

Rat 간장의 산화적 스트레스 및 세포막 유동성에 미치는 실크 피브로인의 영향

최진호 · 김대익 · 박수현 · 김동우 · 이광길* · 여주홍* · 김정민 · 이용우*

부경대학교 식품생명공학부 생화학교실, *농촌진흥청 농업과학기술원 잠사곤충부

Effects of Silk Fibroin on Oxidative Stress and Membrane Fluidity in the Liver of SD Rats

Jin-Ho Choi, Dae-Ik Kim, Soo-Hyun Park, Dong-Woo Kim, kwang-gill Lee*,
Joo-Hong Yeo*, Jung-Min Kim and Yong-Woo Lee*

Lab. Biochemistry, Faculty of Food Science and Biotechnology, Pukyong National University
*Dept. of Sericulture & Entomology, National Institute of Agricultural
Science & Technology, RDA, Suwon 441-744, Korea

ABSTRACTS

This study was designed to investigate the effects of silk fibroin powder (Mw 500) on oxidative stress and membrane fluidity in liver membranes of rats. Sprague-Dawley (SD) male rats (160 ± 10 g) were fed basic diet (control group), and experimental diets (SFP-2.5 and SFP-5.0 groups) added 2.5 and 5.0 g/kg BW/day for 6 weeks. Cholesterol levels resulted in a significant decrease (12.1% and 9.0%, respectively) in the liver mitochondria and microsomes of SFP-5.0 group compared with control group. Membrane fluidity as significantly increased (16.1% and 16.5%, 5.8% and 17.4%) in the liver mitochondria and microsomes of SFP-2.5 and SFP-5.0 groups compared with control group. Basal oxygen radicals (BOR) in liver mitochondria and microsomes were significantly inhibited (16.1% and 18.3%, 8.1% and 15.1%, respectively) at the SFP-2.5 and SFP-5.0 groups compared with control group. Induced oxygen radicals (IOR) in liver microsomes were significantly inhibited (17.0% and 26.6%, respectively) at the SFP-2.5 and SFP-5.0 groups compared with control group, but IOR in liver mitochondria was significantly inhibited about 12.3% at the SWP-400 group only compared with control group. Lipid peroxide (LPO) levels were significantly decreased (8.3% and 18.0%, 13.4% and 18.4%, respectively) in the liver mitochondria and microsomes of SFP-2.5 and SFP-5.0 groups compared with control group. Oxidized protein (OP) levels were dose-dependently decreased (5.4% and 11.6%, 19.0% and 24.4%, respectively) in the liver mitochondria and microsomes of SFP-2.5 and SFP-5.0 groups compared with control group. These results suggest that administration of SFP may play an effective role in attenuating an oxidative stress and increasing a membrane fluidity in liver membranes.

Key words : Silkworm (*Bombyx mori* L.), Lipid peroxide (LPO), Oxidized protein (OP), Basal and induced oxygen radical (BOR, IOR), Membrane fluidity, Oxidative stress

서 론

명주는 우리나라를 비롯하여 중국, 일본의 중요한 특산물로서 매우 귀중한 동서교역품의 하나였기 때문에 실크 로드가 등장했을 것으로 생각된다. 그렇지만, 지금은 석유 화학공업이 발달하면서 양질의 화학섬유가 등장하면서 값 비싼 명주가 사양화되고 이에 따라 양잠산업이 몰락의 위기를 맞고 있다. 그래서 지금은 실크가 단백질로서 그 가수분해산물인 실크 피브로인의 생리활성에 대한 연구가

한창 진행중에 있다. 중국 후한의 허신(許愼)이 편찬한《설문해자(說文解字)》에 “상(桑)은 젊다(若)는 뜻으로서 신목(神木)이라는 별명을 갖고 있다”는 사실에서 뽕나무(桑) 관련산물로서 뽕잎을 비롯하여 누에가루 및 실크 피브로인이 성인병을 예방하고 노화를 방지할 수 있다는 사실을 묵시적으로 암시하고 있다. 최근들어 Kim 등(1998) 및 Kang 등(1995)도 트리글리세리드(TG)의 지질대사연구, Yen 등(1996)은 뽕잎의 항산화성분 연구, Park 등(1998)은 tumor cell을 이용한 항종양연구, Chung 등(1996; 1997)의 누에

분말의 혈당강하효과, Ryu 등(1997) 및 Lee 등(1998)의 누에분말의 제조조건 및 투여기간에 따른 혈당강하 효과 등이 이를 뒷받침한다. 특히 실크 피브로인에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 실크 단백질의 가수분해 산물인 올리고펩티드(oligopeptide)로서 실크 피브로인(silk fibroin)의 기능성 및 소화연구(平林, 1989a-b), 실크 가수분해 단백질의 분자량의 분포 및 소화에 관한 연구(陳 등, 1991), 실크 피브로인의 아미노산중에서 글리신(glycine)의 혈청 콜레스테롤의 억제효과(杉山, 1989), 알라닌(alanine)의 알콜대사(文, 1987) 및 티로신(tyrosine)의 차폐예방효과(岸本, 1973), 최근에는 실크 피브로인의 기능성 연구로서 기포성의 식품가공에의 이용(平尾 등, 1988) 및 견직물 잔사의 식품소재로서의 응용(陸 등, 1994)에 관한 연구결과도 보고되어 있다. 따라서 실크 피브로인의 생리활성 연구로서 전보(Choi *et al.*, 1999b-d)에 이어 간장조직의 산화적 스트레스 및 세포막 유동성에 미치는 실크 피브로인의 영향을 분석하여 유의적인 결과를 얻었기에 보고한다.

재료 및 방법

1. 동물실험 및 사료조성

한국화학연구소에서 구입한 Sprague Dawley계 랫트(male, 160±10 g)를 구입하여 본 대학 동물사육실에서 2주동안 예비사육한 다음, 7마리씩 3군으로 나누어 실험용 기본사료(control group)로써 사육하면서 실크 피브로인(silk fibroin : Mw 500) 분말을 SD계 랫트에 하루 2.5 및 5.0 g/kg BW로 사료에 첨가하여 조제한 실험용 사료(SFP-2.5 및 SFP-5.0 groups)로써 6주간 투여한 다음, 랫트 간장조직의 산화적 스트레스 및 세포막 유동성에 미치는 실크 피브로인의 영향을 평가하였다. 동물사육실은 항온항습(22±2°C, 65±2% RH)하에서 12시간 사이클(06:00~18:00)로 명암이 자동 조절된다.

2. 조제사료의 조성

본 실험에 사용한 사료조성은 전보(Choi *et al.*, 1999d)와 같은 방법으로 탄수화물 57.3%(α -cornstarch: 44.5%+ sucrose 13.3%), 단백질 16.0%(sodium-free casein), 지질 18.0%(lard 18.0%), 비타민과 무기질(AIN-76 mixture) 각각 1.0%, 3.5%, 그리고 섬유질 3.0%, DL-methionine 0.3%, choline chloride 0.2%를 첨가하였으며, 여기에 cholesterol 0.5% 및 sodium chloride 0.2%를 첨가하여 고콜레스테롤 혈증을 유도하였다. 실험그룹의 사료조성은 실크 피브로인(SFP)을 하루에 각각 2.5 및 5.0 g/kg BW가 섭취되도록 2.5% 및 5.0%의 SFP를 첨가하는 대신 탄수화물을 각각 2.5% 및 5.0%씩 제외하고 조제하였다.

3. 간장조직의 분획

간장의 분획은 Laganier 등(1987)의 방법을 일부 수정한 Choi 등 (1999a)의 방법에 따라 HEPES완충용액(10 mM HEPES, 10 mM KCl, 280 mM sucrose, pH 7.4)을 사용하여 mitochondria, microsome 및 cytosol획분으로 분획하여 사용하였다. 이들 분획의 단백질의 함량은 Lowry 등(1951)의 방법에 따라 측정하였다.

4. 콜레스테롤의 함량 측정

간장조직에서 분획한 mitochondria 및 microsome획분 중의 콜레스테롤의 함량은 Rudel 등(1973)의 방법에 따라 o-phthalaldehyde법으로 측정하여 표준검량선에 의하여 이들 분획 중의 콜레스테롤의 함량을 측정하였다.

5. 세포막 유동성의 측정

간장의 mitochondria 및 microsome 분획 중의 세포막 유동성(membrane fluidity)은 형광 probe로서의 1,6-diphenyl 1-1,3,5-hexatriene(DPH)을 사용한 Heron 등(1980)에 의한 형광분광법에 따라 측정하였다. 50 mM 인산완충용액(pH 7.2, 2750 μ l), 증류수(250 μ l), 시료(100 μ l)를 첨가 혼합하여 37°C 항온 수조에서 5분간 방치한 다음, probe인 0.167 mM TMA-DPH[1-(4-trimethylammoniumphenyl)-6-phenyl 1-1,3,5-hexatriene, p-toluene-sulfonate] 용액을 6.67 μ l를 첨가 혼합하여 37°C 항온 수조에서 shaking하면서 30분간 반응시킨 후 37°C를 유지하면서 형광광도계를 이용하여 360 nm(excitation)와 430 nm(emission)에서 측정하였다.

6. 기초 및 유도산소라디칼의 정량

간장획분에서 산화적 스트레스(oxidative stress)의 유무를 확인하기 위해서 DCF-DA (2',7'-dichlorofluorescein diacetate)을 probe로 이용한 간장세포의 mitochondria와 microsome획분의 기초활성산소(basal oxygen radical : BOR)의 생성량의 측정은 Lebel 등(1989)의 방법에 따라 측정하였다. BOR의 측정은 기저상태와 라디칼 생성을 유도하기 위해 ascorbic acid와 FeSO₄·7H₂O로 자극한 유도상태의 두 가지 조건에서 비교 측정하였다. 기저상태와 라디칼 유도의 경우 모두 시료 500 μ l를 완충용액(40 mM Tris-HCl buffer pH 7.4)으로 10배 희석하고, probe인 5 μ M DCF-DA(Molecular probe, USA) 12 μ l를 첨가, 10,000 rpm 8분간 원심분리한다. 잔사를 40 mM Tris-HCl 3.0 ml에 녹인 후 라디칼 유도상태의 경우에는 1 mM ascorbic acid (300 μ l)와 100 μ M FeSO₄·7H₂O(150 μ l)를 혼합하였고 기저상태의 경우는 아무것도 첨가하지 않았다. 이후 37°C에서 30분간 반응시킨 후 37°C 유지하면서 형광 강도의 변화를 형광광도계를 이용하여 488 nm(excitation)와 525 nm

(emission)에서 측정하였다. 이 때 분광형광광도의 변화를 2',7'-dichloro-fluorescein diacetate(DCF-DA)을 표준품으로써 표준검량선에 의하여 생성된 DCF의 양(nmol/mg protein/min)으로 환산하고, 이 양으로써 기초산소라디칼(basal oxygen radical : BOR) 및 유도산소라디칼(induced oxygen radical : IOR)의 산소라디칼 생성량으로 정량하였다.

7. 산화적 스트레스의 분석

간장획분중의 과산화지질의 함량은 저자 등(Choi *et al.*, 1990)이 사용한 방법에 따라 분광광도계를 사용하여 TBA 법으로 말론디알데히드(MDA)의 함량을 측정하여 과산화지질(LPO)의 함량을 측정하여 정량하였다. 또한 간장획분으로서 mitochondria와 microsome의 산화단백질(oxidized protein : OP)의 생성량은 Levine 등(1990)의 방법에 따라 carbonyl group의 생성량을 측정하여 OP의 함량을 정량하였다. carbonyl group의 양은 360 nm와 370 nm 사이에 있는 흡광도의 파장에서 분자흡광계수($E=22,000$)를 이용하여 계산하였다.

8. 분석결과의 처리

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. 콜레스테롤 함량의 변화

SD계 랫트에 실크 피브로인 분말(silk fibroin powder : SFP) 2.5 g 및 5.0 g/kg BW를 6주간 투여한 결과, 간장중의 콜레스테롤의 함량변화는 Table 1에서 보는 바와 같다. SFP-2.5 및 SFP-5.0 투여그룹의 콜레스테롤 함량은 mitochondria 분획에서 각 122.48 ± 7.28 및 115.23 ± 9.23 mg/g protein으로 나타났는데 이는 대조그룹(131.02 ± 12.86 mg/g protein : 100%) 대비 93.5% 및 87.9%로서, 각각 6.5% 및 12.1%의 콜레스테롤의 침착 억제효과가 나타났지만, SFP-5.0 투여그룹에서만 유의성이 인정되었다. 그러나 microsome분획에서도 SFP-5.0 투여그룹만이 9.0%의 콜레스테롤의 침착 억제효과가 인정되었다.

이러한 사실은 전보(Choi *et al.*, 2000b)의 뽕잎 추출물의 콜레스테롤 억제효과와 거의 유사한 경향을 나타내고 있었지만, SFP-2.5 및 SFP-5.0의 혈청중의 콜레스테롤이나 LDL 및 HDL-콜레스테롤의 함량이 대조그룹 대비 유의적인 억제효과를 기대할 수 없었다는 사실을 감안한다면 간장조직에서의 콜레스테롤의 억제효과는 특기할만하

Table 1. Effects of SFP on cholesterol levels in the liver membranes of SD rats fed for 6 weeks

	Control (7)	SFP-2.5 (7)	SFP-5.0 (7)
Mitochondria	131.02 ± 12.86^a	122.48 ± 7.28 (93.5%) ^b	$115.23 \pm 9.23^{**}$ (87.9%)
Microsome	86.24 ± 7.55	83.76 ± 8.14 (97.1%)	$78.46 \pm 6.31^*$ (91.0%)

SFP-2.5 and SFP-5.0 : Silk fibroin powder of 2.5 and 5.0 g/kg BW/day added to basic control diet; ^aMean \pm SD(mg/g protein) with 7 rats per group; ^bPercent of control values; * $p<0.05$; ** $p<0.01$ compared with control group.

다고 하겠다.

2. 세포막 유동성의 평가

이미 1932년 Cannon이 제창했던 것과 마찬가지로 생체의 항상성(homeostasis)만큼 중요한 것은 없다. 그 이유는 세포막 유동성(membrane fluidity : MF)이 좋아야 항상성을 유지할 수 있고 체내 대사가 원만하게 진행될 수 있기 때문이다. 성인병(chronic degenerative disease)이란 연령의 증가에 따라 어떤 원인에 의하여 세포막의 유동성이 지장을 받아서 성인병을 유발할 뿐만 아니라 노화까지 촉진하게 된다. 실크 피브로인을 SD계 랫트에 6주동안 투여한 다음, 간장조직의 세포막 유동성을 측정된 결과를 Table 2에 나타내었다.

실크 피브로인 분말(SFP) 투여그룹의 세포막 유동성(membrane fluidity : MF)에 미치는 영향을 비교하여 보면 간장조직의 mitochondria분획에서 SFP-2.5 및 SFP-5.0 투여그룹의 MF는 2.96 ± 0.29 및 2.97 ± 0.31 % polarization으로 이는 대조그룹(2.55 ± 0.21 % polarization : 100%) 대비 116.1% 및 116.5%로서, 각각 16.1% 및 16.5%로 MF의 증가효과가 인정되었다.

또한 간장조직의 microsome 분획에서 SFP-2.5 및 SFP-5.0 투여그룹의 MF는 각 6.20 ± 0.47 및 6.88 ± 0.52 % polarization으로서 대조그룹(5.86 ± 0.23 % polarization : 100%) 대비 105.8% 및 117.4%로서, 각각 5.8% 및 17.4%의 효과적인 MF의 증가효과가 인정되었지만, SFP-5.0 투여그룹

Table 2. Effects of SFP on membrane fluidity in the liver membranes of SD rats fed for 6 weeks

	Control (7)	SFP-2.5 (7)	SFP-5.0 (7)
Mitochondria	2.55 ± 0.21^a	$2.96 \pm 0.29^{**}$ (116.1%) ^b	$2.97 \pm 0.31^{**}$ (116.5%)
Microsome	5.86 ± 0.23	6.20 ± 0.47 (105.8%)	$6.88 \pm 0.52^{**}$ (117.4%)

SFP-2.5 and SFP-5.0 : Silk fibroin powder of 2.5 and 5.0 g/kg BW/day added to basic control diet; ^aMean \pm SD (% polarization) with 7 rats per group; ^bPercent of control values; ** $p<0.01$ compared with control group.

에서만 유의성이 인정되었다. 이러한 사실은 전보(Choi *et al.*, 2000b-c)의 뽕잎 추출물의 투여효과보다는 높고, 누에 가루의 투여효과보다는 약간 낮은 정도로 MF의 증가효과가 인정되었다는 사실은 실크 피브로인이 생리활성물질로서 상당한 의미가 있을 것으로 기대된다.

3. 기초 및 유도산소라디칼의 평가

SD계 랫트에 대한 실크 피브로인 분말(SFP)의 투여에 의한 간장조직의 활성산소의 생성을 평가하기 위하여 기본적인 조건 및 Fe²⁺-ascorbate로 유도한 활성산소를 각각 기초활성산소(basal oxygen radical : BOR) 및 유도활성산소(induced oxygen radical : IOR)로 구분하여 이들 활성산소를 분석 평가하여 본 결과는 Table 3과 같다.

간장조직에서 BOR의 생성량에 미치는 실크 피브로인 분말(SFP)의 영향을 비교하여 보면 SFP-2.5 및 SFP-5.0 투여그룹의 mitochondria획분에서 BOR의 생성은 1.93±0.22 및 1.88±0.18 nmol/mg protein/min로서 대조그룹(2.30±0.18 nmol/mg protein : 100%) 대비 각각 16.1% 및 18.3%의 매우 유의적인 BOR의 생성 억제효과가 인정되었을 뿐만 아니라 microsome획분에서도 BOR의 생성은 2.62±0.17 및 2.42±0.19 nmol/mg protein/min으로서 대조그룹(2.85±0.26 nmol/mg protein/min : 100%) 대비 각각 8.1% 및 15.1%의 매우 효과적인 BOR의 생성 억제효과가 인정되었다. 마찬가지로 방법으로 간장획분중의 IOR의 생성량에 미치는 영향을 평가하여 보면 SFP-2.5 및 SFP-5.0 투여그룹의 mitochondria 및 microsome획분에서 IOR의 생성 억제효과는 각각 1.0% 및 12.3%, 17.0% 및 26.6%의 유의적인 IOR의 생성 억제효과로서 mitochondria획분의 SWP-200 투여그룹을 제외하고는 매우 효과적인 IOR의 생성 억제효과가 인정되었다. 이러한 사실은 누에분말(SWP)의 투여효과와 거의 유사한 경향을 나타내고 있어서 실크 피브

Table 3. Effects of SFP on basal and induced oxygen radical formations in liver membranes of SD rats fed for 6 weeks

Groups	Oxygen radical formation (nmol/mg protein/min)			
	Mitochondria		Microsome	
Basal oxygen radical(BOR)				
Control (7)	2.30 ± 0.18 ^a	-	2.85 ± 0.26	-
SFP-2.5 (7)	1.93 ± 0.22**	(83.9%) ^b	2.62 ± 0.17*	(91.9%)
SFP-5.0 (7)	1.88 ± 0.18***	(81.7%)	2.42 ± 0.19**	(84.9%)
Induced oxygen radical(IOR)				
Control (7)	13.10 ± 0.93	-	14.50 ± 2.10	-
SFP-2.5 (7)	12.97 ± 1.01	(99.0%)	12.03 ± 1.25**	(83.0%)
SFP-5.0 (7)	11.47 ± 1.13*	(87.7%)	10.64 ± 0.95***	(73.4%)

SFP-2.5 and SFP-5.0 : Silk fibroin powder of 2.5 and 5.0 g/kg BW/day added to basic control diet; ^aMean±SD(nmol/mg protein/min) with 7 rats per group; ^bPercent of control values; *p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001 compared with control group.

로인(SFP)도 생리활성물질로서의 효과가 충분할 것으로 기대된다.

4. 산화적 스트레스의 평가

산화적 스트레스의 평가에서 LPO는 말론디알데히드(malondialdehyde : MDA)의 함량, OP는 카르보닐그룹(>C=O group)의 생성량 및 핵산의 산화는 8-OHdG의 생성량을 측정하여 평가한다. 활성산소의 공격목표는 조직세포중의 지질 성분의 공격에 의한 과산화지질(lipid peroxide : LPO)의 생성, 단백질 성분의 공격에 의한 산화단백질(oxidized protein : OP)의 생성 및 핵산의 공격으로 돌연변이의 생성 등을 들 수 있다.

(1) 과산화지질의 생성 억제효과

세포막의 지질이 활성산소의 공격을 받아 산화될 때 생성되는 LPO는 강력한 세포독성 때문에 성인병과 노화의 지표물질로 알려져 있다(Yagi, 1987; Choi *et al.*, 1991). 노화의 가장 중요한 학설로서 Harman(1956)의 <Free Radical Theory>, Yu(1996), Yu 및 Yang(1996)의 <Oxidative Stress Theory>에 따라 간장조직중의 지질성분의 산화적 스트레스로서 과산화지질(lipid peroxide : LPO) 생성에 미치는 실크피브로인의 영향을 분석 비교한 결과는 Fig. 1과 같다.

간장조직중의 LPO의 생성에 미치는 실크 피브로인(SFP) 투여의 영향을 비교하면 하루 SFP-2.5 및 SFP-5.0 g/kg BW를 6주동안 투여한 결과, 간장조직의 mitochondria획분에서는 SFP-2.5 및 SFP-5.0 투여그룹은 각 13.91±1.25 및 12.44±1.18 nmol/mg protein으로서 대조그룹(15.17±1.24 nmol/mg protein : 100%) 대비 각각 91.7% 및 82.0%로서 용량의존적으로 8.3% 및 18.0%의 유의적인 LPO의 생성이 억제효과가 인정되었다. 간장조직의 microsome획분에서도 11.50±0.95 및 10.83 ±0.66 nmol/mg protein으로서 대조그룹(13.28±1.15 nmol/mg protein : 100%) 대비 각각 86.6% 및 81.6%로서 용량의존적으로 13.4% 및 18.4%의 유의적인 LPO의 생성이 억제효과가 인정되었다.

그리고 실크 피브로인의 투여가 활성산소의 생성을 효과적으로 방지하여 LPO의 생성을 억제한다는 사실은 매우 중요한 의미를 갖는데, 그 이유로서는 LPO의 세포조직중의 축적은 성인병을 유발할 뿐만 아니라 노화를 촉진한다는 사실이 밝혀져 있기 때문이다(Yagi, 1987).

(2) 산화단백질의 생성 억제효과

한편 조직 세포의 단백질 성분이 활성산소의 공격을 받아 생성되는 카르보닐 그룹(>C=O group)의 생성량을 측정하여 산화단백질(oxidized protein : OP)의 함량을 평가하여 본 결과는 Fig. 2에서 보는 바와 같다. mitochondria 획분에서 SFP-2.5 및 SFP-5.0 그룹의 OP의 생성은

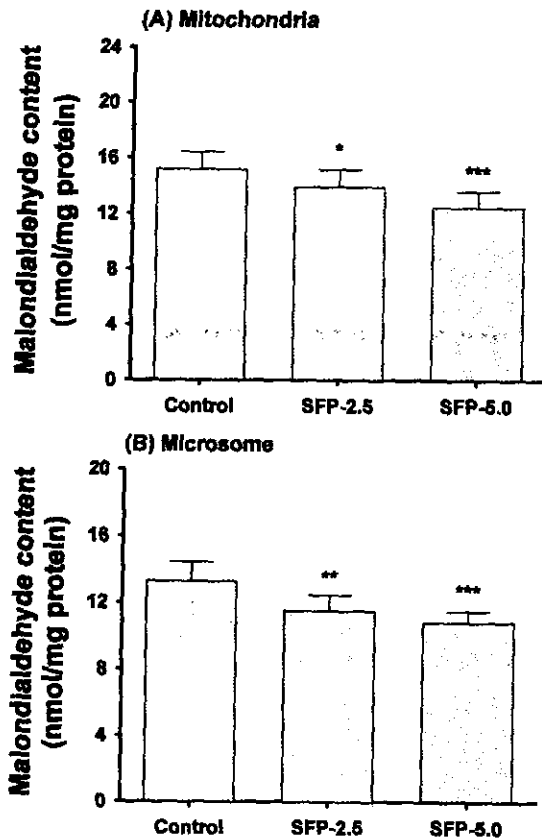


Fig. 1. Effects of SFP on lipid peroxide (LPO) levels in the liver membranes of SD rats fed for 6 weeks SFP-2.5 and SFP-5.0 : Silk fibroin powder of 2.5 and 5.0 g/kg BW/day added to basic control diet; ^aMean \pm SD(nmol/mg protein) with 7 rats per group; ^bPercent of control values; * p <0.05; ** p <0.01; *** p <0.001 compared with control group.

8.97 \pm 0.40 및 8.38 \pm 1.04 ng/mg protein으로써 이는 대조 그룹의 OP의 생성량(9.48 \pm 1.12 ng/mg protein : 100%) 대비 94.6% 및 88.4%로서, 각각 5.4% 및 11.6%의 OP의 생성 억제효과가 나타났지만, SFP-5.0 투여그룹에서만 유의성이 인정되었다. 그렇지만, microsome 분획은 mitochondria 분획과는 달리 SFP-2.5 및 SFP-5.0 그룹의 OP의 생성량은 6.37 \pm 0.48 및 5.94 \pm 0.45 ng/mg protein으로써 대조 그룹의 OP의 생성량(7.86 \pm 0.55 ng/mg protein : 100%) 대비 81.0% 및 75.6%로서, 각각 19.0% 및 24.4%나 매우 효과적인 OP의 생성 억제효과가 인정되었다. 따라서 실크 피브로인의 투여는 간장 mitochondria 분획보다는 microsome 분획에서 OP의 생성을 더욱 효과적으로 억제할 수 있을 것으로 기대된다.

요 약

실크 피브로인(SFP)을 SD계 랫트에 하루 2.5 및 5.0 / kg BW로써 6주간 투여하여 간장 조직의 산화적 스트레스

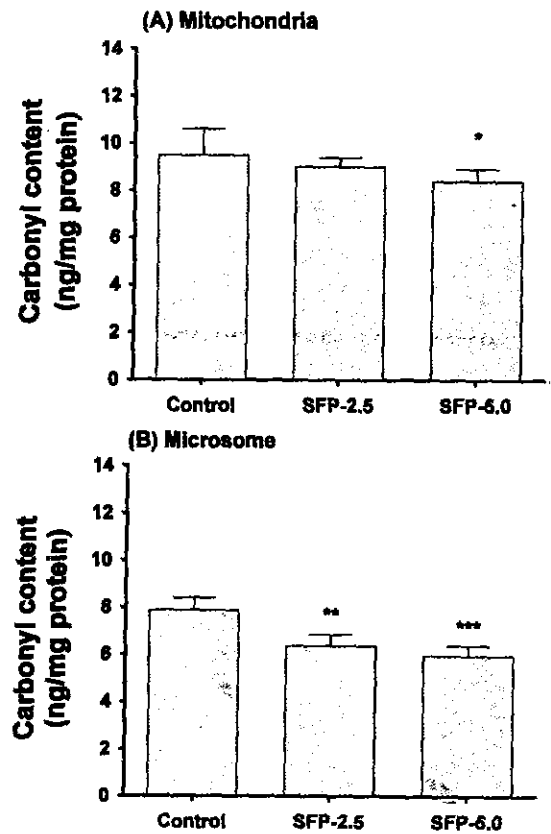


Fig. 2. Effects of SFP on oxidized protein (OP) levels in liver membranes of SD rats fed for 6 weeks SFP-2.5 and SFP-5.0 : Silk fibroin powder of 2.5 and 5.0 g/kg BW/day added to basic control diet; ^aMean \pm SD(ng/mg protein) with 7 rats per group; ^bPercent of control values; * p <0.05; ** p <0.01; *** p <0.001 compared with control group.

및 세포막 유동성에 미치는 영향을 분석 평가하였다. 콜레스테롤에 대한 SFP-2.5 투여그룹의 mitochondria 및 microsome 분획에서는 유의적인 억제효과가 인정되지 않았지만, SFP-5.0 투여그룹에서 이들 두획분에서는 대조 그룹 대비 각각 12.1% 및 9.0%의 유의적인 콜레스테롤의 억제효과가 인정되었다. SFP-2.5 및 SFP-5.0 투여그룹은 mitochondria 분획에서 대조그룹 대비 16.1% 및 16.5%의 매우 현저한 세포막 유동성(MF)의 증가효과가 인정되었고, microsome 분획에서도 SFP-2.5 및 SFP-5.0 투여그룹은 대조그룹 대비 각각 5.8% 및 17.4%의 MF 증가효과가 인정되었다.

SFP-2.5 및 SFP-5.0 투여그룹의 mitochondria 및 microsome 분획에서 대조그룹 대비 각각 16.1% 및 18.3%, 8.1% 및 15.1%의 매우 효과적인 BOR의 생성 억제효과가 인정되었고, SFP-2.5 및 SFP-5.0 투여그룹의 mitochondria 및 microsome 분획에서 IOR의 생성억제효과는 대조그룹 대비 각각 1.0% 및 12.3%, 17.0% 및 26.6%로서, microsome획분의 SFP-2.5 투여그룹을 제외하고는 매우 효과적인 IOR의 생성 억제효과가 인정되었다. mitochondria 및

microsome 분획에서 SFP-2.5 및 SFP-5.0 투여그룹은 대조그룹 대비 각각 8.3% 및 18.0%, 13.4% 및 18.4%의 매우 효과적인 과산화지질(LPO)의 생성 억제효과가 인정되었다. mitochondria 및 microsome 분획의 SFP-2.5 및 SFP-5.0 투여그룹은 대조그룹 대비 5.4% 및 11.6%, 19.0% 및 24.4%의 산화단백질(OP)의 생성 억제효과로서, SFP-2.5 투여그룹의 mitochondria 분획을 제외하고는 매우 효과적인 OP의 생성 억제효과가 인정되었다. 이상의 결과로 볼때 실크 피브로인의 투여는 간장조직의 콜레스테롤 침착 억제효과로 인하여 세포막 유동성을 매우 효과적으로 증가시킬 뿐만 아니라 강력한 활성산소의 생성 억제작용으로 인한 간장조직의 산화적 스트레스의 억제효과로 성인병 및 노화를 효과적으로 방지할 수 있을 것으로 기대된다.

인용문헌

- Choi, J. H., Kim, D. W., Park, S. H., Kim, D. W., Lee, J. S. and Kim, H. S.(1999a). Effects of PNE on oxygen radicals and their scavenger enzymes in liver of SD rats. *Korea. J. Life Sci.*, 9(4), 466-472.
- Choi, J. H., Kim, D. W., Park, S. H., Kim, D. W., Lee, J. S., Ryu, K. S. and Lee, W. C.(1999b). Effects of mulberry leaf extract on oxygen radicals and their scavenger enzymes in serum of SD rats. *Korean J. Seric. Sci.*, 41(3), 135-140.
- Choi, J. H., Kim, D. W., Park, S. H., Kim, D. W., Lee, J. S., Lee, H. S. and Ryu, K. S.(1999c). Effects of silkworm powder on oxygen radicals and their scavenger enzymes in serum of SD rats. *Korean J. Seric. Sci.*, 41(3), 141-146.
- Choi, J. H., Kim, D. W., Park, S. H., Kim, D. W., Lee, J. S. and Lee, Y. W.(1999d). Effects of silk fibroin powder on oxygen radicals and their scavenger enzymes in serum of SD rats. *Korean J. Seric. Sci.*, 41(3), 216-221
- Chung, S. H., Yu, J. H., Kim, E. J. and Ryu, K. S. (1996). Blood glucose lowering effect of silkworm. *Bull. K.H. Pharma. Sci.*, 24, 95-100.
- Chung, S. H., Kim, M. S. and Ryu, K. S. (1997). Effect of silkworm extract on intestinal α -glycosidase activity in mice administered with a high carbohydrate-containing diet. *Korean J. Seric. Sci.*, 39(1), 86-92.
- Harman, D. (1956). Aging : a theory based on free radical and radiation chemistry. *J. Gerontol.* 11, 298-300.
- Heron DS, Shinitzky M, Hershkowitz M and Samuel D (1980) Lipid fluidity markedly modulates the binding of serotonin to mouse brain membranes. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 12, 7463-7467.
- Kang, J. O. and Kim, K. S. (1995). The effect of dry edible leaves feeding on serum lipids of hypercholesterolemic rats. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, 24(4), 502-509.
- Kim, S. Y., Lee, W. C., Kim, H. B., Kim, A. J. and Kim, S. K. (1998). Antihyperlipidemic effects of methanol extracts from mulberry leaves in cholesterol-induced hyperlipidemia rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 27(6), 1217-1222.
- Lebel C. P., Odunze I. N, Jr A. and Bondy S. C. (1989) Perturbations in cerebral oxygen radical formation and membrane order following vitamin E deficiency. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 163(2), 860-866.
- Lee, H. S., Chung, K. S., Kim, S. Y., Ryu, K. S. and Lee, W. C. (1998). Effect of several sericultural products on blood glucose lowering for alloxaninduced hyperglycemic mice. *Korean J. Seric. Sci.*, 40(1), 38-42.
- Lowry, O. H., Roseborough, N. J., Farr, L. A. and Randall, R. J. (1951): Protein measurement with the Folin-Phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 193, 265-275.
- Levine, R. L., Garland, D., Oliver, C. N., Amici, A., Clement, I., Lenz, A. G., Ahn, B., Shaltiel, S. and Stadman, E. R. (1990). Determination of carbonyl content in oxidatively modified proteins. *Methods Enzymol.*, 1986, 464-478.
- Odaka, H., Miki, N., Ikeda, H. and Matsuo, T. (1992). Effect of disaccharidase inhibitor, AO-128, on postprandial hyperglycemia in rats. *J. Japan Soc. Nutr. Food Sci.* 45(1), 27-31.
- Park, I. K., Lee, J. O., Lee, H. S., Seol, K. Y. and Ahn, Y. J.(1998). Cytotoxic activity of *Bombyx mori* and *Morus alba* derived materials against human tumor cell lines. *Agric. Chem. Biotech.*, 41(2), 187-190.
- Rudel, L. L. and Morris, M. D (1973). Determination of cholesterol using *o*-phthalaldehyde. *J. Lipid Res.* 14, 364-366.
- Ryu, K. S., Lee, H. S., Chung, S. H. and Kang, P. D. (1997). An activity of lowering bloodglucose levels according to preparative conditions of silkworm powder. *Korean J. Seric. Sci.*, 39(1), 79-85.
- Steel, R. G. D. and Torrie, J. H. (1960). Principles and procedures of statistics. McGrawhill, New York.
- Yagi, K. (1987). Lipid peroxides and human diseases. *Chemistry and Physics of Lipids* 45, 337-351.
- Yen, G. C., Wu, S. C. and Duh, P. D. (1996). Extraction and identification of antioxidant components from the leaves of mulberry (*Morus alba* L.). *J. Biol. Chem.* 261, 12879-82.
- Yu, B. P.(1996). Aging and oxidative stress : Modulation by dietary restriction. *Free Rad Biol. Med.* 21, 651-668.
- Yu, B. P. and Yang, R.(1996). Critical evaluation of free radical theory of aging: A proposal of oxidative

- stress hypothesis. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 786: 1-11.
- 文 豊 (1987). 마우스의 급성알코올성肝障害에對するアラニンとオルニチン投與による保護作用의機序. 慈惠醫大誌 102, 1231-1241.
- 杉山公男 (1989). 알코올代謝による含硫아미노酸의重要性 日本榮養食糧學會誌, 42, 353-363.
- 岸本 康 (1973). 生命をつくる物質 講談社(東京) 發刊, pp. 220-226.
- 陸 旋 秋山大三郎 平林 潔 (1994). 絹粉末의作製とその物性. 日本蠶絲學會誌, 63, 21-27.
- 平林 潔 (1989a). 絹의機能化. 高分子學會誌 38, 1062-1065.
- 平林 潔 (1989b). 絹의可溶化と その應用. 바이오インダストリー, 16, 27-32.
- 平尾和子 · 木村由里子 · 五十嵐喜治 (1988). 絹絲から調製したフイブロン溶液의氣泡特性と スポンジ케-키への利用. 日本食品科學工學會誌. 45(11), 692-699.
- 陳 開利 井浦克弘 相澤龍司 平林 潔(1991). 加水分解した絹蛋白質의消火. 日蠶雜 60(5), 402-403.