum: 100%) 대비 약 6% 정도 감소로서 유의적인 차이를 발견할 수 없었다. 그렇지만, Fuco-II 및 III group의 총콜레스테롤의 함량은 각각 104.52 ± 0.92 및 98.90 ± 4.34로서 대조그룹 대비 13~17%의 현저한 콜레스테롤 감소효과가 인정되었다. 특히 짧은 기간동안에 스트레스까지 부하했다는 사실을 감안한다면 매우 효과적인 콜레스테롤 감소효과로서, 후코이단 성분의 효과적인 스트레스 억제효과 (Choi et al., 1999f) 및 강력한 생리작용이라 판단된다.

콜레스테롤중에서 LDL-콜레스테롤은 성인병의 발병인자로 작용하는 반면 HDL-콜레스테롤은 항콜레스테롤 인자 (anti-cholesterol factor)로 작용한다. 따라서 스트레스 부하에 따른 혈청중의 LDL 및 HDL-콜레스테롤의 함량 변화를 측정하여 그 결과를 Fig. 1에 나타냈다. Fig. 1 (A)에서 LDL-콜레스테롤 함량에 미치는 다시마 추출음료 및 후코이단 첨가음료를 영향을 평가하여 보면 Dasi-Ex 및 Fuco-I, II, III group의 LDL-콜레스테롤 함량은 각각 41.59 ± 1.09, 41.17 ± 0.92, 37.62 ± 1.02, 32.88 ± 1.24 mg/dl serum으로서 대조그룹 (45.49 ± 1.83 mg/dl serum: 100%) 대비 각각 91.4%, 90.5%, 82.7%, 72.3%로서 다시마 추출음료 단독 투여보다는 후코이단의 첨가량에 따라 LDL-콜레스테롤이 매우 효과적으로 감소함을 알 수 있었다.

Fig. 1 (B)에서 HDL-콜레스테롤 함량에 미치는 다시마 추출음료 및 후코이단 첨가음료를 영향을 평가하여 보면 Dasi-Ex group은 HDL-콜레스테롤의 증가효과가 전혀 인정되지 않았지만, Fuco-I, II, III group의 HDL-콜레스테롤 함량은 각각 30.41 ± 0.59, 31.00 ± 0.85, 33.15 ± 0.94 mg/dl serum으로서 대조그룹 (28.54 ± 0.69 mg/dl serum: 100%) 대비 각각 106.6%, 108.6%, 116.2%로서 다시마 추출음료 단독 투여보다는 후코이단의 첨가량에 따라 HDL-콜레스테롤이 유의적으로 증가하고 있었다. LDL-콜레스테롤의 감소효과 및 HDL-콜레스테롤의 증가효과가 다같이 후코이단의 첨가량의 증가에 따라 용량 의존적으로 늘어난 생리적 효과를 나타낸다는 사실을 알 수 있었다.

#### 4. 동맥경화지수의 평가

**Table 3. Effects of sea tangle extract and fucoidan drinks on serum cholesterol contents in 4 day-stressed mice for 18 days**

Total cholesterol content (mg/dl serum)				
Control	Dasi-Ex	Fuco-I	Fuco-II	Fuco-III
119.53 ± 2.69*	111.82 ± 1.47	112.76 ± 1.25	104.52 ± 0.92 <sup>a</sup>	98.90 ± 4.34 <sup>b</sup>
-	93.6% **	94.3%	87.4%	82.7%

Dasi-Ex Drink: Sea tangle extract 4.0% (dry base); Fuco-I, II, III drinks: Fucoidan of 1, 2 and 3% added to Dasi-Ex drink; \* Mean ± SD with 7 mice per group; \*\*Percent of control values; <sup>a</sup>p<0.05; <sup>b</sup>p<0.01 compared with control group.

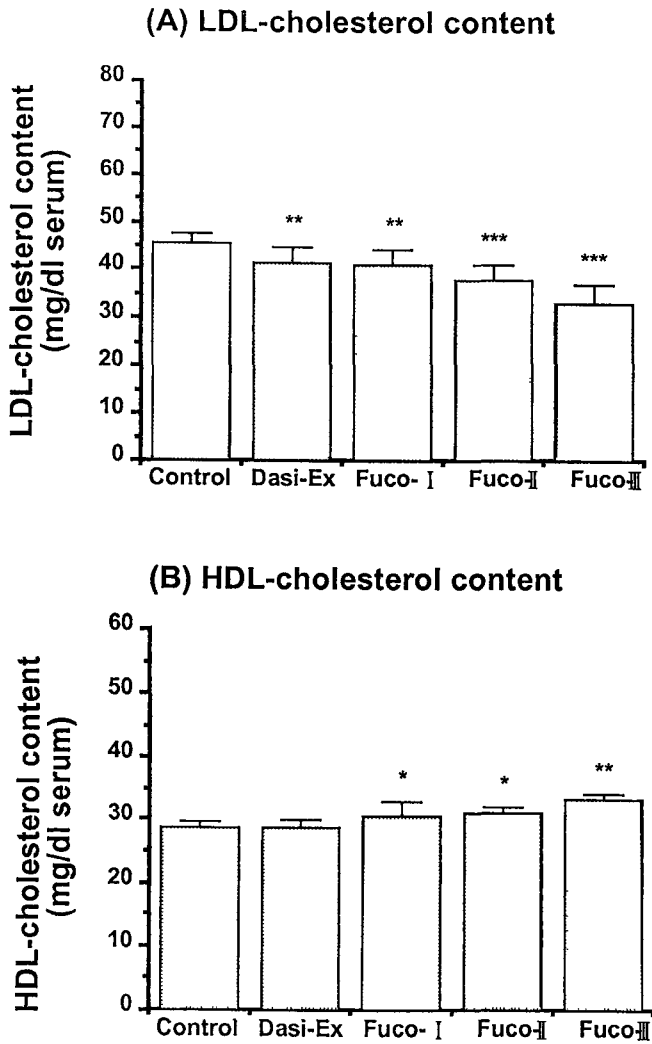


Fig. 1. Effects of sea tangle extract and fucoidan drinks on LDL and HDL-cholesterol contents in 4 day-stressed mice for 18 days  
Dasi-Ex Drink: Sea tangle extract 4.0% (dry base); Fuco-I, II, III drinks: Fucoidan of 1, 2 and 3% added to Dasi-Ex drink; \* $p < 0.05$ ; \*\* $p < 0.01$ ; \*\*\* $p < 0.001$  compared with control group.

최근 Haglund 등 (1991)에 의하여 만성퇴행성 질환으로 성인병의 발병지표로 널리 활용되고 있는 동맥경화지수 (AI)에 미치는 이들 음료의 투여영향을 평가하였다. 스트레스 부하에 따른 AI에 미치는 이들 음료의 투여효과를 측정하여 보면 Fig. 2와 같다. Fig. 2에서 스트레스 부하 4일을 포함하여 18일동안 Dasi-Ex group은 전혀 AI의 감소효과를 인정할 수 없었다. 그렇지만, Fuco-I, II, III group의 AI는 각각  $2.71 \pm 0.11$ ,  $2.57 \pm 0.17$ ,  $1.98 \pm 0.04$ 로서 대조그룹의 AI ( $3.19 \pm 0.20$ : 100%) 대비 85.0%, 80.6%, 62.1%로서 15~40%의 현저한 AI의 감소효과가 인정되었다. 특히 동맥경화, 심근경색, 뇌졸중 등 혈관관련 성인병의 발병은 후코이단의 첨가량에 따라 현저히 감소될 수 있다는 사실이 입증되었다.

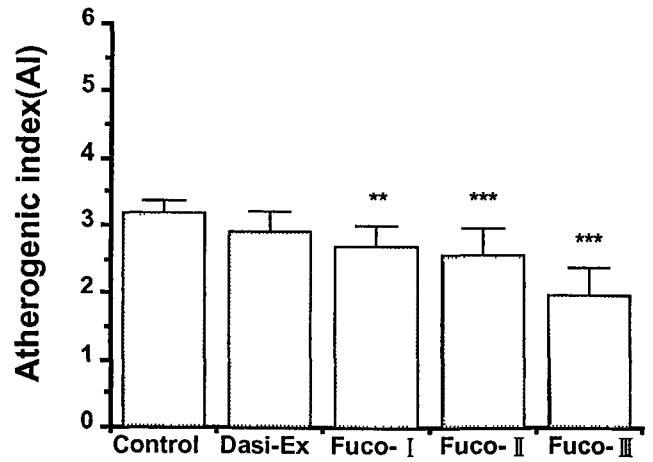


Fig. 2. Effects of sea tangle extract and fucoidan drinks on atherogenic index (AI) in 4 day-stressed mice for 18 days  
Dasi-Ex Drink: Sea tangle extract 4.0% (dry base); Fuco-I, II, III drinks: Fucoidan of 1, 2 and 3% added to Dasi-Ex drink; \*\* $p < 0.01$ ; \*\*\* $p < 0.001$  compared with control group.

Table 4. Effects of sea tangle extract and fucoidan drinks on serum malondialdehyde contents in 4 day-stressed mice for 18 days

Malondialdehyde content (nmol/ml serum)				
Control	Dasi-Ex	Fuco-I	Fuco-II	Fuco-III
$7.87 \pm 0.11^*$	$7.47 \pm 0.29$	$7.82 \pm 0.24$	$7.21 \pm 0.02^a$	$7.04 \pm 0.07^a$
-	94.9% **	99.4%	91.6%	89.5%

Dasi-Ex Drink: Sea tangle extract 4.0% (dry base); Fuco-I, II, III drinks: Fucoidan of 1, 2 and 3% added to Dasi-Ex drink; \* Mean  $\pm$  SD with 7 mice per group; \*\*Percent of control values; <sup>a</sup> $p < 0.05$  compared with control group.

### 5. 지질과산화물의 생성량 평가

활성산소의 공격에 의한 지질과산화반응으로 생성되는 과산화지질 (LPO)의 생성량은 강력한 세포독성으로 작용하기 때문에 LPO의 억제효과는 지질대사에서 매우 중요하다. 또한 LPO의 함량은 성인병의 중증도 (重症度) 및 노화과정에 깊이 관계하다는 사실도 구명되어 있다 (Yagi, 1987; Choi et al., 1991, 1994, 1995).

스트레스 부하에 따른 LPO의 생성에 미치는 이들 음료의 영향을 측정하여 보면 Table 4와 같다. Table 4에서 스트레스 부하 4일을 포함하여 18일동안 Dasi-Ex 및 Fuco-I, II, III group의 LPO의 생성 억제효과를 비교하여 보면 Dasi-Ex 및 Fuco-I group은 LPO 생성량의 유의적인 감소효과를 인정할 수 없었다. 그렇지만, Fuco-II, III group의 LPO 생성량은 각각  $7.21 \pm 0.02$ ,  $7.04 \pm 0.07$  nmol/ml serum으로서 대조그룹의 LPO 생성량 ( $7.87 \pm 0.11$  nmol/ml serum: 100%) 대비 91.6%, 89.5%로서 LPO 생성량의 유의적인 감소효과가 인정되었다.

## 요 약

다시마 (*Laminaria japonica*) 추출음료 (Dasi-Ex group: dry base 4.0%) 및 후코이단-첨가음료 (Fuco-I, II, III groups: dry base 1.0%, 2.0%, 3.0%)를 2주동안 물 대신 음용시키면서 15일째 부터 4일동안 communication box를 사용하여 사회 심리적 스트레스를 부하하여 지질대사에 미치는 이들 음료의 생리적 영향을 평가하였다.

스트레스 부하 4일을 포함하여 18일동안 Dasi-Ex 및 Fuco-I, II, III group의 체중은 3% 감소한 반면 사료 및 에너지 효율은 6~12% 정도 감소하였다. 또한 혈청 단백질의 함량은 대조그룹 대비 1~5% 정도 증가하였지만, 단백질의 증가효과는 이들 음료가 스트레스를 효과적으로 해소하고 있다는 사실을 반영하고 있다. 혈청 콜레스테롤의 함량은 Dasi-Ex 및 Fuco-I group은 유의적인 감소효과가 인정되지 않았지만, Fuco-II, III group은 대조그룹 대비 13~17%의 유의적인 혈청 콜레스테롤 감소효과가 인정되었다. LDL-콜레스테롤의 함량은 Fuco-II 및 III group에서 약 18% 및 25%의 유의적인 억제효과가 인정되었을 뿐만 아니라 HDL-콜레스테롤의 함량은 Fuco-III에서 약 16%나 현저한 증가효과가 인정되었다. 스트레스 부하 4일을 포함하여 18일동안 Dasi-Ex group은 동맥경화지수 (AI)의 감소효과를 전혀 인정할 수 없었지만, Fuco-I, II, III group의 AI는 각각  $2.71 \pm 0.11$ ,  $2.57 \pm 0.17$ ,  $1.98 \pm 0.04$ 로서 대조그룹의 AI ( $3.19 \pm 0.20$ ; 100%) 대비 85.0%, 80.6%, 62.1%로서 15~40%의 현저한 AI의 감소효과가 인정되었다. 특히 동맥경화, 심근경색, 뇌졸중 등 혈관관련 성인병의 발병지표로서 AI는 후코이단의 첨가량에 따라 현저하게 감소하여 성인병을 효과적으로 억제할 수 있을 것으로 기대된다. 이들 음료의 LPO의 생성 억제효과는 Dasi-Ex 및 Fuco-I group은 유의적인 감소효과를 인정할 수 없었지만, Fuco-II 및 III group은 대조그룹 대비 약 10%의 유의적인 LPO생성 억제효과가 인정되었다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때 후코이단-첨가음료의 투여는 후코이단 성분의 강력한 지질대사의 개선효과 때문에 만성퇴행성 질환을 매우 효과적으로 억제할 수 있을 것으로 기대된다.

## 참 고 문 헌

- Applegate, E.A., D.E. Upton and J.S. Stern. 1984. Exercise and detraining: Effect on food intake, adiposity and lipogenesis in Osborne-Mendel rats made obese by a high fat diet. *J. Nutr.* 114, 447~459.
- Bernardi, G. and G.F. Springer. 1962. Properties of highly purified Fucan. *J. Biol. Chem.*, 273, 75~81.
- Choi, J.H. 1991. Lipid peroxidation, aging and food restriction. *Kor. J. Biochem.*, 23 (1), 61~70.
- Choi, J.H. and B.P. Yu. 1994. Studies on age-related physiological changes in brain of senescence accelerated mouse (SAM). *Kor. J. Gerontol.*, 4 (2), 61~70.
- Choi, J.H. and B.P. Yu. 1995. Brain synaptosomal aging : Free radicals and membrane fluidity. *Free Rad. Biol. & Med.* 18 (2), 133~139.
- Choi, J.H., D.I. Kim, S.H. Park, D.W. Kim, J.S. Ryu. and Y.S. Chung. 1999a, Effects of sea tangle (*Laminaria japonica*) and fucoidan components on chronic degenerative diseases. *Kor. J. Life Sci.*, 9 (4), 430~438.
- Choi, J.H., D.I. Kim, S.H. Park, D.W. Kim, J.S. Lee, J.S. Ryu and Y.S. Chung 1999b, Effects of sea tangle (*Laminaria japonica*) and fucoidan components on chronic degenerative diseases. *Kor. J. Life Sci.*, 9 (4), 430~438.
- Choi, J.H., D.I. Kim, S.H. Park, D.W. Kim, J.S. Lee, J.S. Ryu and Y.S. Chung 1999c, Effects of sea tangle (*Laminaria japonica*) and fucoidan components on anti-aging action. *Kor. J. Life Sci.*, 9 (4), 439~452.
- Choi, J.H., D.I. Kim, S.H. Park, D.W. Kim, J.S. Lee, J.S. Ryu and Y.S. Chung. 1999d, Effects of sea tangle (*Laminaria japonica*) and fucoidan components on sociopsychological stress. *Kor. J. Life Sci.*, 9 (5), 496~504.
- Haglund, O., R. Luostarinen, R. Wallin, L. Wibell and T. Saldeen. 1991. The effects of fish oil on triglyceride, cholesterol, fibrinogen and malondialdehyde in humans supplemented with vitamin E. *J. Nutr.* 121, 165~169.
- Ito, H. and M. Sugiura. 1976. Antitumor polysaccharide fraction from *Sargassum thumbergii*. *Chem. Pharm. Bull.* 24, 114~118.
- Lowry, O.H., N.J. Roseborough, L.A. Farr and R.J. Randall. 1951. Protein measurement with the Folin-Phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 193, 265~275.
- Nakazawa, Y., H. Kuroda, F. Abe, T. Nishino, M. Otsuki, and I. Umezaki. 1974. Antitumor effect of water-extracts from marine algae (I). *Chemotherapy* 22, 1435~1440.
- Noma, A., K.N. Nakayama, M. Kita and H. Okabe. 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, 1504~1510.
- Ogawa, N. and K. Kuwahara. 1966. Psychophysiology of emotion-communication of emotion. *Jpn. J. Psychosom. Med.* 6, 352~357.
- Rudel, L.L. and M.D. Morris. 1973. Determination of cholesterol using o-phthalaldehyde *J. Lipid Res.* 14, 364~366.
- Usui, T., K. Asari and T. Mizuno. 1980. Isolation of highly fucoidan from *Eisenia bicyclis* and its anticoagulant and antitumor activities. *Agric. Biol. Chem.*, 44, 1965~1970.
- Yagi, K. 1987. Lipid peroxides and human diseases. *Chemistry and Physics of Lipids* 45, 337~351.
- Yamamoto, I., T. Nagumo, M. Takahasi, M. Fujihara, Y. Suzuki and I. Iizima. 1981. Antitumor effect of seaweeds III. Antitumor effects of an extract from *Sargassum Kjellmanianum*. *J. Exp. Med.*, 51, 187~192.

1999년 8월 7일 접수

2000년 3월 7일 수리