

미역 (*Undaria pinnatifida*) 국수의 투여가 랫트 간장중의 활성산소 및 제거효소에 미치는 영향

최진호 · 김대익 · 박수현 · 김동우 · 백영호* · 김창목**

부경대학교 식품생명공학부 생화학교실, *부산대학교 체육교육과, **한국산업기술정보연구원 생화학실

Effect of Brown Algae (*Undaria pinnatifida*)-Noodle on Oxygen Radicals and Their Scavenger Enzymes in Liver of Sprague-Dawley Rats

Jin-Ho CHOI, Dae-Ik KIM, Soo-Hyun PARK, Dong-Woo KIM, Yeong-Ho BEAK* and Chang-Mok KIM**

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

*Dept. of Physical Education, Pusan National University

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

This study was designed to investigate the effects of 10%, 20% and 40%-addition of functional brown algae (FBA)-noodles on oxygen radicals and their scavenger enzymes in liver of Sprague-Dawley (SD) male rats. Hydroxyl radical ($\cdot\text{OH}$) formations were significantly inhibited (20~35% and 12~20%) in liver mitochondria and microsomes of rats administered 10%, 20% and 40% FBA-noodles compared with that of control group. Significant differences in H_2O_2 formations of liver microsome in these FBA-noodles fed groups could not be obtained, but superoxide radical ($\text{O}_2^{\cdot-}$) formations of liver cytosol resulted in a significant decrease about 10% in 20% and 40% FBA-noodles compared with control group. Mn-SOD activities in liver mitochondria were significantly increased (10~15%) in the groups fed 10%, 20% and 40% FBA-noodles, while a group administered 40% FBA-noodle only resulted in a significant increases (about 12%) in Mn-SOD activity of liver microsomes compared with control group. Cu, Zn-SOD activities in liver cytosol were significantly increased (10~20%) in 10%, 20% and 40% FBA-noodles compared with control group. Administration of 10%, 20% and 40% FBA-noodles resulted in a marked increases (20~40%) in liver cytosolic glutathione peroxidase (GSHPx) compared with control group. Significant differences in lipid peroxide (LPO) levels of mitochondria and microsomes in 10% FBA-noodle could not be obtained, while LPO levels of 20% and 40% FBA-noodles were significantly inhibited about 10% in mitochondria and microsomes compared with control group. These results suggest that these FBA-noodles may play a desirable role in attenuating an oxygen radical formations and increasing a scavenger enzymes activity by some brown algae (*Undaria pinnatifida*) components.

Key words: Brown Algae (*Undaria pinnatifida*)-noodle, Oxygen radicals, Lipid peroxide, Superoxide dismutase, Glutathione peroxidase.

서 론

최근 경제성장과 더불어 육식(肉食)의 증가에 의한 영양의 과잉섭취와 기계문명의 발달에 의한 운동량의 부족 등이 비만화 현상을 촉진할 뿐만 아니라 이들 비만(obesity)이 원인이 되어 발병하는 것으로 알려진 만성 퇴행성 성인병이 만연되고 있다. 이러한 사실은 비만은 1) 심장혈관관련 질병을 유발하고 (Goldstein et al., 1973), 2) 고혈압을 일으키고 (Berchtold et al., 1983), 3) 암을 유발하는 (Garfinkel et al., 1985) 등 여러 가지 성인병을 발병한다. 그런데 이러한 질병들은 모두 활성산소의 공격에 의하여 발병된다는 놀라운 사실이다 (Cross et al., 1987; Halliwell et al., 1987; Southorn, et al., 1988).

그래서 저자 등은 비만이 모든 성인병의 주범으로 등장하고 있기 때문에 비만 연구의 일환으로서 식이섭유로서 미역, 다시마 등 갈조류의 주성분인 알긴산(alginic acid)의 생리활성 중심의 연구를 수행하여 왔다. 알긴산의 비만억제효과의 비교 (Choi et al., 1986), 해조류와 생약과의 비만억제효과의 비교연구 (Choi et al., 1986) 및 비만억제작용에 미치는 알긴산(alginic acid)의 용량의존성에 관한 연구 (Choi et al., 1991), 고지방 사료로 유도한 비만에 대한 미역성분의 영향으로서 체중변화, 사료효율 및 비만지수

(obesity index)에 미치는 영향 (Kim et al., 1992) 및 미역성분의 지질대사에 미치는 영향 (Kim et al., 1993), 그리고 해조류 성분의 노화억제연구로서 혈청 지질속의 조절성분으로서 알긴산의 투여효과 (Choi et al., 1991) 및 간장 세포막속의 조절성분으로서 알긴산의 투여효과 (Choi et al., 1991), 알긴산(alginic acid)-첨가 요구르트가 흰쥐의 비만억제와 생리작용에 미치는 영향 (Choi et al., 1993) 등을 관련학회지에 투고한 바 있다. 또한 산·학협동연구의 일환으로 알긴산과 폴리덱스트로스(polydextrose)의 식이섭유-첨가 라면의 생리활성연구 (Choi et al., 1995), 현재 시판중인 초저점도 알긴산나트륨(ULV SA)-첨가 기능성 음료의 생리활성연구 (Choi et al., 1997), 미역을 이용한 기능성 미역국수의 비만억제효과 (Choi et al., 1999a) 및 지질대사에 관한 연구 (Choi et al., 1999b) 등에 대한 연구논문도 이미 관련전문학회지에 발표하였다. 그뿐만 아니라 미역 다시마의 알긴산 성분을 이용한 기능성 제품개발관련 특허출원으로서 비만 방지용 요구르트의 개발 (제93-30084호, 1993), 비만 방지용 알긴산 음료의 개발 (제94-53호, 1994), 비만 방지용 알긴산-첨가 건강음료의 개발 (제94-4854호, 1994), 식이섭유-첨가 기능성 라면의 개발 (제94-28988호, 1994) 등이 있다.

따라서 본 연구에서는 전보 (Choi et al., 1999a-b)에 이어 미역

국수의 간장중의 활성산소 및 그의 제거효소에 미치는 영향을 평가하기 위하여 미역의 건조분말을 각각 10%, 20%, 40%씩 첨가하고, 여기에 비타민과 무기질을 첨가하여 기능성 미역국수 (10, 20, 40% FBA-noodle)를 제조하여 SD계 흰쥐에 4주동안 투여하여 간장중의 활성산소 및 그 제거효소에 미치는 미역국수의 영향을 평가하여 매우 유의적인 결과를 얻었기에 보고한다.

재료 및 방법

1. 실험동물 및 사육조건

한국화학연구소 (대전)에서 구입한 Sprague Dawley (SD) rats (male, 135 ± 10 g)를 동물사육실에서 1주동안 예비 사육한 다음, 각각 8마리씩 4군으로 나누어 실험용 사료와 물은 자유로이 섭취시키면서 4주간 사육한 다음, 채혈하고 간을 적출하여 -70°C의 냉동고에 보관하면서 실험에 사용하였다. 동물사육실 조건은 항온항습 (22 ± 2°C, 65 ± 2% RH)하에서 12시간 사이클 (06:00~18:00)로 명암을 자동 조절하였다.

2. 조제사료의 조성

기본사료 (Control group)의 조성은 탄수화물로서 강력 밀가루 (wheat flour) 72.0%, 지질로서 돈지 (lard) 10.0% 단백질로서 카제인 (sodium-free) 10.0%, 셀룰로오스 (3.0%), 비타민 및 무기질 혼합물 각각 1.0% 및 3.5%로 첨가하였고, DL-메티오닌 (0.3%) 및 콜린클로라이드 (0.2%)를 혼합하여 기능성 미역국수를 제조하였다. 실험군 (functional brown algae noodle: FBA-noodle group)의 사료조성은 다른 사료 조성은 대조그룹과 같이 하되, 탄수화물 중의 강력 밀가루 대신에 미역의 건조분말을 중량비로 10%, 20%, 40%가 되도록 밀가루에 첨가 혼합하여 기능성 미역국수를 제조하여 SD계 흰쥐에 4주간 투여하였다.

3. 재료 및 분석시약

실험에 사용할 건조 미역은 기장수협을 통해 구입하여 초정밀 파쇄기를 사용, 분말화하여 진보 (Choi et al., 1999a)와 같은 방법으로 실험용 기능성 국수 제조에 사용하였다. 활성산소 및 제거효소의 활성 측정용시약은 모두 특급시약 (Sigma Chemical Co., USA)을 사용하였다.

4. 세포획분의 분획

간장세포의 분획은 Laganier et al. (1987)의 방법에 따라 10 mM HEPES 완충용액 (containing 220 mM mannitol, 60 mM sucrose, 10 mM KCl, pH 7.4)을 사용하여 미토콘드리아 및 마이크로솜획분을 분획하여 사용하였다. 이들 획분의 단백질의 함량은 Lowry et al. (1951)의 방법에 따라 정량하였다.

5. 활성산소의 생성량 측정

(1) 히드록시 라디칼 측정

Deoxyribose의 파괴 정도로 hydroxyl radical 생성 정도를 측정

하는 방법으로서 반응성 산소대사물에 의해 deoxyribose가 파괴되어 aldehyde가 생성되며 이 aldehyde는 산성용액에서 thiobabituric acid와 반응하여 발색되는 것을 이용한 Halliwell et al. (1981)의 방법에 따라 측정하였다.

(2) 과산화수소의 측정

과산화수소 (H₂O₂)의 생성량은 Thurman et al. (1972)의 방법에 따라 뇌세포의 microsome획분에서 생성된 H₂O₂에 의하여 생성되는 붉은 색의 ferrithiocyanate 복합체를 기초로 400 mM 인산완충용액 (pH 7.4) 400 μl, 200 mM nicotinamide 200 μl, 100 mM MgCl₂ 200 μl, 50 mM NaN₃ 200 μl와 시료 64.1 μl, 물 735.9 μl 첨가·혼합한 뒤 60 mM NADPH 200 μl를 첨가하여 총 2.0 ml가 되게 하여 37°C 항온 수조에서 15분간 가온시킨 후, 1.2 M TCA를 1.0 ml 첨가, 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 상층액 1.0 ml를 취하였다.

상층액에 ferrous ammonium 200 μl 첨가 후 2.5 M KSCN을 100 μl 넣어 혼합하여 실온에 10분 방치하였다. 분광광도계를 이용하여 파장 480 nm에서 흡광도를 측정하여 표준검량선에 의해 과산화수소 (nmol/mg protein/min)의 함량을 정량하였다.

(3) 슈퍼옥시드 라디칼의 측정

슈퍼옥시드 라디칼 (superoxide radical: O₂⁻)의 생성량은 McCord et al. (1969)과 Chan et al. (1974)의 방법에 따라 superoxide dismutase를 억제할 수 있는 ferricytochrome C의 환원속도를 측정하였다. 0.1 mM EDTA를 함유한 인산완충용액 (pH 7.8) 420 μl에 cyanide의 농도가 50 μM이 되도록 20 mM cyanide 용액을 가한 후 37°C에서 10분간 가온하였다. 이 용액에 시토졸 300 μl와 0.1 mM cytochrome C 50 μl를 넣어 분광광도계를 사용 550 nm에서 흡광도를 시간에 따라 측정하였다. 이때 cytochrome C의 양은 분자흡광계수 19,500 M⁻¹cm⁻¹로 계산하였다.

6. 제거효소의 활성 측정

(1) SOD의 활성 측정

Oyanagui et al. (1984)의 방법에 따라 슈퍼옥시드 디스무타아제 (SOD)의 활성은 혈청 및 뇌세포획분을 인산완충용액 (pH 8.2)으로 30배로 희석한 용액 0.1 ml에 증류수 0.5 ml, A시약 (52.125 mg of hydroxylamine+102.1 mg of hypoxanthine/250 ml D.W) 0.2 ml, B시약 (20 μl of xanthine oxidase+0.9939 mg ethylene diaminetetraacetic acid/26.7 ml phosphate buffer, pH 8.2) 0.2 ml를 첨가 혼합하여 37°C 항온수조에서 40분간 가온한 후 C시약 (300 mg of sulfanilic acid+N-1-naphthylethylene diamine acid/500 ml of 16.7% acetic acid) 2.0 ml를 첨가 혼합하여 실온에서 20분간 방치한 후 분광광도계를 사용, 550 nm에서 흡광도를 측정하여 표준검량선에 의해 SOD활성 (unit/mg protein)을 측정하였다.

(2) GSHPx의 활성 측정

Lawrence et al. (1978)의 방법에 따라 340 nm에서 NADPH의 감소를 측정하기 위한 방법으로 세포획분중의 시토졸에서 글루타치온 퍼옥시다아제 (GSHPx)의 활성의 측정은 인산완충용액 (0.3 M/4.0 mM EDTA)으로 10배 희석하여 사용한다. 시험관에 인산

완충용액 (0.3 M phosphate buffer with 4.0 mM EDTA, pH 7.2) 0.1 ml, 증류수 1.295 ml, 26.56 mM sodium azide용액 (86.33 mg of NaN₃/50 ml of D.W) 0.5 ml, 294.37 mM GSH용액 (452.34 mg of glutathione/5.0 ml of 0.3 M phosphate buffer with 4.0 mM EDTA) 60 µl, 8.4 mM NADPH (35.0 mg NADPH/5.0 ml of 0.3 M phosphate buffer with 4.0 mM EDTA) 110 µl, glutathione reductase (5 mg of GSH-Re/1.0 ml of 0.3 M phosphate buffer with 4.0 mM EDTA) 5 ml, 1 mM hydroperoxide 320 µl와 희석된 시토졸 30 µl를 첨가하여 5초간 잘 혼합한 후, 분광광도계를 사용하여 340 nm에서 흡광도를 15초 간격으로 2분간 측정하여 표준검량선에 의해 GSHPx (IU/g protein)의 활성을 계산하였다.

7. 산화 스트레스의 분석

과산화지질의 측정

혈청 및 뇌세포 핵분종의 과산화지질의 함량은 Yu et al. (1990)이 사용한 방법에 따라 분광광도계를 사용하여 TBA법으로 말론 디알데히드 (malondialdehyde : MDA)의 함량을 측정하여 과산화지질 (lipid peroxide : LPO)의 함량을 측정하였다.

8. 분석결과의 처리

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. 활성산소의 생성 억제효과

SD계 흰쥐에 조제사료로써 4주동안 사육하면서 미역 국수의 투여에 따른 간장 mitochondria 및 microsome획분의 히드록시 라디칼 ($\cdot\text{OH}$) 생성에 미치는 영향을 비교하여 보면 Table 1과 같다. Table 1에서 미역분말 10%, 20% 및 40%-첨가 미역 국수 (10%, 20%, 40% FBA-noodle)의 투여에 따른 mitochondria의 $\cdot\text{OH}$ 생성은 1.44 ± 0.15 , 1.30 ± 0.12 , 1.16 ± 0.13 nmol/mg protein/min으로서 대조그룹 (1.79 ± 0.08 nmol/mg protein/min: 100%) 대비 80.5%, 72.6%, 64.8%로서 각각 19.5%, 27.4%, 35.2%의 현저한 $\cdot\text{OH}$ 생성 억제효과가 인정되었다. 또한 10%, 20%, 40% FBA-noodle의 투여에 따른 microsome의 $\cdot\text{OH}$ 생성은 $3.27 \pm$

2.6 , 2.94 ± 0.18 , 2.95 ± 0.13 nmol/mg protein/min으로서 대조그룹 (3.70 ± 0.25 nmol/mg protein/min: 100%) 대비 88.4%, 79.5%, 79.7%로서 약 12~20%의 유의적인 $\cdot\text{OH}$ 생성 억제효과가 인정되었다.

이러한 연구결과는 저자 등의 해조류 성분의 노화억제효과 (1991), 알긴산 요구르트의 생리작용 (1993), 및 알긴산-첨가 기능성 음료의 생리활성연구 (1997)의 연구결과와 거의 일치한다는 사실을 알 수 있다.

또한 미역 국수의 투여에 따른 간장 microsome획분의 과산화 수소 (H_2O_2) 및 cytosol 획분의 수퍼옥시드 라디칼 ($\text{O}_2^{\cdot-}$)의 생성에 미치는 영향을 비교하여 보면 Table 2와 같다. Table 2에서 미역분말 10%, 20% 및 40%-첨가 미역 국수 (10%, 20%, 40% FBA-noodle)의 투여에 따른 microsome의 H_2O_2 의 생성은 대조그룹 대비 거의 H_2O_2 의 생성 억제효과를 인정할 수 없었지만, 40% FBA-noodle의 투여는 약 6%정도 H_2O_2 의 생성 억제가 나타날 뿐이었다. 또한 10%, 20%, 40% FBA-noodle의 투여에 따른 cytosol의 $\text{O}_2^{\cdot-}$ 생성은 20% 및 40% FBA-noodle 투여그룹만이 약 10%의 $\text{O}_2^{\cdot-}$ 의 생성 억제효과가 인정됨을 알 수 있었다.

2. 활성산소 제거효소의 활성 비교

간장에서 분획한 mitochondria, microsome 및 cytosol획분종의 SOD의 활성에 미치는 미역 국수 투여의 영향을 평가하여 보면 Table 3과 같다. Table 3에서 미역분말 10%, 20% 및 40%-첨가 미역 국수 (10%, 20%, 40% FBA-noodle)의 투여에 따른 mitochondria의 Mn-SOD 활성은 12.66 ± 0.37 , 12.82 ± 0.66 , 13.16 ± 0.50 unit/mg protein으로서 대조그룹 (11.53 ± 0.93 unit/mg protein: 100%) 대비 109.8%, 111.2%, 114.1%로서 10~15%의 Mn-SOD 활성의 증가효과가 인정되었다.

Table 3에서 10%, 20%, 30% FBA-noodle의 투여에 따른 microsome의 Mn-SOD 활성은 7.85 ± 0.10 , 7.88 ± 0.27 , 8.05 ± 0.26 unit/mg protein으로서 대조그룹 (7.57 ± 0.32 unit/mg protein: 100%) 대비 103.7%, 104.1%, 112.3%로서, 10% 및 20% FBA-noodle 투여그룹은 Mn-SOD 활성의 유의적인 증가효과를 인정할 수 없었지만, 40% FBA-noodle 투여그룹은 약 12%의 유의적인 Mn-SOD 활성 증가효과가 인정되었다. 또한 Table 3에서 미역분말 10%, 20% 및 40%-첨가 미역 국수 (10%, 20%, 40% FBA-noodle)의 투여에 따른 cytosol의 Cu, Zn-SOD 활성은 19.08 ± 1.21 , 20.91

Table 1. Effects of functional brown algae (FBA)-noodles on hydroxyl radical levels in liver membranes of SD rats for 4 weeks

Groups	$\cdot\text{OH}$ level (nmol/mg protein/min)	
	Mitochondria	Microsome
Control group	1.79 ± 0.08^a	3.70 ± 0.25
10% FBA-noodle	$1.44 \pm 0.15^{**}$ (80.5%) ^b	$3.27 \pm 0.26^{**}$ (88.4%)
20% FBA-noodle	$1.30 \pm 0.12^{***}$ (72.6%)	$2.94 \pm 0.18^{***}$ (79.5%)
40% FBA-noodle	$1.16 \pm 0.13^{***}$ (64.8%)	$2.95 \pm 0.13^{***}$ (79.7%)

^aMean \pm SD with 8 rats per group; ^bPercent of control values; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$ compared with control group.

Table 2. Effects of functional brown algae (FBA)-noodles on hydrogen peroxide and superoxide radical levels in liver membranes of SD rats for 4 weeks

Groups	Microsomal hydrogen peroxide (nmol/mg protein/min)	Cytosolic superoxide radical (nmol/mg protein/min)	
	Control group	2.36 ± 0.16^a	—
10% FBA-noodle	2.34 ± 0.11 (99.2%) ^b	—	47.86 ± 3.20 (93.2%)
20% FBA-noodle	2.35 ± 0.12 (99.6%)	—	$46.48 \pm 3.20^*$ (90.5%)
40% FBA-noodle	2.22 ± 0.10 (94.1%)	—	$46.02 \pm 3.76^*$ (89.6%)

^aMean \pm SD with 8 rats per group; ^bPercent of control values; * $p < 0.05$; compared with control group.

Table 3. Effects of functional brown algae (FBA)-noodles on Mn-SOD and Cu, Zn-SOD activities in liver membranes of SD rats for 4 weeks

Groups	Superoxide dismutase activity (unit/mg protein)					
	Mitochondria		Microsome		Cytosol	
Control	11.53 ± 0.93 ^a	—	7.57 ± 0.32	—	17.43 ± 1.44	—
FBA-noodle (10%)	12.66 ± 0.37 ^a	(109.8%) ^b	7.85 ± 0.10	(103.7%)	19.08 ± 1.21 ^a	(109.5%)
FBA-noodle (20%)	12.82 ± 0.66 ^a	(111.2%)	7.88 ± 0.27	(104.1%)	20.91 ± 1.54 ^{***}	(120.0%)
FBA-noodle (40%)	13.16 ± 0.50 ^{**}	(114.1%)	8.05 ± 0.26 ^{**}	(112.3%)	21.64 ± 0.92 ^{***}	(118.4%)

^aMean ± SD with 8 rats per group; ^bPercent of control values; *p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001; compared with control group.

± 1.54, 21.64 ± 0.92 unit/mg protein으로서 대조그룹 (17.43 ± 1.44 unit/mg protein: 100%) 대비 109.5%, 120.0%, 118.4%로서 10~20%의 Cu, Zn-SOD 활성의 유의적인 증가효과가 인정되었다. 이러한 연구결과는 저자 등의 해조류 성분의 노화억제효과 (1991), 알긴산 요구르트의 생리작용 (1993), 및 알긴산-첨가 기능성 음료의 생리활성연구 (1997)의 연구결과와 거의 일치한다는 사실을 알 수 있다.

한편 간장에서 분획한 cytosol획분중의 글루타치온 퍼옥시다아제 (GSHPx)의 활성에 미치는 미역 국수 투여의 영향을 비교하여 보면 Fig. 1과 같다. Fig. 1에서 미역분말 10%, 20% 및 40%-첨가 미역 국수 (10%, 20%, 40% FBA-noodle)의 투여에 따른 cytosol의 GSHPx 활성은 24.55 ± 1.06, 26.45 ± 1.27, 27.46 ± 1.01 IU/g protein으로서 대조그룹 (20.05 ± 1.91 IU/g protein: 100%) 대비 122.4%, 132.0%, 137.0%로서 20~40%의 매우 효과적인 GSHPx 활성의 증가효과가 인정되었다.

3. 산화적 스트레스의 비교

활성산소의 공격에 따른 간장 세포막의 지질 및 단백질 성분의 산화적 스트레스에 미치는 영향을 평가하였다. 간장에서 분획한

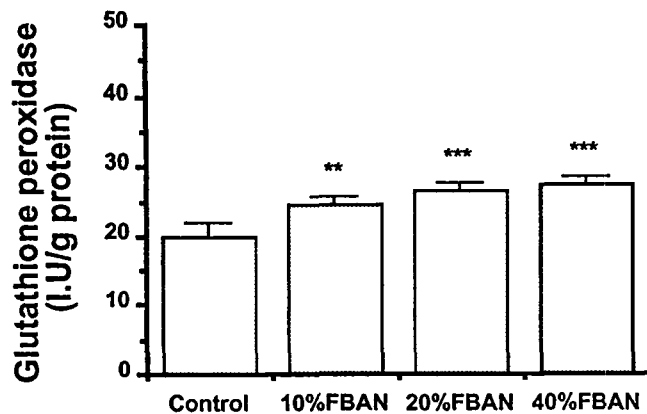


Fig. 1. Effects of functional brown algae (FBA)-noodles on glutathione peroxidase activities in liver cytosol of SD rats for 4 weeks.

p<0.01; *p<0.001; compared with control group.

mitochondria 및 microsome획분중의 과산화지질 (lipid peroxide: LPO)의 함량에 미치는 미역 국수 투여의 영향을 비교하여 보면 Table 4와 같다. Table 4에서 미역분말 10%, 20% 및 40%-첨가 미역 국수 (10%, 20%, 40% FBA-noodle)의 투여에 따른 mitochondria의 LPO의 함량은 4.88 ± 0.61, 4.45 ± 0.57, 4.55 ± 0.43 nmol/mg protein으로서 대조그룹 (4.97 ± 0.59 nmol/mg protein: 100%) 대비 98.2%, 89.5%, 91.5%로서 10% 미역국수 (10% FBA-noodle) 투여그룹은 유의적인 LPO의 생성 억제효과를 인정할 수 없었지만, 20% 및 40% 미역국수 (20% 및 40% FBA-noodle) 투여그룹은 약 10%의 유의적인 LPO 생성 억제효과가 인정되었다.

또한 Table 4에서 미역분말 10%, 20% 및 40%-첨가 미역 국수 (10%, 20%, 40% FBA-noodle)의 투여에 따른 microsome의 LPO의 함량은 4.16 ± 0.20, 3.89 ± 0.32, 3.81 ± 0.23 nmol/mg protein으로서 대조그룹 (4.31 ± 0.27 nmol/mg protein: 100%) 대비 96.5%, 90.3%, 88.4%로서 10% 미역국수 (10% FBA-noodle) 투여그룹은 유의적인 LPO의 생성 억제효과를 인정할 수 없었지만, 20% 및 40% 미역국수 (20% 및 40% FBA-noodle) 투여그룹은 약 10~12%의 유의적인 LPO 생성 억제효과가 인정되었다. 이러한 연구결과는 저자 등의 해조류 성분의 노화억제효과 (1991), 알긴산 요구르트의 생리작용 (1993), 및 알긴산-첨가 기능성 음료의 생리활성연구 (1997)의 연구결과와 거의 일치한다는 사실을 알 수 있다.

Table 4. Effects of functional brown algae (FBA)-noodles on lipid peroxide (LPO) levels in liver membranes of SD rats for 4 weeks

Groups	Mitochondrial LPO levels (nmol/mg protein)		Microsomal LPO levels (nmol/mg protein)	
Control group	4.97 ± 0.59 ^a	—	4.31 ± 0.27	—
10% FBA-noodle	4.88 ± 0.61	(98.2%) ^b	4.16 ± 0.20	(96.5%)
20% FBA-noodle	4.45 ± 0.57 [*]	(89.5%)	3.89 ± 0.32 [*]	(90.3%)
40% FBA-noodle	4.55 ± 0.43 [*]	(91.5%)	3.81 ± 0.23 ^{**}	(88.4%)

^aMean ± SD with 8 rats per group; ^bPercent of control values; *p<0.05; **p<0.01; compared with control group.

요 약

간장중의 활성산소 및 제거효소의 활성에 미치는 영향을 평가하기 위하여 미역의 건조분말을 10%, 20%, 40%-첨가 조제한 미역국수 (10%, 20%, 40% FBA-noodle)를 4주동안 SD계 흰쥐에 투여하여 미역국수의 생리작용을 평가하였다. 10%, 20%, 40% FBA-noodle의 투여그룹의 mitochondria의 ·OH 생성은 대조그룹 대비 각각 20%, 25%, 35%의 현저한 ·OH 생성 억제효과가 인정되었다. 또한 10%, 20%, 40% FBA-noodle의 투여그룹의 microsome의 ·OH 생성도 대조그룹 대비 12~20%의 유의적인 ·OH 생성 억제효과가 인정되었다. 10%, 20%, 40% FBA-noodle의 microsome의 H₂O₂의 생성은 유의적인 억제효과를 인정할 수 없었지만, cytosol중의 O₂^{·-} 생성은 20%, 40% FBA-noodle에서 10%의 O₂^{·-}의 생성 억제효과가 인정되었다.

10%, 20%, 40% FBA-noodle 투여그룹의 간장 mitochondria의 Mn-SOD 활성은 대조그룹 대비 10~15%의 Mn-SOD 활성의 증가효과가 인정되었다. 간장 microsome의 Mn-SOD 활성은 10% 및 20% FBA-noodle 투여그룹은 Mn-SOD 활성의 유의적인 증가효과를 인정할 수 없었지만, 40% FBA-noodle 투여그룹은 12%의 유의적인 Mn-SOD 활성 증가효과가 인정되었다. 또한 10%, 20%, 40% FBA-noodle의 투여그룹의 간장 cytosol의 Cu, Zn-SOD 활성은 대조그룹 대비 10~20%의 Cu, Zn-SOD 활성의 유의적인 증가효과가 인정되었다. 한편 간장 cytosol의 글루타치온 퍼옥시다아제 (GSHPx) 활성을 평가하여 보면 10%, 20%, 40% FBA-noodle 투여그룹의 cytosol의 GSHPx 활성은 대조그룹 대비 20~40%의 매우 효과적인 GSHPx 활성의 증가효과가 인정되었다. 10%, 20%, 40% FBA-noodle 투여그룹의 mitochondria의 LPO의 함량을 비교하여 보면 10% FBA-noodle은 유의적인 LPO의 생성 억제효과를 인정할 수 없었지만, 20%, 40% FBA-noodle은 10%의 유의적인 LPO 생성 억제효과가 인정되었다.

10%, 20%, 40% FBA-noodle 투여그룹의 microsome의 LPO의 함량은 10% FBA-noodle은 유의적인 LPO의 생성 억제효과를 인정할 수 없었지만, 20% 및 40% FBA-noodle은 약 10~12%의 유의적인 LPO 생성 억제효과가 인정되었다.

사 사

본 연구는 1999년도 귀뚜라미문화재단의 연구비 지원에 의하여 수행되었습니다. 귀뚜라미문화재단 이사장께 심심한 사의를 포함합니다.

참 고 문 헌

- Chan, P.C. and B.H.J. Bielski. 1974. Enzyme catalyzed free radical reactions with nicotinamide adenine nucleotide. *J. B. Chem.*, 249 (4), 1317~1319.
- Choi, J.H., C.H. Rhim, J.Y. Kim, J.S. Yang, J.S. Choi and D.S. Byun. 1986. Basic studies on the development of diet for the treatment of obesity I. The inhibitory effect of alginic acid as a dietary fiber on obesity. *J. Korean Fish. Soc.*, 19 (4), 303~311.
- Choi, J.H., J.S., Choi, J.S., Byun, D.S. and Yang, D.S. 1986. Basic studies on the development of diet for the treatment of obesity I. Comparison of the inhibitory effect of algae and crude drug components on obesity. *J. Korean Fish. Soc.*, 19 (5), 485~492.
- Choi, J.H. and D.H. Oh. 1993. Patent Application No. 93-30084 (1993. 12. 23). Development of yogurt for treatment of obesity.
- Choi, J.H. and D.B. Oh. 1994. Patent Application No. 94-04853 (1994. 3. 11). Development of alginate drink for treatment of obesity.
- Choi, J.H. and D.B. Oh. 1994. Patent Application No. 94-04854 (1994. 3. 11). Development of alginate-added health drink for treatment of obesity.
- Choi, J.H. and J. H. Byun. 1994. Patent Application No. 94-28988 (1994. 11. 5). Development of dietary fiber-added functional noodle
- Choi, J. H. and Oh, D. H. 1997. Patent Application No. 97-127504 (1997. 10. 22). Development of yogurt for treatment of obesity.
- Choi, J.H., J.I. Kim, I.S. Kim, J.S. Choi, D.S. Byun and T.H. Yoon. 1991. Dose effect of brown algae on inhibitory action of obesity 1. Effect of body weight, feed and gross efficiencies and metabolic body size. *Kor. J. Gerontol.*, 1 (2), 168~172.
- Choi, J.H., I.S. Kim, J.I. Kim and T.H. Yoon. 1991. Studies on anti-aging action of brown algae 1. Dose effect of alginic acid as a modulator of anti-aging action in serum lipids. *Kor. J. Gerontol.*, 1 (2), 173~178.
- Choi, J.H., I.S. Kim, J.I. Kim and T.H. Yoon. 1991. Studies on anti-aging action of brown algae 2. Dose effect of alginic acid as a modulator of anti-aging action in liver membranes. *J. Korean Fish. Soc.*, 25 (3), 181~188.
- Choi, J.H., J.I. Kim, D.W. Kim and D.H. Oh. 1993. Effect of alginic acid-added yogurt on inhibition of obesity and physiological action of rats. *Kor. J. Gerontol.*, 3 (2), 123~128.
- Choi, J.H., D.W. Kim, Y.S. Moon, J.I. Kim, D.S. Lee and J.H. Pyeun. 1995. Feeding effect of dietary fiber-added instant noodle on biological action of rats. *Kor. J. Gerontol.*, 5 (2), 88~92.
- Choi, J.H. and D.W. Kim. 1997. Effect of alginic acid-added functional drink (HAEJOMIN) in brown algae on obesity and biological activity of SD rats. *Ko. J. Life Sci.*, 7 (4), 361~370.
- Choi, J.H., D.W. Kim, J.H. Kim, D.I. Kim and C.M. Kim. 1999. Effect of brown algae-noodle on lipid metabolism in serum of SD rats. *J. Korean Fish. Soc.*, 31 (1), 42~45.
- Choi, J.H., D.W. Kim, D.I. Kim, J.S. Lee and Y.H. Baek. 1999. Effect of brown algae-noodle on inhibitory action of obesity in SD rats. *J. Korean Fish. Soc.*, 31 (1), 46~49.
- Cross, C.E., B. Halliwell, E.T. Borish, W.A. Pryor et al. 1987. Oxygen radicals and human disease. *Ann. Intern. Med.*, 107, 526~545.
- Garfinkel, L. 1985. Overweight and cancer. *Ann. Intern. Med.*, 103, 1034~1036.
- Goldstein, J.L., W.R. Hazzard, H.G. Schrott, E.L. Bierman and A.G. Motulsky. 1973. Hyperlipidemia in coronary heart disease. I. Lipid levels in 500 survivors of myocardial infarction. *J. Clin. Invest.*, 52 : 1533~1543.
- Halliwell, B. and J.M.C. Gutteridge. 1981. Formation of a thiobarbituric acid-reactive substance from deoxyribose in the presence of iron salts. *FEBS. Lett.*, 128, 347~350.
- Halliwell, B. 1987. Oxidants and human disease : Some new concepts. *FASEB J.*, 1, 358~364.
- Kim, J.I. and J.H. Choi. 1992. Effect of brown algae component on obese rats induced by a high fat diet 1. Body weight, feed and gross efficiencies, body fat content, and obesity index. *Kor. J. Gerontol.*, 2 (2), 142~147.
- Kim, J.I., I.S. Kim, Y.S. Moon and J.H. Choi. 1993. Effect of brown algae component on lipid metabolism in obese rats induced by a high fat diet 1. Body weight, feed and gross efficiencies, body fat content, and obesity index. *Kor. J. Gerontol.*, 3 (1), 33~38
- Laganier, S. and B.P. Yu. 1987. Anti-lipoperoxidation action of food restriction. *Biochem. Biophys. Res. Commn.*, 145, 1185~1191.
- Lawrence, R.A. and R.F. Burk. 1978. Species, tissue and subcellular distribution of non Se-dependent glutathione peroxidase activity. *Lipid*, 19, 444~452.
- Levine, R.L., D. Garland, C.N. Oliver, A. Amici, I. Climent, A.G. Lenz, B. Ahn, S. Shaltiel. and E.R. Stadtman. 1990. Determination of carbonyl content in oxidatively modified proteins.

- Methods Enzymol., 1986, 464~478.
- 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.
- McCord, J.M. and I. Fridovch. 1969. Superoxide dismutase. An enzymic function for erythro cuprein (hemocuprein). *J. B. Chem.*, 244 (22), 6049~6055.
- Oyanagui, Y. 1984. Reevaluation of assay methods and establishment of Kit for superoxide dismutase activity. *Anal. Biochem.*, 42, 290~296.
- Rigo, A. and G. Rotilio. 1977. Simultaneous determination of superoxide dismutase and catalase in biological materials by polarography. *Anal. Biochem.*, 81, 157~166.
- Southorn, P.A. and G. Powis. (1988). Free radicals in medicine. II. Involvement in human disease. *Mayo Clin. Proc.* 63, 390~408.
- Steel, R.G.D. and J. H. Torrie. 1960. Principles and procedures of statistics. McGraw-hill, New York.
- Thurman, R.G., H.G. Ley and R. Scholz. 1972 Hepatic microsomal ethanol oxidation. *Eur. J. Biochem.*, 25, 420~430.
- Yu, B.P., D.W. Lee, C.G. Marler and J.H. Choi. 1990. Mechanism of food restriction: Protection of cellular homeostasis. *Soc. Exp. Biol. Med.*, 193, 13~15.
- Yu, B.P. 1996. Aging and oxidative stress : Modulation by dietary restriction. *Free Rad. Biol. Med.*, 21, 651~668.
- Yu, B.P. and R. Yang. 1996. Critical evaluation of free radical theory of aging: A proposal of oxidative stress hypothesis. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 786, 1~11.

1999년 8월 16일 접수

2000년 3월 2일 수리