

## Influences of Silkworm Sericin on the Improvement Actions of Lipid Metabolism in Dyslipidemic Rats

Han-Soo Kim\*, Jong-Hwan Seong, Young-Guen Lee, Ho-Dong Yoon<sup>1</sup>, Jin-Soon Kang, Cheng-Liang Xie and Ji-Moon Shin

Department of Food Science & Technology, Pusan National University, Miryang 627-706, Korea

<sup>1</sup>Food & Safety Research Division, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619-705, Korea

<sup>2</sup>School of Food Science, International University of Korea, Gyeongnam 660-759, Korea

Received July 27, 2010 / Accepted October 12, 2010

The principal objective of this study was to investigate the effects of silkworm sericin extract supplementation on the improvement of lipid compositions, blood glucose levels and enzyme activities in the serum of dyslipidemic rats. The rats were fed the experimental diet for 5 weeks. Concentrations of total cholesterol, atherosclerotic index, LDL-cholesterol, triglyceride (TG), phospholipid (PL), free cholesterol, cholesteryl ester ratio and blood glucose in serum were higher in the dyslipidemic group (group HCW) and cholesterol-plus-silkworm sericin extract intake group (group HCS) than those in the control group (group BW, basal diet-plus-water). However, the concentrations of total cholesterol, atherosclerotic index, LDL-cholesterol, TG, PL, free cholesterol, cholesteryl ester ratio and blood glucose level in serum were lower in group HCS than those in group HCW. On the other hand, the HDL-cholesterol level and the ratio of HDL-cholesterol to total cholesterol in group HCS were higher than in group HCW. The activities of alkaline phosphatase (ALP) and aminotransferase (AST & ALT) in serum were lower in group HCS than in the dyslipidemic group HCW. From the above results, it was suggested that silkworm sericin extract intake was effective in the prevention and improvement of lipid components, blood glucose level and enzyme activities in the sera of dyslipidemic rats.

**Key words** : Dyslipidemia, silkworm sericin, lipid level, blood glucose, enzyme activity

### 서 론

누에고치는 고분자 단백질인 피브로인(fibroin)으로 구성되어 있으며, 가수분해물인 세리신은 천연 단백질의 일종으로 누에고치실의 20~30%를 차지하며 고치실 표면에 분포함으로써 외부의 자극으로부터 피브로인을 보호하는 것으로 알려져 있다[20]. 세리신을 구성하고 있는 주요 아미노산 조성은 serine, aspartic acid가 대부분을 차지하고 있으며, 지질 항산화 및 tyrosinase 활성 저해[9,10], 콜레스테롤의 침착을 억제하고 활성산소의 생성 방지와 산화적 스트레스를 예방하며[1], 면역력 증강[23], 체지방 감소[22,24], 항당뇨[28,36], 항종양 효과[30], 항암 작용[34] 등 다양한 효능이 있는 것으로 보고되어 있다.

최근, 생활 습관의 변화와 다양한 식생활로 지방 함유 가공식품 및 동물성 식품 등의 섭취량이 증가함에 따라 이상 지질혈증(dyslipidemia) 등 생활습관병이 급속하게 증가되고 있다. 이상지질혈증 발생의 위험 인자는 혈액 중의 콜레스테롤농도와 중성지질 및 지단백, 혈장 thromboxane A<sub>2</sub>의

형성[4]을 비롯한 대사증후군[26] 등이 지적되고 있다. 세리신은 이와 같은 생체 내 지질대사 관련 지표를 조절하는 기능성 식품 원료와 의약품, 화장품과 같은 미용 소재 산업의 천연 재료로 활용할 수 있는 천연 성분으로 유용할 것이라고 한다[3,9]. 이에, 본 연구는 누에로부터 효소 처리하여 추출한 세리신이 이상지질혈증 유발 식이를 섭취한 흰쥐에 있어서 혈청 지질대사 이상 및 혈당 조절 기능 이상과 간기능 장애 등에서 오는 생활 습관병 예방 및 치료 개선 효과를 비교 검토하기 위하여 실험을 수행하였다.

### 재료 및 방법

#### 세리신의 제조

세리신의 추출은 Lee 등[21]의 방법을 약간 수정하여 조제하였다. 정선된 절각견에 30배 중량의 물을 첨가하고 110°C에서 5시간 가열한 후 여과하여 잔사를 제거하고 여과액을 얻었다. 이 여과액에 단백질 분해 효소인 Flavourzyme 500 MG (Novo Nordisk, batch No: HP2 02013, Denmark) 등을 0.1~1% (w/v)를 첨가하여 50~55°C에서 6~12시간 동안 용해 처리시킨 다음 여과하여 세리신 용액을 얻었다. 사용한 효소의 불활성화를 위하여 세리신 용액을 110°C의 고온에서 0.5~1시

#### \*Corresponding author

Tel : +82-55-350-5351, Fax : +82-55-350-5359

E-mail : kimhs777@pusan.ac.kr

간 정도 처리한 후 여과, 농축, 동결건조하여 분말을 얻어 본 실험에 사용하였다.

**아미노산 조성 분석**

총아미노산 분석용 시료는 산가수분해법으로 분해하였다. 즉, 단백질 함량으로 30 mg 정도의 세리신 분말을 cap tube에 취하고 β-mercaptoethanol 0.04%를 함유한 6 N HCl을 단백질량의 1,000배 이상 가하고 질소 가스를 8분간 충전하여 탈기시킨 다음, 110°C sand bath 상에서 24시간 가수분해한 후, 농축 건조하여 잔사를 0.2 N sodium citrate buffer (pH 2.2)로써 50 ml로 정용하여, 아미노산 자동분석기(Hitachi model 835, Japan)로 분석하였다. Tryptophan은 Hugli와 Moore의 방법 [5]에 의하여 알칼리 가수분해법으로 분해시켜 550 nm에서 비색 정량하였다.

**분자량 분포 분석**

표준시약(polyethylene glycol kit, type PEG-10; Sigma, St. Louis, USA) 및 제조한 실크 세리신 시료 0.01 g을 정칭하여 증류수(DW), 아세토니트릴(ACN) 및 트리플루오로초산(TFA)의 혼합 용매(DW:ACN:TFA=55:45:0.1, v/v/v)에 용해시켜 실온에서 하룻밤 방치한 후, 0.45 μm membrane filter (Sigma, St. Louis, USA)로 여과한 것을 표준 및 시험용액으로 사용하였다. 표준시약을 HPLC에 주입하여 검량선을 작성한 다음, 검체에 대하여 TSK Gel G2500PW<sub>XL</sub> column (Φ 7.8×300 mm, TOSOH CO.)을 사용하여 size exclusion chromatography (SEC) 방법에 따라 검체의 분자량 분포를 GPC program Water 510 (Waters Co., Ltd, Boston, Massachusetts, USA)을 이용하여 분석하였다.

**실험동물**

평균 체중이 60±5 g인 4주령 된 Sprague Dawley계 수컷 흰쥐(충북 음성군 DAE HAN BIOLINK Co., LTD, Korea)를 구입하여, 5% 옥수수유(신동방(주), pure refined corn salad oil, Korea)를 함유하는 기초식으로 9일간 예비사육하여 적응시킨 후 난괴법(Randomized Complete Block Design)에 의해서 6마리씩 3군으로 metabolic cage (JD-C-71, 정도산업, 한국)에 나누어 5주간 실험 사육하였다. 사육실의 온도는 20±1°C, 습도는 50±10%로 유지시켰고, 명암은 12시간(07:00~19:00) 주기로 조명하였다.

**식이조성 및 실험군**

대조군(BW군)은 기본식이에 물만 급여시켰으며, 이상지질 혈증 유발을 위해 콜레스테롤 0.75% 및 sodium cholate 0.25%를 함유한 식이를 급여하여 실험사육시킨 실험군에 물 섭취군(HCW군)과 HCS군은 콜레스테롤을 급여군에 실크 세리신 10%를 첨가 조절하였으며, 실험 전 기간 동안 물은 자유로이 섭취

시켰다(Table 1). 실험 사육 5주간의 최종일에는 7시간 단식시킨 후 에테르 마취 하에 심장채혈법으로 채혈하였으며, 혈액은 약 1시간 정도 빙수 중에 방치한 후 3,000 rpm에서 15분간 원심분리하여 혈청을 취하여 실험에 사용하였다. 실험사육 시작과 최종일에 체중을 측정하였으며, 사료 섭취량은 매일 사료 잔량을 측정하여 식이 효율을 산출하였다.

**지질성분 농도 및 혈당량**

혈청 중의 총 콜레스테롤 농도는 총 콜레스테롤 측정용 kit 시약(Cholestezyme-V, Eiken, Tokyo, Japan), HDL-콜레스테롤 농도는 HDL-콜레스테롤 측정용 kit 시약(HDLC-555, Eiken, Tokyo, Japan), 혈청 LDL의 농도는 LDL 측정용 kit 시약(β-lipoprotein C-Test, Wako, Osaka, Japan)으로 측정하였으며, LDL-콜레스테롤 농도는 LDL농도에 0.35를 곱한 값으로 표시하였다. 혈청 중의 중성지질 농도는 중성지질 측정용 kit 시약(Triglyzime-V, Eiken, Tokyo, Japan)으로 측정하였으며, 인지질 농도는 인지질 측정용 kit 시약(PLzyme, Eiken, Tokyo, Japan)으로 측정하였다. 유리 콜레스테롤 농도는 유리 콜레스테롤 측정용 kit 시약(Free-cholestezyme-V555, Eiken, Tokyo, Japan)으로 측정하였으며, 콜레스테롤 에스테르 농도는 총 콜레스테롤 농도에서 유리 콜레스테롤 농도를 뺀 평균 값으로 표시하였다. 한편, 혈당 농도는 혈당 측정용 kit 시약(GLzyme, Eiken, Tokyo, Japan)으로 측정하였다. 즉, 혈청 0.02 ml에 효소 시액 3.0 ml를 가하여 37°C에서 15분간 가온한 후, 500 nm에서 흡광도를 측정하여 정량하였다.

**효소활성 측정**

혈청 중 alkaline phosphatase (ALP, EC 3.1.3.1) 활성은 혈

Table 1. Experimental groups and composition of experimental diet (%)

Ingredient	Basal diet	Cholesterol diet	Experimental diet
Casein	20.0	20.0	20.0
DL-methionine	0.3	0.3	0.3
Corn starch	15.0	15.0	15.0
Sucrose	50.0	49.0	39.0
Cellulose powder	5.0	5.0	5.0
Mineral mixture*	3.5	3.5	3.5
Vitamin mixture*	1.0	1.0	1.0
Choline bitartrate	0.2	0.2	0.2
Corn oil	5.0	-	-
Lard	-	5.0	5.0
Cholesterol	-	0.75	0.75
Sodium cholate	-	0.25	0.25
Silkworm sericin	-	-	10.0

Group BW: Basal diet+Water, HCW: High Cholesterol diet+Water, HCS: High Cholesterol diet+Silkworm sericin 10%+Water.

\*According to AIN-76<sup>TM</sup> purified diet composition.

청 ALP측정용 kit 시약(NEW-K-PHOS, Eiken, Tokyo, Japan)을 사용하여 측정하였으며, 혈청 1 ml 당 unit로 표시하였다. Amino-transferase의 활성은 Reitman과 Frankel의 방법[32]에 준해 조제된 kit 시약(혈청 transaminase 측정시약, Eiken, Tokyo, Japan)을 사용하여 혈청 중 aspartate amino-transferase (AST, EC 2.6.1.1) 및 alanine amino-transferase (ALT, EC 2.6.1.2) 활성을 측정하였으며 단위는 혈청 1 ml 당 unit로 표시하였다.

**통계 처리**

분석 결과의 통계 처리는 실험군 당 평균치와 표준편차를 계산하였고 군간의 차이는 One-way analysis of variance (ANOVA, ver. 12.0) 분석 후 α=0.05 수준에서 Duncan's multiple range test에 의하여 각 실험군 간의 유의성을 검증하였다.

**결과 및 고찰**

**세리신의 아미노산 조성 및 분자량**

기능성 식품 신소재 등으로 활용하기 위하여 단백질 분해 효소로 가열 처리하여 본 실험에 사용된 세리신의 아미노산 조성 및 분자량 분포는 Table 2와 3에 나타내었다. 분석한 결과, 주요 아미노산은 serine 30.06%, aspartic acid 18.40% 및

Table 2. Amino acid compositions of silkworm sericin with used experimental diet (g/100 g)

Amino acids (AA)	Silkworm sericin	
	Composition	% to total AA
Arginine	4.70	4.80
Lysine	3.42	3.49
Histidine	1.62	1.65
Phenylalanine	0.57	0.58
Tyrosine	4.80	4.91
Leucine	1.28	1.31
Isoleucine	0.83	0.85
Methionine	0.11	0.11
Valine	3.14	3.21
Alanine	3.57	3.65
Glycine	9.72	9.94
Proline	0.67	0.68
Glutamic acid	6.61	6.76
Serine	29.40	30.06
Threonine	8.42	8.61
Aspartic acid	18.00	18.40
Tryptophan	0.49	0.50
Cystine	0.47	0.48
Total AA (TAA)	97.82	99.99
EAA*	19.88	
EAA/TAA (%)	20.32	

\*Essential amino acid; valine, leucine, isoleucine, threonine, methionine, lysine, phenylalanine, histidine, tryptophan.

Table 3. Molecular weight distribution of silkworm sericin with used experimental diet

Range of molecular weight	Distribution ratio (%)
more than 10,000	4.0
4,500~10,000	20.0
1,000~4,500	40.3
less than 1,000	35.6
Average molecular weight	2,685

glycine이 9.94%로 대부분을 차지하였다. 이는 실크 세리신에는 세린, 아스파라긴산 및 글리신을 다량 함유하고 다른 아미노산의 분포는 소량 존재한다는 보고[9]와 같은 결과를 나타내었다.

세리신의 분자량 분포를 측정하기 위하여 분자량 표준품과 시료 용액의 크로마토그램에서 분자량과 용출 시간의 상관관계를 분석한 결과, 분자량 10,000 이상이 4.0%, 분자량 4,500~10,000까지 20.0%, 분자량 1,000~4,500까지 40.3% 및 분자량 1,000 이하는 35.6%의 분포를 나타내었으며, 평균 분자량은 2,685로 나타났다. 누에고치를 120°C에서 처리 시간을 달리하고 여과하여 동결 건조시킨 후 얻은 세리신 잠견의 분자량은 처리 시간이 길수록 저분자화되어 평균 분자량은 3,744~9,417범위로 분자량이 5,000 이하의 것들이 많아 성인병 예방 등의 기능성 자원으로 활용 가능한 보고[11,15] 등과 유사한 결과를 얻었다.

**체중 증가량 및 식이 효율**

기본식이에 물만을 섭취시킨 BW군(대조군), 콜레스테롤 0.75%를 함유한 식이를 급여하여 이상지질혈증을 유발시킨 HCW군과 이상지질혈증을 유발하여 실크 세리신 10%를 첨가한 HCS군에 있어서 5주간 실험 사육한 흰쥐의 체중 증가량 및 식이 섭취량, 식이 효율은 Table 4와 같다. 체중 증가량은 BW군의 138.5 g에 비해 이상지질혈증 유발군인 HCW군이 152.1 g으로 높았으며 세리신 10%를 첨가한 군(HCS군)이 150.6 g으로 나타났다. HCW군 및 HCS군의 체중 증가는 이상지질혈증 유발과 식이 섭취량에 따른 현상으로 생각되며, 유

Table 4. Body weight gain, food intake and FER of experimental rats

Group*	Body weight gain (g)	Food intake (g)	FER**
BW	138.5±14.2 <sup>***</sup>	456.0±16.7 <sup>a</sup>	0.30
HCW	152.1±15.4 <sup>a</sup>	464.8±17.2 <sup>a</sup>	0.33
HCS	150.6±12.8 <sup>a</sup>	462.5±16.8 <sup>a</sup>	0.33

\*See the legend of Table 1.

\*\*FER: food efficiency ratio.

\*\*\*The data are presented as means±SD of 6 independent rats. Means with different letters are significantly different at α=0.05 by Duncan's multiple range test.

의적인 변화는 관찰할 수 없었다. 식이 섭취량 및 식이 효율은 BW군에 비하여 HCW군과 HCS군이 약간 높았으나, 본 실험에서는 각 군간에 유의적인 변화는 보이지 않았다. 누에 분말의 첨가량을 증가시킬수록 흰쥐의 체중 증가량이 감소되는 경향은 누에 분말이 고단백질로서 체내의 소화 흡수, 대사에 사용되는 에너지 소모량이 높기 때문이라는 보고도 있다[16]. 본 실험 결과, 실험쥐의 체중은 누에 분말 및 누에고치 산 가수분해물을 급여함에 따라 증가하였으나 유의한 차이를 보이지 않았다는 보고[6,8]와 비슷한 경향을 보였다.

**총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤 농도 및 동맥경화지수**

혈청 중의 지질성분 농도 등은 Table 5와 같다. 총 콜레스테롤 농도는 기본식이만 급여한 BW군의 84.6 mg/dl에 비하여 전 실험군에서 높게 나타났지만, 콜레스테롤로 유발된 이상지질혈증 실험군(HCW군)의 133.8 mg/dl에 비해 실크 세리신을 섭취한 HCS군이 101.0 mg/dl로 유의적으로 감소하였다. 또한, HDL-콜레스테롤 농도는 HCW군(20.4 mg/dl)에 비해 세리신을 급여함으로써 HCS군이 22.6 mg/dl로 증가를 하였다. 총 콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤 농도 비는 HCW군(15.2%)보다 세리신 섭취군인 HCS군(21.4%)에서 높은 비율을 나타내었고, 동맥경화지수는 HCW군의 5.6에 비하여 HCS군(3.7)이 낮게 나타났으나, 대조군인 BW군(2.5)의 수준에는 미치지 못하였다. 고콜레스테롤 식이에 의한 지질대사 장애에 따라 총 콜레스테롤 농도는 증가하고, HDL-콜레스테롤 농도는 저하되는 것으로 알려져 있다[14,29]. 누에 추출 분말 투여에 의한 혈장 중의 총 콜레스테롤 변화는 5% 첨가군에서 감소율이 높았으며[36], 누에 분말을 첨가시킨 흰쥐에 있어서

HDL-콜레스테롤 함량이 유의적으로 증가하는 등[16] 콜레스테롤 조절 기능은 장내에서 내인성 및 외인성 sterol의 흡수를 저해함으로써 일어난다고 한다[31]. 따라서 본 실험 결과, 이상지질혈증 흰쥐에 대한 실크 세리신의 급여로 인한 혈청 총 콜레스테롤 농도의 저하, HDL-콜레스테롤 농도의 상승 및 동맥경화지수의 저하 등으로 미루어 보아 지질대사 개선작용의 효과가 있을 것으로 사료된다.

**Low Density Lipoprotein (LDL) 및 LDL-콜레스테롤 농도**

혈청 중의 LDL 농도는 콜레스테롤 섭취군(HCW군)의 233.4 mg/dl 보다 세리신 급여군인 HCS군(194.3 mg/dl)에서 유의적인 감소를 보였으나, 대조군의 124.6 mg/dl의 수준에는 미치지 못하였다. LDL-콜레스테롤은 콜레스테롤의 주된 운반형으로 동맥벽이나 말초조직에 콜레스테롤을 운반, 축적시킴으로써 동맥경화를 촉진시키는 인자라고 보고된 바 있다[33]. 이에, 실크 펩타이드를 첨가시킨 흰쥐는 LDL-콜레스테롤 농도가 유의적으로 감소된다고 한다[16].

**중성지질 및 인지질 농도**

혈청 중 중성지질과 인지질 농도는 이상지질혈증 흰쥐 실험군(HCW군, HCS군)에 있어서 대조군에 비해 유의적으로 높게 나타났으나, 이상지질혈증 유발 실험군인 HCW군에 비하여 세리신 급여군인 HCS군의 농도가 감소되는 경향을 보였다. 이와 같은 결과는 누에 추출물 및 누에고치 산 가수분해물을 섭취시킨 흰쥐의 중성지질 등의 함량 변화와 유사한 것으로 나타났다[6,36]. 혈청 중성지질 농도의 저하는 가수분해시켜 저분자화된 펩타이드 섭취로 흰쥐 체내의 lipoprotein lipase에 의한 chylomicron 및 VLDL의 분해에 의한 것으로 생각된다[17].

**유리 콜레스테롤 및 콜레스테롤 에스테르 비**

혈청 중의 유리 콜레스테롤과 콜레스테롤 에스테르는 이상지질혈증 실험군(HCW군)에 비하여 세리신 급여군인 HCS군에서 낮은 경향을 보였고, 콜레스테롤 에스테르 비 또한, 세리신 섭취군인 HCS군에서 낮은 비율의 범위를 나타내었다. 콜레스테롤 에스테르 비는 고콜레스테롤혈증 및 그 합병증일 때 상승된다고 한다[13].

**혈당 농도**

실크 세리신의 이상지질혈증 흰쥐에 대한 혈당 농도는 세리신 섭취군이 감소되었는데, 이는 세리신의 급여로 인해 혈당 수준이 저하된 것으로 보인다. 이러한 혈당 농도의 저하는 누에 중의 deoxynojirimycin (DNJ)이 α-glucosidase 및 α-mannosidase, β-galactosidase 등의 활성을 경쟁적으로 저해하여 혈당량을 조절한다고 한다[2]. 본 실험 식이와 유사한 식이조

Table 5. Effects of silkworm sericin on serum lipid level and blood glucose in experimental rats (mg/dl)

Lipid levels	BW*	HCW	HCS
Total cholesterol (A)	84.6±3.2 <sup>****</sup>	133.8±4.2 <sup>c</sup>	101.0±3.1 <sup>b</sup>
HDL-cholesterol (B)	23.8±1.2 <sup>b</sup>	20.4±0.8 <sup>a</sup>	22.6±2.0 <sup>ab</sup>
(B)/(A)×100 (%)	28.1	15.2	21.4
AI**	2.5	5.6	3.7
LDL-cholesterol	43.6±2.8 <sup>a</sup>	81.7±2.0 <sup>c</sup>	68.0±2.0 <sup>b</sup>
Low density lipoprotein	124.6±8.0 <sup>a</sup>	233.4±5.7 <sup>c</sup>	194.3±5.7 <sup>b</sup>
Triglyceride	75.4±2.2 <sup>a</sup>	117.7±2.1 <sup>c</sup>	92.1±2.5 <sup>b</sup>
Phospholipid	98.9±1.7 <sup>a</sup>	131.1±2.0 <sup>c</sup>	120.8±1.9 <sup>b</sup>
Free cholesterol	17.2±1.0 <sup>a</sup>	27.5±1.0 <sup>c</sup>	24.7±0.9 <sup>b</sup>
Cholesteryl ester	67.4±2.2 <sup>a</sup>	106.3±3.2 <sup>c</sup>	76.3±2.2 <sup>b</sup>
Cholesteryl ester ratio (%)***	79.7	79.4	75.5
Blood glucose	118.6±5.2 <sup>a</sup>	167.3±3.1 <sup>c</sup>	151.2±4.0 <sup>b</sup>

\*See the legend of Table 1.  
 \*\* Atherosclerotic index; (Total Chol. - HDL-Chol.)/HDL-Chol.  
 \*\*\* Cholesteryl ester/Total cholesterol×100.  
 \*\*\*\*The data are presented as means±SD of 6 independent rats. Means with different letters are significantly different at a =0.05 by Duncan's multiple range test.

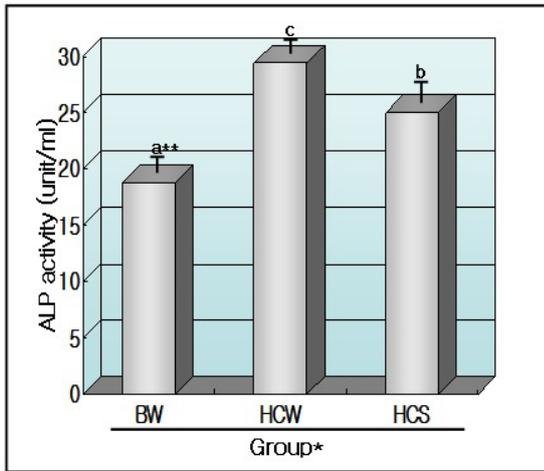


Fig. 1. Effects of silkworm sericin on alkaline phosphatase (ALP) activity in experimental rats. \*See the legend of Table 1. \*\*The data are presented as means±SD of 6 independent rats. Means with different letters are significantly different at  $\alpha=0.05$  by Duncan's multiple range test.

성에 있어서, 실험 사육 흰쥐에게 메밀 등을 첨가하여 급여하였을 때 당 함량에는 영향을 미치지 않았으며, 췌장  $\alpha$ -amylase의 활성이 증가되는 것으로 나타났다[18,19]. 또한 식이성 타우린, 맥몽동 추출물과 홍삼 사포닌을 첨가하여 섭취시켰을 때 생리활성물질 및 실험 식이의 조성에 의하여 혈당이 저하되었다고 보고되어 있다[7,12,25,27]. 따라서 본 실험 결과 나타난 혈당 저하 효과는 누에 유래 실크 세리신의 섭취에 의한 영향이 반영된 것으로 사료된다.

**Alkaline phosphatase (ALP)의 활성**

혈청 ALP의 활성 변화는 Fig. 1과 같이, 대조군인 BW군(18.8 unit/ml)에 비해 여타 실험군에서 유의성 있게 높게 나타났다. 이상지질혈증 실험군인 HCW군(29.4 unit/ml)에 비하여 세리신을 섭취시킨 HCS군(25.0 unit/ml)에서 유의적인 억제 효과를 보였다. 이상지질혈증과 합병증 및 간 조직이나 담관의 폐쇄 등에 의해서 ALP의 활성이 증가되는 것으로 알려져 있으며[13], 누에 추출물을 섭취함으로써 ALP 활성이 약 41% 감소되었다고 한다[8].

**Aminotransferase (AST & ALT)의 활성**

이상지질혈증 흰쥐에 대한 실크 세리신 급여의 혈청 중 AST 및 ALT 활성은 Fig. 2와 같다. AST 활성은 HCW군(81.4 unit/ml)이 대조군(64.5 unit/ml)에 비하여 유의적으로 증가되었으나, 세리신 섭취(HCS군, 77.0 unit/ml)로 인해 억제되는 것으로 나타났다. 혈청 ALT 활성은 대조군(21.4 unit/ml)에 비하여 HCW군(29.5 unit/ml)과 HCS군(26.9 unit/ml)에서 증가되었으나, 세리신 급여로 HCS군의 효소 활성이 억제되는 것으로 나타났다. AST 및 ALT 활성은 간 실질세포의 장애로

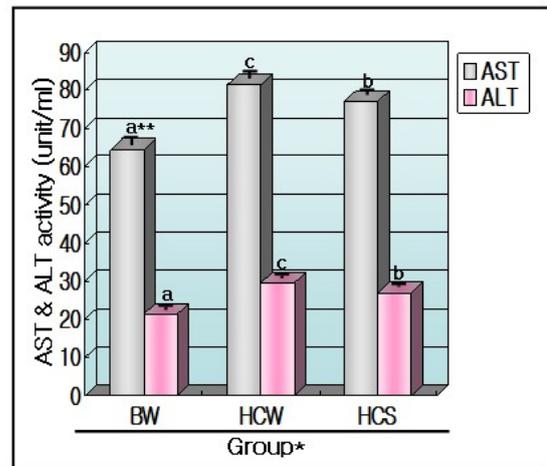


Fig. 2. Effects of silkworm sericin on aspartate and alanine aminotransferase (AST, ALT) activity in experimental rats. \*See the legend of Table 1. \*\*The data are presented as means±SD of 6 independent rats. Means with different letters are significantly different at  $\alpha=0.05$  by Duncan's multiple range test.

인하여 증가되는 것으로 알려져 있다[29]. 본 실험 결과, 실크 세리신 섭취에 의하여 aminotransferase 활성이 억제되는 것으로 관찰되었다.

**References**

- Choi, J. H., D. I. Kim, S. H. Park, J. M. Kim, J. S. Lee, K. G. Lee, J. H. Yeo, and Y. W. Lee. 2000. Effects of silk fibroin on oxidative stress and membrane fluidity in brain of SD rats. *Korean J. Life Science* **10**, 511-518.
- Chung, S. H., J. H. Yu, E. J. Kim, and K. S. Ryu. 1996. Blood glucose lowering effect of silkworm. *Bull. K. H. Pharma. Sci.* **24**, 95-100.
- Ha, J. S., J. J. Song, H. K. Cho, and S. G. Lee. 2006. Preparation of soluble silk peptides by food-grade proteinases. *Korean J. Microbiol. Biotechnol.* **31**, 115-120.
- Hsu, H. C., Y. T. Lee, and M. F. Chen. 2000. Effect of n-3 fatty acids on the composition and binding properties of lipoproteins in hypertriglyceridemic patients. *Am. J. Clin. Nutr.* **71**, 28-35.
- Hugli, T. E. and S. Moore. 1972. Determination of the tryptophan content of proteins by ion exchange chromatography of alkaline hydrolysates. *J. Biol. Chem.* **247**, 2828-2832.
- Hwang, E. H., B. G. Kang, B. R. Kim, and H. J. Lee. 2001. Protein quality-evaluation and effect of plasma lipid contents of acid hydrolysates of cocoon in rats fed by high cholesterol, high triglyceride and high sucrose diet. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **30**, 1004-1009.
- Im, J. G., M. S. Kang, I. K. Park, and S. D. Kim. 2005. Dietary effect of *Liriopsis* tuber water extracts on the level of blood glucose and serum cholesterol in streptozotocin-induced diabetic rat. *J. East Asian Soc. Dietary Life* **15**, 20-28.

8. Kang, Y. K., S. K. Choo, and S. H. Nam. 2001. The effect of silkworm-extract on blood components levels in mice. *Korean J. Entomology* **31**, 243-247.
9. Kato, N., S. Sato, A. Yamanaka, H. Yamada, N. Fuwa, and M. Nomura. 1998. Silk protein, sericin, inhibits lipid peroxidation and tyrosinase activity. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **62**, 145-147.
10. Kawahara, Y., T. Yamamoto, K. Furukawa, S. Washika, K. Kamei, H. Minami, and S. Nishiuchi. 2007. Sericin hydrolyzate obtained by hydrothermal treatment and its antioxidant activity. *SEN'I GAKKAISHI* **63**, 44-46.
11. Kim, J. H. and D. G. Bae. 2003. Hydrolysis characteristics and applications of silk sericin. 1. Control of molecular weight of sericin. *Korean J. Seric. Sci.* **45**, 46-57.
12. Kim, J. H., D. H. Hahm, D. C. Yang, J. H. Kim, H. J. Lee, and I. S. Shim. 2005. Effect of crude saponin of Korean red ginseng on high-fat diet-induced obesity in the rat. *Jpn J. Pharmacol. Sci.* **97**, 124-131.
13. Kim, K. H. 1980. A translation: The clinical application of the results of the test. pp. 164-209. Komoonsa, Seoul, Korea.
14. Kim, K. N., E. S. Joo, K. I. Kim, S. K. Kim, H. P. Yang, and Y. J. Jeon. 2005. Effect of chitosan oligosaccharides on cholesterol level and antioxidant enzyme activities in hypercholesterolemic rat. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **34**, 36-41.
15. Kim, S. Y., H. R. Sohn, D. G. Bae, and J. H. Kim. 2003. Physicochemical characteristic of the silkworm sericin cocoon. *Korean J. Seric. Sci.* **45**, 10-17.
16. Kim, Y. H. 2008. Effect of bread with added silkworm powder and cholesterol on lipid metabolism of rat. *Korean J. Food & Nutr.* **21**, 306-311.
17. Kinnunen, P. K., J. J. A. Virtanen, and P. Vainio. 1983. Lipoprotein lipase and hepatic endothelial lipase. *Atheroscler. Rev.* **11**, 65-99.
18. Lee, J. S., H. S. Son, Y. S. Maeng, Y. K. Chang, and J. S. Ju. 1994. Effects of buckwheat on organ weight, glucose and lipid metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J. Nutrition* **28**, 819-827.
19. Lee, J. S., M. H. Lee, H. S. Son, and Y. S. Maeng. 1996. Effects of buckwheat on the activities of pancreatic digestive enzymes in streptozotocin-induced diabetic rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **25**, 831-838.
20. Lee, K. G., H. Y. Kweon, Y. W. Lee, J. H. Yeo, S. O. Woo, C. S. Cho, and K. H. Kim. 2002. Characteristics of silk sericin powder prepared by mechanical treatment. *Korean J. Seric. Sci.* **44**, 82-86.
21. Lee, K. G., J. H. Yeo, Y. M. Lee, H. Y. Kweon, and J. H. Kim. 2001. Bioactive and skin-compatible properties of silk sericin. *Korean J. Seric. Sci.* **43**, 109-115.
22. Lee, M. S., D. M. Kim, B. N. Cho, S. J. Koo, S. S. Jew, D. K. Jin, and S. H. Lee. 2003. Study on consequent body fat and serum lipid metabolism after cocoon hydrolysate, green tea leaves and dietary fiber supplementation. *J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol.* **46**, 123-129.
23. Lee, S. H., B. N. Cho, C. K. Hyun, and S. S. Jew. 2002. Physiological, functional characteristics of silk peptide: Antioxidant effect and immune function. *Food Science & Industry* **35**, 57-62.
24. Lee, S. H., B. N. Cho, I. J. Hong, M. S. Lee, S. S. Jew, D. M. Kim, D. K. Jin, and S. N. Rho. 2003. Effects of green tea, cocoon hydrolysates and capsulated components mixture on body fat and serum lipid composition in college women in terms of supplemented periods. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **32**, 715-722.
25. Lee, Y. K., M. Y. Lee, and S. D. Kim. 2004. Quality characteristics and dietary effect of baguette bread added with water extracts of *Liriopsis tuber* on the blood glucose and serum cholesterol in diabetes induced rats. *J. East Asian Soc. Dietary Life* **14**, 275-282.
26. Lind, L., B. Vessby, and J. Sundstrom. 2006. The apolipoprotein B/AI ratio and the metabolic syndrome independently predict risk for myocardial infarction in middle-aged men. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* **26**, 406-410.
27. Mochizuki, H., J. Takido, H. Oda, and H. Yokogoshi. 1999. Improving effect of dietary taurine on marked hypercholesterolemia induced by a high-cholesterol diet in streptozotocin-induced diabetic rats. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **63**, 1984-1987.
28. Nam, J. K. and Y. S. Oh. 1995. A study of pharmacological effect of silk fibroin RDA. *Korean J. Agric. Sci.* **37**, 145-157.
29. No, H. K., K. Y. Beik, and S. J. Kim. 2002. Effect of chitosan-soybean curd on serum lipid metabolism in rats fed high-fat diet. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **31**, 1078-1083.
30. Park, I. K., H. S. Lee, K. Y. Lee, and Y. J. Ahn. 1988. Cytotoxic activity of *Bombyx mori* and *Morus alba* derived materials against human tumor cell lines. *Agric. Chem. Biotech.* **41**, 187-190.
31. Razdan, A. and D. Pettersson. 1994. Effect of chitosan on nutrient digestibility and plasma lipid concentration in broiler chickens. *Br. J. Nutr.* **72**, 277-288.
32. Reitman, S. and S. Frankel. 1957. A colorimetric method for the determination of serum glutamic oxaloacetic and glutamic pyruvic transaminase. *Am. J. Clin. Pathol.* **28**, 56.
33. Smith, E. B. 1974. The relationship between plasma and tissue lipid in human atherosclerosis. *Adv. Lipid Res.* **11**, 1-7.
34. Yeo, J. H., K. G. Lee, S. O. Woo, H. Y. Kweon, S. M. Han, K. H. Park, and S. S. Kim. 2007. Dietary effect of silk protein on colon cancer of animal. *Korean J. Seric. Sci.* **49**, 67-70.
35. Yi, K. N., and C. S. Rhee. 1996. Clinical Pathology File. pp. 101-283. Euihakmunwhasa, Seoul, Korea.
36. Yoon, J. W., S. K. Rhee, and K. B. Lee. 2005. Effects of silkworm extract powder on plasma lipids and glucose in rats. *Korean J. Food Nutr.* **18**, 140-145.

**초록 : 실크 세리신이 이상지질혈증 흰쥐의 지질대사 개선작용에 미치는 영향**김한수\* · 성종환 · 이영근 · 윤호동<sup>1</sup> · 강진순<sup>2</sup> · Xie Cheng Liang · 신지문(부산대학교 식품공학과, <sup>1</sup>국립수산물연구원 식품안전과, <sup>2</sup>한국국제대학교 식품과학부)

이상지질혈증 흰쥐에 있어서, 누에로부터 효소 처리하여 추출한 세리신의 섭취가 혈청 지질대사 개선효과 및 지질대사 이상 등에 관여하는 지질성분 및 효소의 활성 변동을 검토하기 위하여 이상지질혈증 Sprague Dawley 계 흰쥐 수컷을 사용하여 본 실험을 행하였다. 기본식이만을 섭취한 대조군인 BW군을 비롯한 이상지질혈증 유발군(HCW군), 이상지질혈증 유도에 세리신을 급여시킨 군(HCS군)을 5주간 실험 사육하였다. 혈청 총 콜레스테롤, 동맥경화지수, LDL-콜레스테롤, 중성지방, 인지질, 유리 콜레스테롤 농도, 콜레스테롤 에스테르 비 및 혈당 농도 등은 실크 세리신을 급여시킨 군(HCS군)에서 농도가 감소되는 것으로 나타났다. 한편, HDL-콜레스테롤 및 총 콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤 비 등은 세리신 섭취(HCS군)에 의해서 증가되는 것으로 나타났다. 혈청 중 alkaline phosphatase (ALP) 및 aminotransferase (AST & ALT)의 활성은 이상지질혈증을 유도 시킨 후 실크 세리신을 섭취시킴으로써 효소 활성이 억제되는 것으로 나타났다. 이상과 같은 결과에서, 실크 세리신이 흰쥐의 혈청 지질대사 이상 등에서 오는 이상지질혈증의 예방 및 개선에 효과가 있을 것으로 생각된다.