

탈지대두 grits가 고지방식을 투여한 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향

김현정 · 지영주¹ · 이성규¹ · 최준혁¹ · 이은주² · 정현진² · 이삼빈 · 이인선^{1,*}

계명대학교 전통미생물자원 개발 및 산업화 연구센터, ¹계명대학교 식품가공학과, ²(주)엔유씨전자 바이오 연구소

Effects of Defatted Soybean Grits on Lipid Metabolism in Rats Fed with High-fat Diet

Hyun-Jeong Kim, Young-Ju Ji¹, Sung-Gyu Lee¹, Jun-Hyeok Choi¹, Eun-Ju Lee²,
Hyun-Jin Jeong², Sam Pin Lee, and In-Seon Lee^{1,*}

The Center for Traditional Microorganism Resources, Keimyung University

¹Department of Food and Technology, Keimyung University

²Bio Research Institute, NUC Electronics Co. Ltd.

Abstract The principal objective of this study was to determine the effects of defatted soybean grits (DSG) on body lipid metabolism with 4 weeks of feeding on a high-fat diet. The rats were divided into the following 4 groups: control group (Con), control group treated with 20% DSG (C20D), high-fat group (HF), and high-fat group treated with 20% DSG (HF20D). The plasma total cholesterol and LDL-cholesterol concentrations were significantly lower in the HF20D group than in the HF group. On the other hand, the DSG supplement resulted in a significant increase in plasma HDL-cholesterol levels. The DSG supplement reduced the hepatic total lipid, total cholesterol, and triglyceride contents as compared to what was observed in the HF diet groups. In addition, the fecal total cholesterol and triglyceride contents increased in the DSG treatment groups. The hepatic HMG-CoA reductase activities were demonstrated to be significantly lower in the HF20D group than in the HF group. These results showed that the DSG powder lowered plasma cholesterol levels, tissue lipid contents, and cholesterol accumulation in the rats.

Key words: defatted soybean grits, high-fat diet, cholesterol, lipid profiles

서 론

국민의 식생활에서 지방 섭취량의 증가로 인해 성인병 특히 심장병, 동맥경화, 고혈압 등 순환기계 질환이 점차 증가되고 있고, 이런 질환의 가장 위험한 인자로 혈청 콜레스테롤의 함량이 주목받고 있다(1). 우리가 섭취하는 식이지방의 양과 종류는 콜레스테롤과 지단백의 조절에 중요하게 작용한다. 즉 식이지방의 양은 혈장의 지질함량, 간에 콜레스테롤 축적, HMG-CoA reductase의 활성화와 LDL 조절에 영향을 미치며, 또한 식이지방의 형태는 간의 apoB/E 수용체 수의 결정에 관여한다(2,3). 체내 콜레스테롤 및 지질 대사에 미치는 식이성 요인에 대한 상대적인 중요성과 LDL-콜레스테롤 상승과 동맥경화 사이의 식이 변수에 관심이 고조되면서 콜레스테롤이 함유된 식품을 제한하고, 단백질과 섬유소 및 불포화 지방산이 많이 함유된 식품의 섭취를 권장하고 있다. 특히 식이중의 단백질은 혈중 콜레스테롤 함량을 저하시키는 효과가 있음이 확인되었으며, 대두 단백질의 경우 카제인보다 변으로의 담즙산 배설을 높여 체내 콜레스테롤을 감소시키는 효과

가 더 높다고 보고되고 있다(4-6).

대두는 양질의 단백질과 지방질은 물론 다양한 생리활성 물질을 포함하고 특히 대두 유래의 saponin, phytic acid, fiber, 난소활성 단백질 등이 담즙산 배설 증가, 콜레스테롤 대사 조절, 내분비계 조절 작용 등을 통하여 혈중 콜레스테롤 함량은 낮추는 효과가 보고되었으며(7,8), 또한 대두 단백질에 의한 LDL-receptor 활성화 증가도 혈중 콜레스테롤 및 LDL-콜레스테롤 저하에 기여한다고 보고되고 있다(7-9).

대두는 우리나라 국민이 가장 많이 섭취하는 두류로서 육류의 대체식품이나 영양공급원으로 다양하게 이용되고 있는 식품이며, 발효 제품, 발아제품, 기타 가공식품 등의 식품으로서 이용도가 높을 뿐 아니라 공업용, 의약품, 화장품, 비누 등의 원료로도 널리 이용되고 있다(10). 최근에는 새로운 단백질 식품의 소재로써 공업적으로 생산되고 있는 탈지대두박(defatted soybean flour), 농축대두단백(soybean protein concentrate), 분리대두단백(soybean protein isolate, SPI) 및 조직대두단백(textured soybean protein) 등의 이용도 증가하고 있다(11,12).

특히 defatted soybean flour는 대두유 제조로 생산되는 부산물인 탈지대두박을 아주 곱게 갈은 것(100 mesh 이하)이고, defatted soybean grits(DSG)는 탈지대두박을 분말보다 좀 더 큰 알갱이 형태로 제조한 것이다. Defatted soybean flour/grits는 외피를 제거한 대두로부터 만들어져 상대적으로 낮은 섬유소를 가지고, 높은 단백질 함량을 가지며, 지질 함량이 1% 이하의 대두단백 제품의 가장 간단한 형태라고 할 수 있다(13).

*Corresponding author: In-Seon Lee, Department of Food and Technology, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea
Tel: 82-53-580-5538

Fax: 82-53-580-5538

E-mail: inseon@kmu.ac.kr

Received July 22, 2008; revised September 5, 2008;

accepted September 8, 2008

따라서 본 연구에서는 60% 정도의 높은 단백질을 함유하는 DSG가 체내 지질대사 개선에 관여하는 지를 살펴보고자, 고지방 식이를 투여한 흰쥐에게 20% DSG를 공급하여 체중, 식이효율, 혈중 콜레스테롤 및 중성지질의 변화, 그리고 간 및 변내 지질함량 변화 등을 살펴보고, 또한 콜레스테롤 생합성의 주요 조절 효소인 HMG-CoA reductase 저해 활성을 살펴보았다.

재료 및 방법

시료, 실험동물 및 식이

시료인 DSG는 ADM사(Decatur, IL, USA)에서 구입하여 분말화하여 사용하였고, 그리고 DSG의 일반성분 분석은 AOAC 방법(14)으로 측정하였다.

실험동물은 분양받은 5주령(100-150 g)의 SD계 수컷 흰쥐 32마리를 구입하여 1주일 간 적응시킨 후 사용하였다. 흰쥐는 온도 23 ± 2°C, 습도 60±5%, 12시간 주기로 명암이 유지되는 사육실에서 사육하였다. 동물실험군은 기본식이군(Con군), 기본식이에 20% DSG를 첨가한 군(C20D군), 고지방 식이군(HF군), 고지방식이에 20% DSG를 첨가한 군(HF20D군)으로 나누어 4주간 사육하였으며, 특히 DSG의 첨가농도는 예비실험 결과를 토대로 20%로 결정하여 실험하였다. 각 군별 8마리의 흰쥐를 사용하였고, 고지방 식이는 10% lard, 1.0% cholesterol 그리고 0.25% sodium cholate를 기본 식이에 첨가하여 공급하였다. 실험식이의 조성은 Table 1과 같으며, 이때 물과 사료는 충분한 양을 공급하였다.

체중증가를 및 식이효율

실험 사육기간 중 1주일 간격으로 체중을 측정하여 최종 체중에서 실험 개시 체중을 감한 후 실험개시 전의 체중으로 나누어 체중증가율로 표시하였고, 또한 식이섭취량도 3일 간격으로 측정하였으며, 식이효율은 체중증가량을 식이섭취량으로 나누어 계산하였다.

실험동물의 혈액 및 장기 채취

흰쥐의 혈액 채취는 12시간 전에 식이 공급을 중단하여 절식시킨 흰쥐를 마취한 후 회복하여 해파린 처리된 주사기로 복부 대동맥으로 채혈하였으며, 채혈 후 실온에서 30분 동안 방치한 뒤 600×g에서 10분간 원심분리하여 그 상등액을 취하여 얻은 혈장은 -70°C에 보관하면서 혈액 분석에 사용하였다. 간, 신장, 비장 등의 장기는 채혈 후 즉시 떼어 생리식염수로 혈액을 씻은 후

Table 1. Composition of the diet (unit: %)

Ingredients	Diet			
	Con	C20D	HF	HF20D
Crude protein	22.12	22.12	22.12	22.12
Crude carbohydrate	55.67	55.67	55.67	55.67
Crude fat	4.06	4.06	4.06	4.06
Crude fiber	3.76	3.76	3.76	3.76
Mineral mixture	5.64	5.64	5.64	5.64
Lard	-	-	10.0	10.0
Cholesterol	-	-	1.0	1.0
Sodium cholate	-	-	0.25	0.25
DSG powder	-	20.0	-	20.0

Con, control group; C20D, control+20% DSG (defatted soybean grits); HF, high fat; HF20D, high fat+20% DSG groups

무게를 측정하였으며, -70°C에 보관하였다. 그리고 사육기간 마지막 3일간은 분변을 수집하여 건조시킨 후 냉동보관 하였다.

혈액, 간 조직 및 분변 중의 지질 분석

혈장 중의 중성지방은 중성지방 측정용 kit(AsanPharm, Seoul, Korea), 총콜레스테롤 함량은 총 콜레스테롤 측정용 kit(AsanPharm), HDL-콜레스테롤 함량은 HDL-콜레스테롤 측정용 kit(AsanPharm, Korea)를 각각 사용하여 측정하였다. LDL-콜레스테롤 함량은(총 콜레스테롤-HDL-콜레스테롤-(중성지질/5))으로 계산하였다. 그리고 간 조직내의 지질의 추출 및 분석은 Folch 등의 방법(15)을 수정, 보완하여 측정하였다. 즉 간 조직 0.5 g을 잘게 자른 후 10 mL의 Folch solution(chloroform:methanol, 2:1, v/v)을 첨가하여 지질을 추출, 여과한 다음 0.5% H₂SO₄ 3 mL를 첨가하여 분별깔대기에서 분리하였다. 분리된 하층을 모아 Folch solution을 첨가하여 총량이 10 mL이 되도록 맞춘 후, 이 추출액 10 µL를 취해 중성 지방 분석에 이용하였다. 그리고 간 콜레스테롤 분석은 10 mL 추출물중 500 µL을 새로운 tube에 넣어 하루 밤 동안 실온에서 건조시킨 후 50 µL Triton X-100/chloroform solution(1:1, v/v)을 첨가하여 vortex하고 다시 chloroform 450 µL을 넣어 총 500 µL가 되게 희석하여 사용하였다. 이들 추출액 10 µL를 각각 실온에서 건조시킨 후 효소 시약 1.5 mL를 넣고 37°C 항온수조에서 10분간 반응시켜 발색시킨 후, 콜레스테롤은 500 nm에서, 중성지질은 550 nm에서 각각 측정하였다. 또한 분변 중의 중성지방 및 콜레스테롤도 간 조직의 지질 추출 방법과 동일한 방법(15)으로 추출한 다음 정량하였다.

간내 HMG-CoA reductase 활성 분석

적출한 간조직 1 g당 4배량의 0.1 M potassium phosphate(pH 7.4)을 가한 후 마쇄하여 4°C 이하에서 600×g로 10분간 원심분리한 다음 상등액을 취해, 이를 10,000×g, 4°C에서 20분간 원심분리하여 상등액을 다시 105,000×g, 4°C 1시간 동안 초원심분리하여 침전물인 microsomal 분획을 얻어 사용하였다. HMG-CoA reductase 활성 측정은 Hulcher 및 Oleson의 방법(16)을 변형하여 사용하였다. 150 µM HMG-CoA와 2 mM NADPH를 500 µg microsome 분획과 잘 섞은 후 0.1 M triethanolamine, 0.02 M EDTA(pH 7.4) 완충용액으로 1 mL를 채우고 37°C에서 30분간 반응시켰다. 그 다음 0.01 M sodium arsenite 20 µL를 넣고 상온에서 1분 이상 반응시킨 후 100 µL의 2 M citrate(pH 3.5), 3% Na-tungstate 완충용액을 넣고 37°C에서 10분간 반응시켰다. 반응물을 13,000 rpm에서 10분간 4°C에서 원심분리한 후 상등액 1 mL에 200 µL의 2 M Tris(pH 10.6)와 100 µL 2 M Tris(pH 8.0)를 섞어 실온에서 3분간 반응 시킨 후 20 µL의 3 mM 5,5-dithiobis 2-nitrobenzoic acid(DTNB), 0.1 M triethanolamine, 0.2 M EDTA (pH 7.4) 완충용액을 넣고 잘 섞은 후 412 nm에서 4분간의 흡광도 변화를 측정하였다. 이때 효소활성도는 1분간 1 mg의 microsome 단백질이 생성하는 CoA-SH의 양을 nmole로 나타내었다. 그리고 단백질 정량은 Lowry 등의 방법(17)에 의하여 bovine serum albumin을 표준단백질 용액으로 이용한 표준 검량선을 구하여 그 양을 산출하였다.

통계분석

실험결과는 통계 처리하여 평균치와 표준편차를 계산하였으며, 각 실험군 간의 유의성 검정은 SAS program을 이용하여 5% 수준에서 Duncan's multiple range test를 이용하여 통계분석 하였다.

Table 2. Proximate analysis of DSG (unit: %)

Composition	DSG
Moisture	7.13
Protein	57
Carbohydrate	28
Fat	0
Crude fiber	0.98
Ash	6.26

Table 3. Effects of supplementation of DSG on body weight gain, food intake, and food efficiency ratio (FER) in rats fed with high fat diet for 4 weeks

Groups ¹⁾	Body weight gain (g/4 weeks)	Feed intake (g/day)	FER ²⁾ (gain/feed)
Con	165.5±4.58 ^b	23.59±1.93 ^{ns}	25.22±0.98 ^b
C20D	168.5±4.51 ^b	21.88±3.13	28.08±1.06 ^b
HF	187.0±5.51 ^a	21.16±1.77	31.79±1.32 ^a
HF20D	182.3±4.62 ^a	22.10±4.49	30.73±1.10 ^{ab}

¹⁾Con, control group; C20D, control+20% DSG; HF, high fat; HF20D, high fat+20% DSG groups.

High fat diet was composed of standard rat chow supplemented with 10% of lard, 1% of cholesterol, and 0.25% of sodium cholate.

²⁾FER: body weight gain/food intake×100

Values are expressed as mean±SD. Different superscripts in the same column indicate significant differences between groups at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

결과 및 고찰

시료의 일반성분 분석

DSG는 단백질 57 g, 탄수화물 28 g, 조섬유 0.98 g, 조회분 6.26 g이었고, 지질은 검출되지 않았다(Table 2). 이는 DSG는 높은 단백질 함량, 낮은 섬유소 함량을 가지며, 특히 지질 함량이 1% 이하의 공업적으로 생산되고 있는 대두단백 제품의 가장 간단한 형태중 하나임(13)을 알 수 있었다.

체중증가율, 식이효율 및 장기무게 변화

고지방식이와 DSG를 섭취시킨 흰쥐에 4주간의 체중증가율은 Table 3과 같이, 고지방식이군에 비해 고지방식이와 DSG 첨가군에서 체중이 감소하였으나 유의적인 차이는 보이지 않았으며, 식이효율의 경우에도 고지방식이군에 비해 고지방식이와 DSG 첨가군에서 체중증가량과 유사한 경향이었으며 유의적인 차이도 없었다. 카제인과 대두단백식을 섭취한 흰쥐에서 체중증가량과 식이효율이 각 군별 차이가 없었다는 보고(18)와 유사하게, 본 연구에서도 실험동물의 체중 증가와 식이효율이 실험식이의 영향을 받지 않은 것으로 생각된다. 한편 간의 무게는 고지방식이로 증가되었다가, 고지방식이와 DSG를 투여함으로써 유의적인 감소를 보였으나 신장 및 비장의 무게는 각 군별 차이를 보이지 않았다(Table 4). 지방 또는 콜레스테롤의 섭취에 의해 간 조직에서 지질대사 이상이 초래되어 지질의 침착에 의해 간의 무게가 증가하고 간에서의 지질과 콜레스테롤 함량이 증가한다는 보고(18)와 유사하게, 본 연구에서도 고지방식이군에서 간의 무게가 증가되었다가 DSG 처리에 의해 간 무게가 감소되어짐을 알 수 있었다.

혈장 지질 농도 변화

고지방식을 섭취시킨 흰쥐에 DSG를 첨가하여 사육한 다음 혈장 지질 농도의 변화를 살펴보았다. 먼저 혈장 중의 중성지질

Table 4. Effects of supplementation of DSG on liver, kidney, and spleen weights in rats fed with high fat diet for 4 weeks

Groups ¹⁾	Liver	Kidney	Spleen
	g/100g of body weight		
Con	3.09±0.34 ^c	0.70±0.06 ^{ns}	0.17±0.03 ^{ns}
C20D	5.31±0.41 ^b	0.68±0.08	0.26±0.06
HF	6.35±0.56 ^a	0.73±0.02	0.23±0.05
HF20D	5.36±0.39 ^b	0.73±0.08	0.22±0.05

¹⁾Con, control group; C20D, control+20% DSG; HF, high fat; HF20D, high fat+20% DSG groups

Values are expressed as mean±SD.

Different superscripts in the same column indicate significant differences between groups at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range tests.

은 콜레스테롤로 전환하는 비율이 높으며, 특히 중성지질은 콜레스테롤의 합성을 촉진시켜 혈중 콜레스테롤을 증가시키는(18) 것으로 알려져 있다. 혈장 중 중성지질의 함량은 고지방식이군과 고지방식이와 DSG 첨가군 및 각 군별 유의성 있는 차이를 보이지 않았다(Fig. 1A). 그러나 혈장 중 총콜레스테롤의 함량은 대조군에 비해 고지방식이군에서 총콜레스테롤의 함량이 유의적으로 증가하였고, 고지방식이군에 비해 고지방식이와 DSG 첨가군에서 총콜레스테롤 함량이 유의성 있는 감소를 보였다(Fig. 1B).

또한 혈장 중 LDL-콜레스테롤 함량도 고지방식이군에서 대조군에 비해 유의적으로 증가되었다가, 고지방식이와 DSG 첨가군에서 고지방식이군에 비해 LDL-콜레스테롤의 함량이 유의적으로 감소되었다(Fig. 1C).

반면 혈장중 HDL-콜레스테롤 함량은 대조군에 비해 고지방식이군에서 유의적으로 감소되었다가, 고지방식이와 DSG 첨가군의 경우 고지방식이군에 비해 HDL-콜레스테롤의 함량이 유의적으로 증가되었다(Fig. 1D). HDL-콜레스테롤은 말초조직이나 혈액 중에 축적된 콜레스테롤을 콜레스테롤 에스테르로 만들어 간으로 수송하여 혈액 중 콜레스테롤 함량을 저하시켜 동맥경화증의 개선 및 예방에 효과가 있다고 알려져 있으며, LDL-콜레스테롤 함량과 역상관 관계를 유지한다(2,18). 따라서 DSG가 고지방식에 의해 증가된 혈중 LDL-콜레스테롤 함량을 감소시키고 HDL-콜레스테롤의 함량은 증가시켜 고콜레스테롤증 예방에 관여할 것으로 기대된다.

또한 고콜레스테롤 쥐에 콩 단백질을 투여하면 혈장 콜레스테롤 농도를 낮추는 효과(19)가 있으며, 성장기 Wistar 쥐에 10% 대두단백 분획물을 급여하면 콜레스테롤이 감소하였다는 보고(20)와 유사하게 본 연구에서도 DSG 첨가군에서 혈액 콜레스테롤 함량이 감소하는 효과를 보였다. 이는 콩 단백질 중 soy peptides, globulins, isoflavones, saponin 등이 지질 저하 효과가 크다는 보고(21,22)와 관련이 있을 것으로 생각된다.

간 조직 내의 HMG-CoA reductase 저해 활성

간 내 HMG-CoA reductase는 콜레스테롤 생합성 과정에서 중요한 조절 효소로서, 이 효소의 저해는 세포 내에서 콜레스테롤 합성을 억제한다고 알려져 있다. HMG-CoA reductase 저해제는 혈중 콜레스테롤 특히 LDL 콜레스테롤을 가장 효과적으로 낮출 수 있는 hypocholesterolemic 약제로 널리 사용되고 있다(23). 일반적으로 HMG-CoA reductase 저해제가 혈장 총 콜레스테롤 및 LDL-콜레스테롤을 낮추는 기전은 간에서 HMG-CoA reductase의 활성을 억제하여 콜레스테롤 생합성을 억제함으로써 간의 LDL의 발현을 촉진시켜 혈중의 지질농도를 저하시킨다(24,25)고 한다.

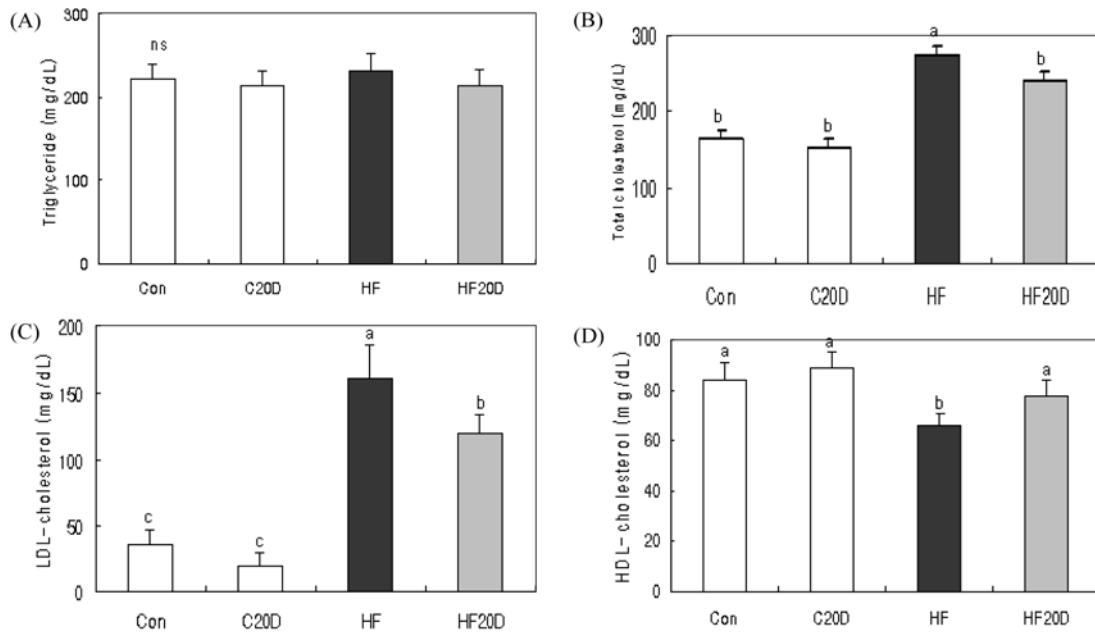


Fig. 1. Effects of supplementation of DSG on plasma lipid concentration levels in rats fed with high fat diet for 4 weeks. A, triglyceride; B, total cholesterol; C, LDL-cholesterol; D, HDL-cholesterol contents; Con, control group; C20D, control+20% DSG; HF, high fat; HF20D, high fat+20% DSG groups

Values are expressed as mean±SD. Different superscripts indicate significant differences between groups at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range tests.

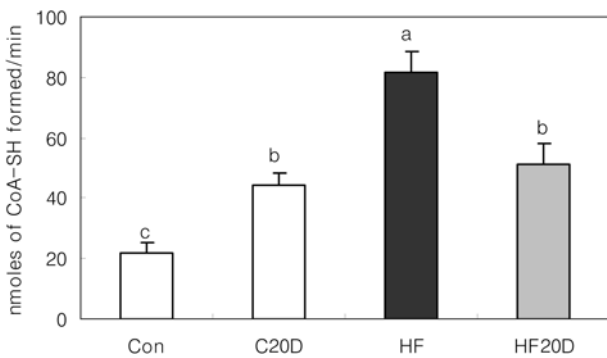


Fig. 2. Effect of supplementation of DSG on HMG-CoA reductase activity in rats fed with high fat diet for 4 weeks. Con, control group; C20D, control+20% DSG; HF, high fat; HF20D, high fat+20% DSG groups

The values are mean±S.D. Different superscripts indicate significant differences between groups at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range tests.

HMG-CoA reductase 활성은 고지방식이군에서 크게 증가되었다가, 고지방식이와 DSG 첨가군에서 유의성 있게 감소되었다(Fig. 2). 고지방식이군의 HMG-CoA reductase 활성의 증가는 고콜레스테롤 식이에 의한 결과로 생각되고, DSG 첨가에 의해 혈중 콜레스테롤의 함량이 감소하는 것은 DSG 성분이 내인성 콜레스테롤 합성의 중요한 효소인 HMG-CoA reductase의 활성을 저해하여 나타난 결과로 생각된다.

간 조직의 지질 농도 변화

고지방 또는 콜레스테롤의 섭취에 의해 간 조직에서 지질대사가 이상이 초래되어 지질의 침착에 의해 간의 무게가 증가하고 간에서의 지질과 콜레스테롤 함량이 증가한다고(18) 알려져 있다.

Table 5. Effects of supplementation of DSG on hepatic lipid levels in rats fed with high fat diet for 4 weeks

Group ¹⁾	Total lipid (mg/dL)	Total cholesterol (mg/dL)	Triglyceride (mg/dL)
Con	51.6±9.69 ^c	18.8±3.67 ^b	24.8±7.80 ^c
C20D	53.5±8.23 ^c	20.7±4.51 ^b	26.1±6.31 ^c
HF	180.6±19.1 ^a	55.6±7.59 ^a	54.5±5.56 ^a
HF20D	115.0±17.1 ^b	53.4±8.27 ^a	41.1±6.63 ^b

¹⁾Con, control group; C20D, control+20% DSG; HF, high fat; HF20D, high fat+20% DSG groups

Values are expressed as mean±SD. Different superscripts in the same column indicate significant differences between groups at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range tests

간 조직 내의 총 지질 및 중성지질 함량의 경우 고지방식이군에서 증가하였다가, DSG 투여로 인해서 고지방식이군에 비해 이들 지질 농도가 유의성 있는 감소를 보였다(Table 5). 그러나 총 콜레스테롤 함량은 대조군에 비해 고지방식이군에서 유의적으로 증가하였으나, DSG 투여로 인해서 고지방식이군에 비해 이들 지질 농도가 감소하였으나 유의성은 없었다. 이는 대두단백 가수분해물 투여군에서 간의 중성지질은 낮추었지만 간의 콜레스테롤 함량은 유의성 있는 차이가 없었다는 보고(8)와 유사한 경향이였다. 따라서 DSG가 간의 콜레스테롤 및 중성지질 축적을 다소 억제한 것은 DSG가 HMG-CoA reductase 활성을 조절하여 간의 콜레스테롤 합성이 감소된 것으로 생각된다(11,26).

분변의 지질 농도에 미치는 영향

분변으로 총 지질 및 총 콜레스테롤 배설량은 고지방식이군에 비해 고지방식이와 DSG 첨가군에서 총 지질 배설량은 감소되었으며, 총 콜레스테롤 및 중성지질 배설량은 증가하였으나 유의적

Table 6. Effects of supplementation of DSG on fecal lipid levels in rats fed with high fat diet for 4 weeks

Group ¹⁾	Total lipid (mg/dL)	TC (mg/dL)	TG (mg/dL)
Con	350.6±19.2 ^c	66.9±11.17 ^b	198.6±18.2 ^a
C20D	350.5±16.3 ^c	67.6±12.17 ^b	190.7±17.4 ^{ab}
HF	600.7±30.1 ^a	104.7±11.2 ^a	153.3±20.8 ^b
HF20D	550.1±27.0 ^d	113.2±12.0 ^d	186.8±29.6 ^{ab}

¹⁾Con, control group; C20D, control+20% DSG; HF, high fat; HF20D, high fat+20% DSG groups

Values are expressed as mean±SD. Different superscripts in the same column indicate significant differences between groups at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range tests.

인 차이는 보이지 않았다(Table 6). 즉 고지방식이에 DSG를 투여함으로써 고지방식이군에 비해 변으로의 총 콜레스테롤 및 중성지질의 배설량이 증가하였다. 분리대두단백 섭취군에서 분변으로의 중성지방의 배설이 높아졌다는 보고(12)와 유사하게 DSG 처리군에서 분변으로의 지질배설량이 증가함을 알 수 있었다. 특히 대두단백질이 체내에서 가수분해 될 때 생성되는 peptides가 담즙산 배설을 촉진시키고, 또한 대두 단백질의 혈청 콜레스테롤 감소 효과는 변으로의 총 콜레스테롤 배설량 증가(27)와 관련 있을 것으로 생각된다. 따라서 DSG는 체내 콜레스테롤 및 중성지질의 함량을 조절하여 체내 지질대사 개선에 관여할 수 있는 소재로 생각된다.

요 약

DSG가 고지방식이를 급여한 흰쥐의 체내 지질대사 개선에 미치는 영향을 살펴보고자, 기본식이군, DSG 첨가군, 고지방식이군 그리고 고지방식이와 DSG 첨가군으로 각각 나누어 4주간 사육하였다. 그 결과, 혈장 내 총 콜레스테롤, LDL-콜레스테롤 함량은 고지방식이군에서 증가하였다가 고지방식이와 DSG 첨가군에서 유의적으로 감소하였고, HDL-콜레스테롤 함량은 고지방식이군에서 감소되었다가 고지방식이와 DSG 첨가군에서 유의적인 증가를 보였다. 간 조직 내의 총 지질, 총 콜레스테롤 및 중성지질 함량은 DSG 투여로 인해서 고지방식이군에 비해 감소되었고, 분변 내의 콜레스테롤 및 중성지질 배설량은 DSG 투여로 인해서 고지방식이군에 비해 증가하였다. 또한 간 내 HMG-CoA reductase 활성은 고지방식이군에서 증가되었다가, 고지방식이와 DSG 첨가군에서 유의성 있게 감소되었다. 따라서 DSG는 혈중 콜레스테롤 함량, 조직 내의 지질 및 콜레스테롤 축적을 감소시켜 체내 콜레스테롤 개선에 효과적인 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업 및 지식경제부 지원 계명대학교 전통미생물자원개발 및 산업화연구센터의 지원으로 수행되었음에 감사드립니다.

문 헌

1. Austin MA, Hokanson JE, Edwards KL. Hypertriglyceridemia as a cardiovascular risk factor. *Am. J. Cardiol.* 81: 7B-12B (1998)
2. Fernandez ML, McNamara DJ. Regulation of cholesterol and lipo-

- protein metabolism in guinea pigs mediated by dietary fat quality and quantity. *J. Nutr.* 121: 934-943 (1991)
3. Wang W, de Mejia EG. A new frontier in soy bioactive peptides that may prevent age-related chronic diseases. *Compr. Rev. Food Sci. F.* 4: 63-78 (2005)
4. Potter SM. Overview of proposed mechanisms for the hypocholesterolemic effect of soy. *J. Nutr.* 125: 606-611 (1995)
5. Liyange R, Han KH, Watanabe S, Shimada K, Sekikawa M, Ohiba K, Tokuji Y, Ohnishi M, Shibuya S, Nakamori T, Fukushima M. Potato and soy peptide diets modulate lipid metabolism in rats. *Biosci. Biotech. Biochem.* 72: 943-950 (2008)
6. Wilson TA, Orthoefer F, Nicolosi RJ. Soy protein concentrate lowers serum high-density lipoprotein cholesterol concentrations compared with casein in ovariectomized rats fed a low-fat, cholesterol-free diet. *Nutr. Res.* 27: 417-422 (2007)
7. Velasquez MT, Bhatena SJ. Role of dietary soy protein in obesity. *Int. J. Med. Sci.* 4: 72-82 (2007)
8. Han YH, Park SK, Kim HY. Effect of soy protein hydrolyzate on lipid metabolism and antioxidant activity in the rat. *Korean J. Nutr.* 41: 119-126 (2008)
9. Zhong F, Liu J, Ma J, Shoemaker CF. Preparation of hypocholesterolemic peptides from soy protein and their hypocholesterolemic effect in mice. *Food Res. Int.* 40: 661-667 (2007)
10. Yoon HH, Jeon EJ. Functional properties of soy protein isolate from heat treated soybean. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 28-43 (2004)
11. Gibbs BF, Zougman A, Masse R, Mulligan C. Production and characterization of bioactive peptides from soy hydrolysate and soy-fermented food. *Food Res. Int.* 37: 123-131 (2004)
12. Shin JH, Lee SK, Sim JH, Kim SK, Baek YJ. The change of rheological properties of nutritional beverage base by the soy protein isolate. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 638-643 (1999)
13. Bairy EM, Tosh SM, Corredig M, Poysa V, Woodrow L. Varietal differences of carbohydrates in defatted soybean flour and soy protein isolate by-products. *Carbohydr. Polym.* 72: 664-672 (2008)
14. AOAC. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington DC, USA. pp. 615-656 (2000)
15. Folch J, Lees M, Sloan-Stanley GH. A simple method for isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226: 497-509 (1957)
16. Hulcher FH, Oleson WH. Simplified spectrophotometric assay for microsomal 3-hydroxy-3-methylglutaryl-CoA reductase by measurement of coenzyme A. *J. Lipid Res.* 14: 625-631 (1973)
17. Lowry OH, Rosebrough NH, Farr AL, Randall RJ. Protein measurement with folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 193: 265-275 (1951)
18. Lee HJ. Effects of dietary casein, soy protein and mixed protein on body lipid components of rats. MS Thesis. Sung-shin Women's University, Seoul, Korea (1986)
19. Demonty I, Lamarche B, Deshaies Y, Jacques H. Role of soy isoflavones in the hypotriglyceridemic effect of soy protein in the rat. *J. Nutr. Biochem.* 13: 671-677 (2002)
20. Kim MJ, Lee MK, Jang JY, Kim DG. Effect of protein in diet-induced hypercholesterolemia rats. *Korean J. Food Nutr.* 10: 246-253 (1997)
21. Chen JR, Chiou SF, Suetsuna K, Yang HY, Yang SC. Lipid metabolism in hypocholesterolemic rats affected by feeding cholesterol-free diets containing different amounts of non dialyzed soybean protein fraction. *Nutrition.* 19: 676-680 (2003)
22. Potter SM, Baum JA, Teng H, Stillman RJ, Shay NF, Erdman JW. Soy protein and isoflavones: their effects on blood lipids and bone density in postmenopausal women. *Am. J. Clin. Nutr.* 68: 1375s-1379s (1998)
23. Fujioka T, Nara F, Tsujita Y, Fukushima J, Fukami M, Kuroda M. The mechanism of lack of hypocholesterolemic effects of pravastatin sodium, a 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme A reductase inhibitor in rats. *Biochim. Biophys. Acta* 1254: 7-12 (1995)
24. Terpstra AH, Van Tintelen G, West CE. The hypocholesterolemic effects of dietary soy protein in rats. *J. Nutr.* 112: 810-817 (1982)
25. Song YS, Kwon TW. Hypocholesterolemic effect of soybean and soy products. *Food Ind. Nutr.* 5: 36-41 (2000)

26. Balmir F, Stack R, Jeffrey E, Jimenez MD, Wang L, Potter SM. An extract of soy flour influences serum cholesterol and thyroid hormones in rats and hamsters. *J. Nutr.* 126: 3046-3053 (1996)
27. Iwai K, Nakaya N, Kawasaki Y, Matsue H. Antioxidative function of *natto*, a kind of fermented soybeans: effect on LDL oxidation and lipid metabolism in cholesterol-fed rats. *J. Agr. Food Chem.* 50: 3597-3601 (2002)