

## 함유황아미노산이 지질대사에 미치는 영향

박정로<sup>†</sup> · 최성희\*

순천대학교 식품영양학과

\*일리노이주립대 육학실험실

## Effects of Sulfur-Containing Amino Acids on Lipid Metabolism in Rats

Jeong-Ro Park<sup>†</sup> and Seong-Hee Choi\*

Dept. of Food and Nutrition, Sunchon National University, Suncheon 540-742, Korea

\*Meat Science Laboratory, University of Illinois, Urbana, IL 61801, U.S.A.

### Abstract

The effect of sulfur-containing amino acids on lipid metabolism was studied in rats fed casein as a protein source. Plasma cholesterol, HDL-cholesterol and atherosclerotic index decreased in the cysteine group compared to the methionine group. Plasma triglyceride and phospholipid levels were not affected by the supplementation of the sulfur-containing amino acids. The levels of cholesterol and triglyceride in liver decreased by both methionine and cysteine. Cysteine increased the fecal excretion of coprostanol, total neutral steroid and bile acid. The results suggest that plasma cholesterol level is affected by dietary ratio of cysteine/methionine and that the hypocholesterolemic effect of cysteine is, at least in part, through reducing cholesterol absorption from small intestine and through enhancing fecal excretion of bile acids.

Key words : methionine, cysteine, cholesterol, fecal steroid

### 서 론

동맥경화 및 관상심장혈관계 질환은 구미 선진국에 있어 가장 큰 사망 원인으로 보고되고 있고, 우리나라에서도 심근경색, 뇌혈전 및 동맥경화 등과 같은 순환기계 성인질환이 점차 증가하고 있는 실정이다(1). 심장순환기계 질환의 유발요인으로서 유전적인 요소, 고지혈증, 흡연, 당뇨병, 비만, 운동부족 및 정신적 스트레스 등 여러가지 복합적인 인자들이 작용하며, 그 중에서도 혈액 중의 cholesterol 농도, 특히 HDL-cholesterol 농도의 감소와 LDL-cholesterol 농도의 증가가 주요한 위험인자로 알려져 있다(2-5). 따라서 동맥경화 및 관상심장 혈관계 질환의 예방과 치료를 위해 혈장 cholesterol 농도를 낮은 수준으로 유지하는 것이 중요하며, 이를 위해 육류 등 cholesterol을 다량 함유하는 식품의 섭취를 제한하고 각종 섬유소와 불포화지방산 등이 많이 함유된 식품의 섭취를 권장하고 있다. 그 결과 단백질 섭

취의 질적 변화와 그에 따른 섭취 아미노산 구성의 변화를 함께 가져오고 있다. 그러므로 아미노산 조성이 지질대사에 미치는 영향에 관하여 많은 연구가 필요하고, 이러한 연구 결과는 동맥경화 및 관상심장혈관계 질환의 예방과 치료를 위한 식이요법적 지침에 필수적이라 사료된다.

실험동물 및 사람을 대상으로 한 연구보고들에 의하면 식물성 대두단백질의 섭취는 동물성 우유단백질 카제인의 섭취와 비교하여 혈중 cholesterol 함량을 낮춘다(6-9). 이러한 대두단백질의 혈중 cholesterol 감소 효과는 대두단백질과 카제인의 아미노산 조성으로 순수 아미노산을 배합하여 질소원으로 공급했을 때에도 유사한 결과를 보이므로 결국 혈중 cholesterol 농도는 섭취하는 음식물의 아미노산 조성에 의해 큰 영향을 받는다고 할 수 있다(10-12). 그러나 어떠한 아미노산들이 얼마의 양으로 이러한 효과에 관여하는지는 더욱 연구가 필요하다.

대두단백질과 카제인의 아미노산 조성 중 두드러진 차이는 함유아미노산(methionine, cystine)의 상대 비율

<sup>†</sup>To whom all correspondence should be addressed

로서 대두단백질에는 methionine에 비해 cystine의 함량이 약간 높아 cystine/methionine 비율이 1.1인 반면 카제인에는 methionine의 함량이 훨씬 높아 cystine/methionine 비율이 0.17 밖에 되지 않는다(13). 그러므로 본 연구에서는 식이 중 합유황아미노산이 비율이 혈액과 간의 cholesterol을 비롯한 지질 함량 및 배변을 통한 cholesterol과 담즙산의 배설에 미치는 영향을 살펴보고자 하였다.

재료 및 방법

실험동물

생후 3주령된 웅성 Sprague Dawley 흰쥐를 기본식이(Table 1)로 1주일 예비사육하여 적응시킨 후 5 마리씩 4군으로 나누어 4주간 실험식이(Table 2)로 분리 사육하였다. 예비사육 및 실험사육 기간 중 물과 사료는 자유로이 섭취시켰으며, 식이 섭취량은 매일 식이 잔량을 측정하여 산출하였다. 체중은 1주일에 한번씩 측정하였다.

실험사육 종료시 채혈은 12시간 절식시킨 후 에테르 마취하에 심장채혈법으로 채혈하였다. 혈액은 EDTA(1mg/ml)로 처리하여 1시간 빙수 중에 방치시킨 후 500×g에서 15분간 원심분리하여 혈장을 취하여 실험에 사용하였다. 간은 혈액채취 후 즉시 적출하여 0.9% 생리식염수로 씻은 다음 여과지로 물기를 제거하여 중량을 측정한 후 -20°C에 보관하여 사용하였다. 분은 실험 종료 전 3일간 채취하여 냉동보관하여 사용하였다.

Table 1. Composition of basal diet

Ingredient	%
Corn starch	49.8
Sucrose	10
Casein	20
Corn oil	10
Alphacel	5
Cholesterol	0.5
Choline bitartrate	0.2
Mineral <sup>1)</sup>	3.5
Vitamin <sup>2)</sup>	1

<sup>1)</sup>AIN76™ mineral mix

<sup>2)</sup>AIN76A™ vitamin mix

Table 2. Composition of experimental diet

Group	Diet
Control	Basal diet
Met(0.3)	Basal diet+L-Methionine 0.3%
Cys(0.3)	Basal diet+L-Cysteine 0.3%
Cys(0.6)	Basal diet+L-Cysteine 0.6%

지질성분의 분석

혈장 total cholesterol, free cholesterol, triglyceride 및 phospholipid 함량은 효소법에 의해 kit시약(Eiken Chemical Co., LTD., Tokyo, Japan)으로 분석하였다. Cholesteryl ester 함량은 total cholesterol 함량에서 free cholesterol 함량을 감하여 산출하였다. 혈장 HDL-cholesterol은 phosphotungstate-MgCl<sub>2</sub>(14)에 의해 β-lipoprotein을 침전시킨 후 효소법(15)으로 측정하였으며, LDL-cholesterol 함량은 total cholesterol에서 HDL-cholesterol을 감하여 산출하였다. 간의 total cholesterol, free cholesterol, triglyceride 및 phospholipid 함량은 Folch 방법으로(16) 지질을 추출한 후 효소법에 의해 kit시약(Eiken Chemical Co., LTD., Tokyo, Japan)으로 분석하였다. 이때 효소시약을 가하기 전 지질을 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-free dioxane-isopropanol(1 : 1, v/v)에 용해시켰다(17).

분종 cholesterol 및 담즙산의 분석

분 중 neutral steroids 및 담즙산은 Miettinen 등(18)과 Grundy 등(19)의 방법에 의해 추출하여 methylation과 silylation 과정을 거쳐 gas chromatography 방법으로 측정하였다(20). 사용된 column은 HP-1 (cross-linked methyl silicone, 25m×0.32mm×0.17μm)로서, column 온도는 180°C에서 5분간 정체 후 10°C/min로 250°C 까지 상승하여 다시 2°C/min로 280°C 까지 상승시켰다. 시료 중의 cholesterol 및 담즙산은 표준 neutral 및 acidic sterol 의 정체 시간과 비교하여 동정하였다.

통계처리

실험군 간의 유의성은 SAS program(SAS Institute Inc., Cary, NC., USA)을 이용하여 p<0.05 수준에서 Fisher's Least Significant Difference test(21)를 통하여 검정하였다.

결과 및 고찰

식이섭취량, 체중증가량, 식이효율 및 간 중량

카제인 기본식이에 methionine(0.3%)과 cysteine(0.3%, 0.6%)을 각각 첨가한 실험식으로 4주간 사육한 흰쥐의 식이 섭취량, 체중 증가량, 식이효율 및 간 중량은 Table 3과 같다. Methionine과 cysteine을 첨가한 실험군은 대조군에 비해 식이 섭취량 및 증체량이 약간 감소하였지만 유의적인 차이는 보이지 않았다. 간 중량도 체중 증가량과 같이 methionine과 cysteine 섭취군에서 약

Table 3. Food intake, weight gain, food efficiency ratio and liver weight of rats fed the experimental diets for 4 weeks<sup>a)</sup>

Group	Food intake (g/day)	Weight gain (g/day)	FER	Liver weight (g)
Control	16.1 ± 0.9 <sup>a</sup>	4.0 ± 0.3 <sup>a</sup>	0.25 ± 0.02 <sup>a</sup>	7.9 ± 0.4 <sup>a</sup>
Met (0.3)	14.9 ± 0.9 <sup>a</sup>	3.7 ± 0.2 <sup>a</sup>	0.25 ± 0.02 <sup>a</sup>	7.2 ± 0.8 <sup>a</sup>
Cys (0.3)	15.7 ± 1.4 <sup>a</sup>	4.0 ± 0.3 <sup>a</sup>	0.25 ± 0.01 <sup>a</sup>	7.5 ± 0.8 <sup>a</sup>
Cys (0.6)	15.2 ± 1.3 <sup>a</sup>	3.8 ± 0.5 <sup>a</sup>	0.25 ± 0.02 <sup>a</sup>	7.4 ± 1.0 <sup>a</sup>

<sup>a)</sup>Mean ± STD (n=5). <sup>a)</sup>Means in the same column sharing a common superscript letter(s) are not significantly different (p > 0.05)  
FER : Food efficiency ratio (weight gain / food intake)

Table 4. Effects of sulfur-containing amino acids on plasma total cholesterol, free cholesterol, cholesteryl ester and cholesteryl ester ratio in rats<sup>a)</sup>

Group	TC (mg/dl)	FC (mg/dl)	CE (mg/dl)	CE ratio (CE/TC × 100)
Control	104.1 ± 5.7 <sup>ab</sup>	21.1 ± 4.7 <sup>ab</sup>	83.0 ± 4.9 <sup>ab</sup>	79.8 ± 3.8 <sup>ab</sup>
Met (0.3)	111.8 ± 9.7 <sup>a</sup>	19.6 ± 3.5 <sup>a</sup>	92.2 ± 7.8 <sup>a</sup>	82.4 ± 2.4 <sup>a</sup>
Cys (0.3)	103.5 ± 12.3 <sup>ab</sup>	22.8 ± 2.9 <sup>ab</sup>	80.7 ± 9.5 <sup>ab</sup>	78.0 ± 0.8 <sup>b</sup>
Cys (0.6)	95.8 ± 6.4 <sup>b</sup>	25.1 ± 4.4 <sup>b</sup>	70.7 ± 3.5 <sup>b</sup>	73.9 ± 3.2 <sup>c</sup>

<sup>a)</sup>Mean ± STD (n=5). <sup>ab)</sup>Means in the same column sharing a common superscript letter (s) are not significantly different (p > 0.05)  
TC : Total cholesterol FC : Free cholesterol CE : Cholesteryl ester

간 감소하였으나 유의적인 차이는 없었다.

#### 혈장지질

혈장 total cholesterol은 methionine 첨가 식이군에서 111.8mg/dl로 가장 높고 cysteine 0.6%군에서 95.8mg/dl로 가장 낮았다 (Table 4). 이러한 결과는 cysteine은 혈중 cholesterol의 감소를, 그리고 methionine은 이의 증가를 유발한다는 보고들과 (22-25) 일치하는 것으로서 혈장 cholesterol 농도가 섭취 단백질의 함유황아미노산 조성에 의해 영향을 받음을 보여준다.

보고에 의하면 식물성 대두단백질의 섭취는 동물성 우유단백질 카제인의 섭취와 비교하여 혈중 cholesterol 함량을 낮춘다 (6-9). 이러한 대두단백질의 혈중 cholesterol 감소 효과는 대두단백질과 카제인의 아미노산 조성으로 순수아미노산을 배합하여 질소원으로 공급했을 때에도 유사한 결과를 보이므로 결국 혈중 cholesterol 농도는 섭취하는 단백질의 아미노산 조성에 의해 영향을 받는다고 사료된다 (10-12).

대두단백질과 카제인의 아미노산 조성 중 두드러진 차이의 하나는 함유황아미노산 (methionine, cysteine)의 상대 비율로서, 대두단백질에는 methionine에 비해 cysteine의 함량이 약간 높아 cysteine/methionine 비율이 1.1 인 반면 카제인에는 methionine의 함량이 훨씬 높아 cysteine/methionine 비율이 0.17 밖에 되지 않는다 (13). 본 실험에서 cysteine 0.6%군은 식이 중 cysteine/methionine 비율이 대두단백질 수준으로 조정된 군으로서, methio-

Table 5. Effects of sulfur-containing amino acids on plasma HDL-cholesterol, LDL-cholesterol and atherosclerotic index in rats<sup>a)</sup>

Group	HDLCH (mg/dl)	LDLCH (mg/dl)	AI
Control	32.9 ± 4.2 <sup>b</sup>	71.2 ± 5.0 <sup>a</sup>	2.21 ± 0.36 <sup>ab</sup>
Met (0.3)	31.0 ± 8.1 <sup>a</sup>	80.9 ± 9.5 <sup>a</sup>	2.73 ± 0.49 <sup>a</sup>
Cys (0.3)	31.2 ± 2.6 <sup>b</sup>	72.3 ± 13.6 <sup>ab</sup>	2.36 ± 0.57 <sup>ab</sup>
Cys (0.6)	33.1 ± 6.0 <sup>a</sup>	62.7 ± 6.3 <sup>b</sup>	1.96 ± 0.41 <sup>b</sup>

<sup>a)</sup>Mean ± STD (n=5). <sup>ab)</sup>Means in the same column sharing a common superscript letter (s) are not significantly different (p > 0.05)  
HDLCH : HDL cholesterol, LDLCH : LDL cholesterol (total cholesterol - HDLCH), AI : Atherosclerotic index (LDLCH/HDLCH)

nine을 첨가한 군에 비하여 혈장 cholesterol을 감소시키는 결과를 보였다. 이는 대두단백질이 casein에 비하여 혈장 cholesterol 저하 효과가 있음이 이들 두 단백질의 아미노산 조성 중 cysteine/methionine 비율의 차이에 일부 기인한다는 것을 시사해 준다.

Methionine과 cysteine 식이비율은 혈장 free cholesterol과 cholesteryl ester의 함량에도 영향을 미쳐, methionine 식이군은 free cholesterol에 비해 cholesteryl ester의 함량을 증가시켜 cholesteryl ester 비율이 증가되었고, cysteine 식이군은 free cholesterol을 약간 증가시키는 반면 cholesteryl ester를 감소시켜 cholesteryl ester 비율의 유의적 감소를 보였다 (Table 4).

혈장 HDL-cholesterol 함량은 실험군간에 유의적인 차이가 없었으나, LDL-cholesterol은 methionine군에서 가장 높았고 cysteine 0.6%군에서 가장 낮았다 (Table 5).

이에 따라 동맥경화지수도 methionine군에서 2.73으로 가장 높고 cysteine 0.6%군에서 1.96으로 가장 낮아 식이 단백질의 cysteine/methionine 비율이 혈장 지질 개선에도 영향을 주는 것으로 사료된다.

혈장 triglyceride와 phospholipid 함량은 식이 중 methionine이나 cysteine 첨가로 인해 유의적인 변화가 없었다 (Table 6).

간지질

간 중의 지질 함량을 측정한 결과 (Table 7), methionine과 cysteine 첨가식은 간조직의 total cholesterol, free cholesterol, cholesteryl ester 및 triglyceride 함량을

감소시켰다. Phospholipid 함량도 methionine과 cysteine에 의해 감소하는 경향은 보였으나 유의적인 차이는 없었다.

Cholesterol 및 담즙산 배설

Table 8에서와 같이 분으로 배설되는 cholesterol, cholestanol 및 coprostanone 양은 대조군과 실험군 간에 유의적인 차이가 없었으나, coprostanol과 총 neutral sterol 배설량은 cysteine 첨가 식이군에서 유의적인 증가를 보였다. Cysteine의 식이첨가에 의해 총 neutral steroid 배설이 증가하는 것으로 보아 cysteine (또는 cysteine/methionine 비율)은 소장에서의 cholesterol의 흡수율을 낮추는 것으로 사료된다. Cholesterol의 주요 흡수 부위는 소장의 윗부분이며 대장에서의 흡수는 매우 미미한 것으로 알려져 있다 (26). Cholesterol의 대사물질인 coprostanol들은 미생물들에 의하여 대장의 cecum 부분에서 형성되는 것으로 장내에서 흡수되지 않고 배설된다 (27, 28). Cysteine의 식이첨가에 의해 coprostanol 배설이 증가하는 것으로 보아 cysteine은 cecum에서 cholesterol로부터 coprostanol을 형성하는 미생물의 생육을 증진시키는 것으로 보인다.

Table 6. Effects of methionine and cysteine on plasma contents of triglyceride and phospholipid<sup>1)</sup> (mg/dl)

Group	TG	PL
Control	46.4 ± 12.3 <sup>a</sup>	126.2 ± 3.6 <sup>a</sup>
Met (0.3)	50.9 ± 7.7 <sup>a</sup>	121.1 ± 14.1 <sup>a</sup>
Cys (0.3)	62.1 ± 7.0 <sup>a</sup>	119.5 ± 8.7 <sup>a</sup>
Cys (0.6)	56.4 ± 7.6 <sup>a</sup>	130.5 ± 15.1 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Mean ± STD (n=5). <sup>a)</sup>Means in the same column sharing a common superscript letter (s) are not significantly different (p>0.05)  
TG : triglyceride PL : phospholipid

Table 7. Concentrations of liver lipids in rats fed the experimental diets<sup>1)</sup>

Group	TC	FC	CE	TG	PL
Control	24.0 ± 5.8 <sup>a</sup>	3.28 ± 0.80 <sup>a</sup>	20.7 ± 5.0 <sup>a</sup>	75.7 ± 8.9 <sup>a</sup>	29.2 ± 2.7 <sup>a</sup>
Met (0.3)	18.8 ± 3.8 <sup>ab</sup>	2.12 ± 0.23 <sup>b</sup>	16.6 ± 3.6 <sup>ab</sup>	61.9 ± 5.6 <sup>b</sup>	27.0 ± 4.5 <sup>b</sup>
Cys (0.3)	18.1 ± 6.6 <sup>ab</sup>	2.37 ± 1.05 <sup>ab</sup>	15.7 ± 5.7 <sup>ab</sup>	60.1 ± 7.3 <sup>b</sup>	25.6 ± 3.0 <sup>b</sup>
Cys (0.6)	15.4 ± 4.8 <sup>b</sup>	2.50 ± 1.11 <sup>ab</sup>	12.9 ± 3.8 <sup>b</sup>	59.8 ± 8.1 <sup>b</sup>	25.4 ± 4.2 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Mean ± STD (n=5). <sup>ab)</sup>Means in the same column sharing a common superscript letter (s) are not significantly different (p>0.05)  
TC : Total cholesterol FC : Free cholesterol CE : Cholesteryl ester TG : Triglyceride PL : Phospholipid

Table 8. Fecal excretion of neutral sterols<sup>1)</sup>

Group	Cholesterol	Coprostanone	Coprostanol	Cholestanol	Total
Control	17.2 ± 1.6 <sup>a</sup>	7.2 ± 1.6 <sup>a</sup>	0.9 ± 0.3 <sup>a</sup>	2.0 ± 0.3 <sup>a</sup>	27.3 ± 2.6 <sup>ab</sup>
Met (0.3)	17.8 ± 1.7 <sup>a</sup>	5.8 ± 1.3 <sup>a</sup>	0.6 ± 0.3 <sup>a</sup>	2.1 ± 0.2 <sup>a</sup>	26.3 ± 2.5 <sup>a</sup>
Cys (0.3)	19.3 ± 2.9 <sup>a</sup>	5.2 ± 1.4 <sup>a</sup>	2.5 ± 0.6 <sup>b</sup>	2.0 ± 0.5 <sup>a</sup>	29.0 ± 2.9 <sup>ab</sup>
Cys (0.6)	18.7 ± 2.4 <sup>a</sup>	6.8 ± 1.4 <sup>a</sup>	3.7 ± 0.7 <sup>c</sup>	1.8 ± 0.2 <sup>a</sup>	31.0 ± 2.3 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Mean ± STD (mg/day, n=5). <sup>ab)</sup>Means in the same column sharing a common superscript letter (s) are not significantly different (p>0.05)

Table 9. Fecal excretion of bile acids<sup>1)</sup>

Group	LC	HDC	UDC	DC	CDC	C	HC	Total
Control	0.56	0.50	0.01	0.13	0.39	0.09	0.61	2.30 <sup>a</sup>
Met (0.3)	0.76	0.56	0.08	0.32	0.28	0.05	1.26	3.31 <sup>ab</sup>
Cys (0.3)	0.73	0.20	0.08	0.20	0.62	0.13	1.04	2.99 <sup>ab</sup>
Cys (0.6)	0.71	0.80	0.06	0.23	0.77	0.10	1.68	4.35 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>mg/day. Mean of 5 rats. <sup>ab)</sup>Means in the same column sharing a common superscript letter (s) are not significantly different (p>0.05)  
LC : Lithocholic acid HDC : Hyodeoxycholic acid UDC : Ursodeoxycholic acid  
DC : Deoxycholic acid C : Cholic acid HC : Hyocholic acid

분으로 배설되는 담즙산은 methionine과 cysteine 0.3%군에서 약간의 증가를 보였고, cysteine 0.6%군에서는 유의적인 증가를 나타냈다. 따라서 cysteine의 혈장 cholesterol 감소효과는 담즙산 배설의 증가에 일부 기인하는 것으로 사료되며, 이는 대두단백질이 casein에 비하여 담즙산 분비를 증가시키는 것 (29)과 유사하다. 본 실험의 결과로 cysteine에 의한 담즙산 분비 증가의 기전은 밝혀지지 않았지만, cysteine은 glutamic acid 및 glycine과 함께 glutathione의 구성물질로서 조직의 glutathione 함량은 식이 중 cysteine/methionine 비율에 영향을 받는다 (30,31). 또한 glutathione은 담즙산 형성의 rate-limiting 효소인  $7\alpha$ -hydroxylase 활성화에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다 (32-35). 따라서 cysteine에 의한 혈장 cholesterol의 감소는 glutathione을 통한  $7\alpha$ -hydroxylase의 활성의 증가에 일부 기인하는 것으로 사료된다.

## 요 약

원취에 20% 카제인 기본식이에 methionine 0.3%, cysteine 0.3%와 0.6%를 각각 첨가하여 급여한 후 혈장 및 간 지질대사 및 분 중의 neutral steroids 및 담즙산 배설에 미치는 영향을 관찰하였다. 그 결과 혈장 cholesterol 농도는 methionine 첨가군이 111.8mg/dl로 가장 높고 cysteine 0.6%군이 95.8mg/dl로 가장 낮았다. 혈장 free cholesterol은 cysteine 0.6%군이 가장 높고, methionine군이 가장 낮았으나, 혈장 cholesteryl ester는 methionine군이 가장 높고 cysteine 0.6%군이 가장 낮았다. 혈장 HDL-cholesterol은 실험군간에 유의적인 차이가 없었으나, LDL-cholesterol은 methionine군에서 가장 높았고 cysteine 0.6%군에서 가장 낮아 동맥경화지수도 methionine군에서 2.73으로 가장 높고 cysteine 0.6%군에서 1.96으로 가장 낮았다. 혈장 triglyceride와 phospholipid 함량은 식이 중 methionine이나 cysteine 첨가로 인해 유의적인 변화가 없었다. Methionine과 cysteine은 간조직의 total cholesterol, free cholesterol, cholesteryl ester 및 triglyceride 함량을 감소시켰다. 간의 phospholipid 함량도 methionine과 cysteine에 의해 감소하는 경향은 보였으나 유의적인 차이는 없었다. 분으로 배설되는 cholesterol, cholestanol 및 coprostanone 양은 대조군과 실험군간에 유의적인 차이가 없었으나, coprostanol과 총 neutral sterol 배설량은 cysteine 첨가 식이군에서 유의적인 증가를 보였다. 분으로 배설되는 담즙산의 경우는 methionine과 cysteine 0.3%군에서 약간의 증가를 보였고, cysteine 0.6%군에서는 유의적인 증가를 나타냈다. 이와

같은 결과로 보아 cysteine은 cholesterol을 coprostanol 및 담즙산으로의 배설을 증가시킴으로써 혈장 cholesterol을 감소시키는 것으로 사료된다.

## 감사의 글

이 논문은 1994년도 순천대학교 공모과제 학술연구비에 의하여 연구되었으며 이에 감사드립니다.

## 문 헌

1. National Institutes of Health : Lowering blood cholesterol to prevent heart diseases. *JAMA*, **253**, 2080 (1985)
2. Glueck, C. J. and Connor, W. E. : Diet-coronary heart disease relationships reconnoitered. *Am. J. Clin. Nutr.*, **31**, 727 (1978)
3. Rahimtoola, S. H. : Cholesterol and coronary heart disease : A perspective. *JAMA*, **253**, 2094 (1985)
4. Castellj, W. P., Wilson, P. W., Levy, D. and Anderson, K. : Serum lipids and risk of coronary artery disease. *Atheroscl. Rev.*, **21**, 7 (1990)
5. The Lipid Research Clinic Program : The lipid research clinics coronary primary prevention trial results : II. The relationship of reduction in incidence of coronary heart disease to cholesterol lowering. *JAMA*, **251**, 365 (1984)
6. Kritchevsky, D. : Vegetable protein and atherosclerosis. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **56**, 135 (1979)
7. Saeki, S., Kanauchi, O. and Kiriyama, S. : Some metabolic aspects of the hypocholesterolemic effect of soybean protein in rats fed cholesterol-free diet. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **36**, S125 (1990)
8. Terpstra, A. H. M., Holmes, J. C. and Nicolosi, R. J. : The hypocholesterolemic effect of dietary soy protein vs. casein in hamsters fed cholesterol-free or cholesterol-enriched semipurified diets. *J. Nutr.*, **121**, 944 (1991)
9. Mercer, N., Carroll, K., Giovannetti, P., Steinke, I. and Wolfe, B. : Effects on human plasma lipids of substituting soybean protein isolate for milk protein in the diet. *Nutr. Rep. Int.*, **35**, 279 (1987)
10. Huff, M. and Carroll, K. : Effects of dietary proteins and amino acid mixtures on plasma cholesterol levels in rabbits. *J. Nutr.*, **110**, 1676 (1980)
11. Sugiyama, K. and Muramatsu, K. : Significance of the amino acid composition of dietary protein in the regulation of plasma cholesterol. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **36**, S105 (1990)
12. Nagata, Y., Ishiwaki, N. and Sugano, M. : Studies on the mechanism of anti-hypercholesterolemic action of soy protein and soy protein-type amino acid mixtures in relation to their casein counterparts in rats. *J. Nutr.*, **112**, 1614 (1982)
13. 농촌영양개선연수원 : 식품성분표. 농촌진흥청 농촌영양개선연수원, 서울, p.208 (1991)
14. Burstein, M., Scholnick, H. R. and Morfin, R. : Rapid

- method for the isolation of lipoproteins from human serum by precipitation with polyanions. *J. Lipid Res.*, **11**, 583 (1970)
15. Allain, C. C., Poon, L. S., Chan, C. S. G., Richmond, W. and Fu, P. C. : Enzymatic determination of total serum cholesterol. *Clin. Chem.*, **20**, 470 (1974)
  16. Folch, J., Lees, M. and Stanley, G. H. S. : A simplified method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, **226**, 497 (1957)
  17. Cho, B. H. S. : Improved enzymatic determination of total cholesterol in tissues. *Clin. Chem.*, **29**, 166 (1983)
  18. Miettinen, T. A., Ahrens, E. H. Jr. and Grundy, S. M. : Quantitative isolation and gas-liquid chromatographic analysis of total dietary and fecal neutral steroids. *J. Lipid Res.*, **6**, 411 (1965)
  19. Grundy, S. M., Ahrens, E. H. Jr. and Miettinen, T. A. : Quantitative isolation and gas liquid chromatographic analysis of total fecal bile acids. *J. Lipid Res.*, **6**, 397 (1965)
  20. Czubayko, F., Beumers, B., Lammsfuss, S., Lutjohann, D. and von Bergmann, K. : A simplified micro-method for quantification of fecal excretion of neutral and acid sterols for outpatient studies in humans. *J. Lipid Res.*, **32**, 1861 (1991)
  21. Steel, R. G. D. and Torrie, J. H. : *Principles and Procedures of Statistics-A Biometrical Approach*. 2nd ed, McGraw-Hill Book Co., New York, p.187 (1980)
  22. Sugiyama, K., Kushima, Y. and Muramatsu, K. : Effects of methionine, cystine and taurine on plasma cholesterol level in rats fed a high cholesterol diet. *Agric. Biol. Chem.*, **48**, 2897 (1984)
  23. Sugiyama, K., Ohkawa, S. and Muramatsu, K. : Dietary sulfur-containing amino acids and glycine as determinant factors in plasma cholesterol regulation in growing rats. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **31**, 121 (1985)
  24. Yagasaki, K., Ohsawa, N. and Funabiki, R. : Effects of dietary amino acids on, and role of thyroid hormone in, methionine-induced endogenous hypercholesterolemia. *Nutr. Rep. Int.*, **33**, 321 (1986)
  25. Yagasaki, K., Aoki, T. and Funabiki, R. : Serum and liver lipid responses to methionine and cystine in rats fed diets with different casein levels. *Nutr. Rep. Int.*, **34**, 59 (1986)
  26. Roy, T., Tredwell, C. R. and Vahouny, G. V. : Comparative intestinal and colonic absorption of [ $^{14}$ C] cholesterol in the rat. *Lipids*, **13**, 99 (1978)
  27. Okhuysen-Young, C. and Kellog, T. F. : The effect of cecectomy on fecal bile acid and neutral steroid excretion of the rat. *Comp. Biochem. Physiol.*, **70B**, 345 (1981)
  28. Tanaka, C., Watanuki, M. and Nozaki, Y. : Effect of soyprotein on coprostanol production and cholesterol metabolism in cholesterol-fed rats. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **29**, 447 (1983)
  29. De Schrijver, R. : Cholesterol metabolism in mature and immature rats fed animal and plant protein. *J. Nutr.*, **120**, 1624 (1990)
  30. Tateishi, N., Higashi, T., Narusa, A., Hikita, K. and Sakamoto, Y. : Relative contributions of sulfur atoms of dietary cysteine and methionine to rat liver glutathione and proteins. *J. Biochem.*, **90**, 1603 (1981)
  31. Tanaguchi, M. : Nutritional effects of soy protein isolate on liver glutathione concentration and  $\gamma$ -glutamyltranspeptidase activity of adult rats. *Nutr. Sci. Soy protein*, **6**, 51 (1985)
  32. Myant, N. and Mitropoulos, K. : Cholesterol  $7\alpha$ -hydroxylase. *J. Lipid Res.*, **18**, 135 (1977)
  33. Hassan, A., Hackley, J. and Jeffrey, E. : Role of glutathione in regulation of hepatic cholesterol  $7\alpha$ -hydroxylase, the rate-limiting enzyme in bile acid biosynthesis. *Steroids*, **44**, 373 (1984)
  34. Hassan, A. : Role of hepatic glutathione and glucocorticoids in the regulation of hepatic cholesterol  $7\alpha$ -hydroxylase. *Biochem. Pharmacol.*, **35**, 4592 (1986)
  35. Bellentani, S., Pecorari, M., Cordoma, P., Marchegiano, P., Manenti, F., Bosisio, E., DeFebiani, E. and Galli, G. : Taurine increases bile acid pool size and reduces bile saturation index in the hamster. *J. Lipid Res.*, **28**, 1021 (1987)

(1995년 9월 13일 접수)