

고지혈증 흰쥐에 청국장 및 상황버섯 청국장이 지질대사에 미치는 효과

고진복

신라대학교 생명과학과

Effects of Cheonggukjang Added *Phellinus linteus* on Lipid Metabolism in Hyperlipidemic Rats

Jin-Bog Koh

Dept. of Life Science, Silla University, Busan 617-736, Korea

Abstract

The effects of cheonggukjang (traditional fermented soybean food, CK) and cheonggukjang added *Phellinus linteus* (CKP) on lipid metabolism were investigated in adult male rats. Twenty weeks old Sprague-Dawley rats were fed a purified hyperlipidemic diet (control diet: 0.5% cholesterol, 10% fat, 18% casein) for 4 weeks. The rats were randomly assigned to each treatment group: control, two kinds of CK or CKP (powders of CK or CKP as dietary protein sources). After 5 weeks of CK or CKP diets consumption, the body weights, the hepatic and epididymal fat pad weights of the CK or CKP diets groups were significantly decreased than those of the control group. The liver cholesterol and triglyceride levels were significantly lower in both the CK and CKP diets groups than those in the control group. The concentrations in serum triglyceride, total cholesterol, LDL-cholesterol, and atherogenic index ratios were significantly decreased in the CK and CKP diets groups compared with those in the control group. The HDL-cholesterol/total-cholesterol ratios were significantly increased in the CK and CKP diets groups compared with those in the control group. Fecal cholesterol and triglyceride excretion of the CK and CKP diets groups were significantly increased than those of the control group. These results showed that both the feeding of cheonggukjang and cheonggukjang added *Phellinus linteus* decreased the triglyceride, total cholesterol and LDL-cholesterol in serum as well as the triglyceride and cholesterol in liver, and increased the HDL-cholesterol/total-cholesterol ratio in serum of the rats.

Key words: cheonggukjang, fermented soybean food, high fat diet, cholesterol, triglyceride, atherogenic index

서론

우리나라의 전통 발효식품의 하나인 청국장은 발효숙성 과정에서 고초균(*Bacillus natto* or *Bacillus subtilis*)이 생성하는 효소의 작용으로 콩 단백질이 저분자의 펩타이드로 분해되어 소화흡수가 쉽고 풍미가 특유하고 영양적으로나 생리적 여러 가지 기능을 나타내는 것으로 알려지고 있어 많은 사람들의 관심의 대상이 되는 식품이다. 전통 청국장에 관한 국내의 연구로는 벗짚을 이용한 청국장 제조의 최적 발효조건(1), 발효온도 및 발효시간에 따른 일반성분 변화(2), 청국장의 제조방법과 이용실태조사(3), 전통청국장의 지역별 일반성분, 지방산, 아미노산 조성 및 이화학적 특성(4) 등이 보고되었다.

청국장이 발효과정에서 생성된 끈적끈적한 점질물은 폴리글루타민산(polyglutamate)과 프락탄(fructan)의 혼합물이고, 이 점질물중의 nattokinase가 혈전용해 효소로 알려져

다(5). 청국장과 점질물의 성분과 아미노산 조성을 비교한 결과 글루타민산이 가장 많았고, 점질물의 fibrinolytic(nattokinase)활성은 *Bacillus natto*가 *Bacillus subtilis*보다 높았으며, nattokinase의 활성은 100°C에서 5분간 열처리하였을 때 90%정도의 효소활성이 유지되었으나 열처리 시간이 길어지면 효소활성이 감소하여 30분간 열처리시 45%정도의 효소활성이 남아있다고 하였다(6). Kim과 Lee(7)는 청국장 발효시 nattokinase활성은 발효 12시간에서 나타나기 시작하여 24시간에 높게 나타났으며, nattokinase는 혈전용해 작용이 있다고 하였다(8). Kim 등(9)은 natto가 성장기 흰쥐의 혈청 콜레스테롤과 중성지질 농도를 감소시킨다고 하였다. Kim 등(10)은 청국장이 당뇨쥐의 혈당과 인슐린 농도를 낮추고 또한 혈장의 콜레스테롤과 중성지질 농도를 감소시킨다고 하였다. Yang 등(11)은 자발성 고혈압 흰쥐에 청국장을 6주간 급여한바 나이가 많아짐에 따른 혈압상승을 억제하고 혈장의 중성지질과 LDL-콜레스테롤 농도를 감소시

키는 효과가 있다고 하였다.

상황버섯은 일명 목질 진흙버섯이라고 하는데 일반적으로 약리작용은 소화기계의 항암작용, 면역기능 증강, 해독작용 등이 알려져 있다. Lee 등(12)은 상황버섯의 자실체와 균사체배양액의 단백질당체 성분을 비교한 결과 담자균류의 다당류와 유사하였고, 자실체와 균사체 배양액간의 구성성분이 비슷하였다고 하였다. 상황버섯의 약리적으로는 항산화작용(13), 항돌연변이(14), 항암작용(15) 및 상황버섯 액체배양액의 다당체가 당뇨쥐의 혈당, 중성지방, 콜레스테롤을 감소시킨다고 하였다(16).

이상의 여러 연구들에서 상황버섯의 일부 약리작용 및 청국장의 제조방법과 생리활성이 알려지고 있으나, 청국장이 고지혈증에 미치는 효과에 대한 체계적인 연구는 드문 실정이다. 따라서 본 연구는 청국장에 함유된 단백질, 당류, 식이섬유, 점질물 및 특수성분이 동물성 지방의 과다섭취로 오는 비만이나 심혈관계 질환의 예방이나 치료에 미치는 효과와 상황버섯을 첨가한 청국장의 효과를 검토하고자 성숙한 수컷에 고지방식이(10% 지방과 0.5% 콜레스테롤)로 4주간 고지혈증을 유발한 후 고지방식이에 청국장 분말을 첨가한 식이를 5주간 사육하여 체중변화, 식이효율, 간과 혈청의 지질농도, 단백질 농도의 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

일반청국장 및 상황버섯 청국장 제조 및 성분분석

원료 콩은 경남 함안에서 재배한 콩(중태)을 구입하여 사용하였다. 일반청국장은 콩을 세척하여 24시간 수침한 후 가압증자기 121°C에서 30분간 삶은 다음 60°C가 되도록 식히고 무공해 벗짚을 넣어서 배양기의 온도를 43°C로 조절하고 48시간 발효시켰다. 상황버섯 청국장은 콩을 세척한 후 케이비에프(주)에서 액체배양한 상황버섯 배양액에 24시간 침지한 다음 일반청국장과 같은 방법으로 발효하였다. 제조한 청국장은 동결 건조하여 분쇄기로 균질하게 분쇄하여 실험재료로 사용하였다. 청국장의 일반성분은 AOAC(17) 방법에 준하여 측정하였다. 일반청국장은 수분 3.2%, 조단백질 40.2%, 조지방 19.0%, 조섬유 14.0%, 회분 6.1%이고, 상황버섯 청국장은 수분 3.4%, 조단백질 42.3%, 조지방 19.4%, 조섬유 14.2%, 회분 6.2%이었다.

실험동물의 식이 및 사육

동물은 본 대학 사육실에서 고품사료(삼양유지사료)로 사육한 생후 20주령(평균체중 455±29.1 g)의 Sprague-Dawley 계 수컷 흰쥐를 4주간 대조식이(5% 돈지, 5% 옥수수유, 0.5% 콜레스테롤의 고지방식이)로 고지혈증을 유발시킨 후 평균체중이 495.7±23.1 g의 동물을 각 군에 8마리씩 3군으로 나누었다. 실험식이의 조성은 Table 1과 같다. 실험군은 대조군(고지방식이), 청국장군(고지방식이에 청국장 첨가

Table 1. Composition of experimental diets (g%)

Ingredients	Control	CK ³⁾	CKP ⁴⁾
Corn starch	49.8	43.3	45.0
Casein (protein 87%)	18.0		
Sucrose	10.0	10.0	10.0
Cellulose	6.5	1.1	1.2
DL-methionine	0.3	0.3	0.3
Choline bitartrate	0.2	0.2	0.2
Mineral mix. ¹⁾	3.5	1.8	1.8
Vitamin mix. ²⁾	1.0	1.0	1.0
Cholesterol	0.5	0.5	0.5
Sodium choleate	0.2	0.2	0.2
Lard	5.0	1.6	1.8
Corn oil	5.0	1.0	1.0
Cheonggukjang		39.0	37.0

¹⁾AIN-93-MX mineral and AIN-93-VX vitamin mixture (18).

³⁾CK: cheonggukjang diet. ⁴⁾CKP: cheonggukjang + liquid culture of *Phellinus linteus* diet.

군) 및 상황버섯 청국장군(고지방식이에 상황버섯 청국장 첨가군) 등이고, 각 실험군간의 단백질, 열량, 무기염류 및 식이섬유소의 수준을 동일하게 조절된 실험식이로 5주간 사육하였다. 실험실의 사육조건은 온도 22±2°C, 습도 50~60%를 항상 유지시켰고, 명암은 12시간(07:00~19:00)을 주기로 자동 조절하였으며, 물과 사료는 자유로이 먹게 하였다.

식이섭취량, 식이효율 및 체중측정

실험기간동안의 식이는 매일 오후 4시에 급여하고 식이섭취량을 조사하였다. 식이섭취량의 오차를 최소화하고자 손실량을 측정하여 보정하였다. 체중은 1주에 한번씩 일정한 시간에 측정하였고, 식이효율은 실험전 기간의 체중증가량을 같은 기간동안에 섭취한 식이량으로 나누어 다음과 같이 산출하였다.

식이효율(food efficiency ratio; FER)

$$= \{ \text{체중증가량 (g)} / \text{식이섭취량 (g)} \} \times 100$$

시료채취 및 분석

5주간 실험식이 종료일에 16시간 절식시킨 실험동물을 ethyl ether로 마취하고 심장에서 채혈하였다. 채혈된 혈액은 실온에서 30분간 응고시킨 후 3,000 rpm에서 20분간 원심분리한 혈청을 분석시료로 사용하였다. 장기는 채혈 후 즉시 떼어 생리식염수로 혈액을 씻은 다음 무게를 측정하였다. 번의 수집은 실험종료 전 4일간 번을 모아서 이물질 제거 후 무게를 측정하고 100°C에서 2시간 건조하여 분석시료로 사용하였다.

혈청의 중성지질, 인지질, 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, 단백질, 알부민 및 혈당 농도는 자동생화학분석기(Autoanalyzer 900S, Germany)로 측정하였고, LDL-cholesterol 농도는(Polymedco NY) kit 시약으로 측정하였다. VLDL 콜레스테롤 농도는 혈청 총 콜레스테롤-(HDL-콜레스테롤+LDL-콜레스테롤) 식으로 계산하였고(19), 동맥경화지수(atherogenic index: AI)는 Haglund 등(20)의 방법

에 따라서 $AI = (\text{total cholesterol} - \text{HDL-cholesterol}) / \text{HDL-cholesterol}$ 식으로 계산하였다. 혈액의 hemoglobin은 cyanmethemoglobin법(21)으로 측정하였다.

간조직과 변의 지질은 Folch법(22)으로 추출하여 지질측정용으로 사용하였다. 혈청, 간조직과 변의 총 지질은 phospho-vanillin법(23), 중성지질과 총 콜레스테롤 농도는 각각의 측정용 kit 시약으로 측정하였다.

통계처리

본 연구의 실험결과는 평균치와 표준편차로 나타내었고, SPSS를 이용하여 실험군간의 유의성은 ANOVA로 검증한 후 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test로 비교분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

체중증가량, 식이섭취량 및 식이효율

성숙한 흰쥐(455.8 ± 29.1 g)를 대상으로 하여 4주간 대조식이(고지방)로 고지혈증을 유도한바 체중증가량 38.6 ± 12.5 g, 식이섭취량 19.8 ± 2.0 g, 식이효율은 $6.9 \pm 1.2\%$ 이었다. 4주간 고지혈증을 유도한 흰쥐를 각 실험식으로 5주간 사육한 결과 실험동물의 체중변화, 식이섭취량 및 식이효율은 Table 2와 같다. 체중변화는 대조군은 41.8 g이 증가하였으나, 청국장군 및 상황버섯 청국장군은 각각 -3.7 g 및 -0.8 g씩 유의하게 감소하였으나, 상황버섯 첨가에 따른 영향은 나타나지 않았다. 식이섭취량은 대조군 21.1 g에 비하여 청국장군 및 상황버섯 청국장군은 각각 16.7 g 및 16.8 g으로 유의하게 감소되었고, 식이효율도 식이섭취량과 유사한 경

향으로 나타났다. Kim 등(9)은 찜콩과 청국장(natto) 분말을 성장기 흰쥐에 4주간 급여한바 식이섭취량의 감소와 체중증가율이 대조군보다 유의하게 낮았다고 하였다. Yang 등(11)은 찜콩과 청국장 분말을 고혈압 흰쥐에 급여한바 식이섭취량이 대조군보다 감소되었음은 낮은 섭식기호도 때문이라고 하였고, Mitchell 등(24)과 Choi와 Lee(25)는 식이 중 단백질의 종류나 성질은 동물의 섭식기호에 영향을 주므로 식이섭취량에 영향을 미친다고 하였다. 본 실험결과 식이섭취량 감소와 더불어 체중이 유의하게 감소되었음은 상기 보고(9,10)와 유사한 경향으로 낮은 식이섭취 기호도에 기인하는 것으로 생각되나 앞으로 많은 연구가 이루어져야 하겠다.

장기무게 변화

청국장 분말이 장기 및 부고환지방 무게에 미치는 영향을 조사하고자 체중 100 g 당 각 장기의 무게를 측정된 결과는 Table 3과 같다. 간과 부고환지방 무게는 대조군에 비하여 청국장 및 상황버섯 청국장군이 유의하게 감소되었다. 이는 본 실험결과 청국장 섭취군들에서 간의 총 지질과 중성지질의 감소(Table 4 참조)로 간조직에 지방축적이 억제되어 간의 무게가 감소된 것이라 할 수 있다. 췌장의 무게는 대조군에 비하여 청국장군들이 유의하게 증가되었으나, 신장과 비장의 무게는 대조군과 청국장군들이 유의한 차이를 보이지 않았다.

간조직의 지질농도 변화

간조직의 지질농도는 Table 4와 같다. 총 지질, 콜레스테롤 및 중성지질 농도는 대조군에 비하여 청국장군 및 상황버섯 청국장군이 각각 총 지질은 26% 및 28%, 콜레스테롤은 31% 및 26%, 중성지질은 45% 및 47%씩 유의하게 감소하였

Table 2. The body weight gains, food intake and food efficiency ratio (FER) of male rats fed cheonggukjang

Groups ¹⁾	Body weight gains (g)			Food intake (g/day)	FER (%)
	Initial	Final	Gains		
Control	495.5 ± 26.1 ²⁾	537.4 ± 32.8 ^{NS3)}	41.8 ± 19.2 ^{b4)}	21.1 ± 2.8 ^b	5.7 ± 1.7 ^b
CK	496.1 ± 24.1	492.4 ± 29.6	-3.7 ± 12.6 ^a	16.7 ± 2.7 ^a	-0.6 ± 2.7 ^a
CKP	496.5 ± 23.7	495.7 ± 28.5	-0.8 ± 16.0 ^a	16.8 ± 1.8 ^a	-0.1 ± 2.3 ^a

¹⁾Control: fed control diet for 9 weeks.

CK: fed control diet for 4 weeks and then fed cheonggukjang diet for 5 weeks.

CKP: fed control diet for 4 weeks and then fed cheonggukjang + liquid culture of *Phellinus linteus* diet for 5 weeks.

²⁾All values are mean ± SD (n=8). ³⁾Not significant.

⁴⁾Values within a column with different superscripts letters are significantly different at $p < 0.05$.

Table 3. The organ weight/100 g body weight of male rats fed cheonggukjang

Groups ¹⁾	Liver (g)	EFP ²⁾ (g)	Kidney (mg)	Spleen (mg)	Pancreas (mg)
Control	4.04 ± 0.24 ³⁾⁴⁾	2.03 ± 0.28 ^b	607 ± 46 ^{NS5)}	203 ± 31 ^{NS}	204 ± 23 ^a
CK	3.32 ± 0.41 ^a	1.45 ± 0.24 ^a	642 ± 49	187 ± 22	253 ± 31 ^b
CKP	3.30 ± 0.29 ^a	1.57 ± 0.25 ^a	640 ± 48	194 ± 35	275 ± 31 ^b

¹⁾See the legend of Table 2.

²⁾EFP: epididymal fat pad.

³⁾Mean ± SD (n=8).

⁴⁾Values within a column with different superscripts letters are significantly different at $p < 0.05$.

⁵⁾Not significant.

Table 4. The hepatic lipid concentrations of male rats fed cheonggukjang (mg/g of wet liver)

Groups ¹⁾	Total lipid	Cholesterol	Triglyceride
Control	216.5±32.7 ^{2)bc3)}	19.00±4.03 ^b	43.39±7.02 ^b
CK	159.7±17.1 ^a	13.04±3.85 ^a	23.68±6.46 ^a
CKP	154.7±30.0 ^a	14.01±3.11 ^a	22.87±4.54 ^a

¹⁾See the legend of Table 2.

²⁾Mean±SD (n=8).

³⁾Values within a column with different superscripts letters are significantly different at p<0.05.

다. 간조직의 지질농도는 청국장에 상황버섯 첨가에 따른 영향이 나타나지 않았다.

Kim 등(9)은 찐콩을 성장기 흰쥐에 급여한바 간의 중성지질과 콜레스테롤이 감소되었다고 하였고, Yang 등(11)은 고혈압 흰쥐에 찐콩 및 청국장을 급여한바 간의 총 지질과 중성지질이 대조군보다 감소하였고, 콜레스테롤 합성 속도조절효소인 3-hydroxyl 3-methyl glutaryl CoA(HMG-CoA) reductase 활성이 간세포에서 대조군보다 청국장군에서 유의하게 감소되었다고 하였다. 간의 콜레스테롤 합성과 HMG-CoA reductase 활성은 다양한 생리적, 영양적 조건에 따라서 영향을 받는 것으로 알려져 있다(26). 본 실험결과도 상기 보고와 유사한 경향으로 청국장에 함유된 성분이 HMG-CoA reductase 활성을 조절하여 간의 콜레스테롤 합성이 감소된 것으로 생각되며, 또한 장에서 청국장 발효과정 중 생성된 단백질의 분해물,식이섬유, 난소화성 당류 등이 중성지질과 콜레스테롤 흡수를 억제하여 변으로 배설량 증가(Table 7 참조)로 간으로 중성지질 유입이 감소되고, 또한 식이섬유량의 감소에 기인된 것으로 생각되나, 청국장이나 상황버섯 청국장이 간의 지질대사에 영향을 주는 것에 대하여는 많은 연구가 이루어져야 하겠다.

혈청의 지질농도 변화

대조(고지방)식이로 4주간 고지혈증을 유도한 성숙한 흰쥐에 청국장 분말을 5주간 급여한바 혈청의 지질농도 변화는 Table 5 및 6과 같다. 혈청의 중성지질, 총 콜레스테롤, LDL-콜레스테롤, VLDL-콜레스테롤 농도 및 동맥경화지수는 대조군에 비해 청국장군 및 상황버섯 청국장군이 유의하게 감소하였음은 청국장이 지질대사의 개선효과가 있는

Table 5. The serum lipid concentrations of male rats fed cheonggukjang (mg/dL)

Groups ¹⁾	Total lipid	Triglyceride	Phospholipid
Control	405.4±59.3 ^{2)bc3)}	80.7±16.7 ^b	125.8±24.9 ^{NS4)}
CK	310.7±48.7 ^a	56.1±12.1 ^a	103.9±14.2
CKP	323.8±33.2 ^a	53.2±10.5 ^a	119.2±10.1

¹⁾See the legend of Table 2.

²⁾Mean±SD (n=8).

³⁾Values within a column with different superscripts letters are significantly different at p<0.05.

⁴⁾Not significant.

것으로 나타났다. HDL-콜레스테롤 농도는 대조군과 청국장군들이 유의한 차이를 보이지 않았으나, 총 콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤의 비율은 대조군에 비하여 청국장군들이 유의하게 증가되어 그 비율을 높이는 효과가 있는 것으로 나타났다.

Mol 등(27)은 고콜레스테롤식이에 대두단백질을 첨가한 식이로 흰쥐를 사육한바 혈청 콜레스테롤을 감소시킨다고 하였고, Kim 등(9)은 성장기 흰쥐에 natto를 4주간 급여한바 혈청콜레스테롤과 중성지질이 감소되었다는 보고와 본 실험결과도 일치된다. 동물성 단백질과 식물성 단백질의 체내 지질대사 차이는 아미노산의 비율, 특히 lysine-arginine의 비율에 영향을 받는 것으로 보고(28)된바 있고, Kato 등(29)은 카제인과 같이 lysine-arginine의 비율이 2.3으로 높은 단백질은 아테롬성 동맥경화증을 촉진하고 그 비율이 낮으면 arginase 활성을 높여 아테롬성 동맥경화증을 억제한다고 하였다. Taguchi 등(30)은 natto가 찐콩에 비해 펙틴함량이 14% 증가하였다고 하였고, 펙틴과 같은 섬유소는 장에서 지질대사에 영향을 주는 것으로 알려지고 있다(31).

Park 등(32)과 Nagaoka 등(33)은 대두단백질이 혈청 콜레스테롤의 감소는 콜레스테롤의 흡수율의 감소와 변으로 총 스테롤의 배설증가와 관련이 있다고 하였고, Chen 등(34)은 성장기 Wistar 쥐에 대두단백질의 분획물 10%를 급여한바 변으로 콜레스테롤과 담즙산의 배설이 증가되었고 혈장과 간의 콜레스테롤 및 중성지질이 감소되었다고 하였다. 본 실험에서 대조군(단백질원으로 카제인)에 비해 청국장 급여군이 혈청의 중성지질, 총 콜레스테롤, LDL-콜레스테롤 농도 및 동맥경화지수가 유의하게 감소되었음은 청국장

Table 6. The serum cholesterol concentrations and atherogenic index (AI) of rats fed cheonggukjang (mg/dL)

Groups ¹⁾	Total cholesterol	HDL-cholesterol	LDL-cholesterol	VLDL-cholesterol	HDL-C/T-C ²⁾	AI ³⁾
Control	180.9±27.4 ^{4)bc5)}	59.1±9.6 ^{NS6)}	31.8±6.5 ^b	90.0±18.0 ^b	31.1±3.1 ^a	2.08±0.36 ^b
CK	138.8±20.7 ^a	51.4±6.8	24.5±5.9 ^a	67.9±15.0 ^a	37.3±4.3 ^b	1.70±0.30 ^a
CKP	136.7±17.9 ^a	52.6±3.9	22.0±4.6 ^a	62.1±13.5 ^a	38.9±4.1 ^b	1.60±0.28 ^a

¹⁾See the legend of Table 2.

²⁾HDL-C/T-C (%)=(HDL-cholesterol÷Total cholesterol)×100.

³⁾AI=(Total cholesterol-HDL-cholesterol)÷HDL-cholesterol.

⁴⁾Mean±SD (n=8).

⁵⁾Values within a column with different superscripts letters are significantly different at p<0.05.

⁶⁾Not significant.

Table 7. The fecal weights, moisture and lipid levels of male rats fed cheonggukjang

Groups ¹⁾	Fecal dry wt. (g/day)	Moisture (%)	Total lipid (mg/day)	Triglyceride (mg/day)	Cholesterol (mg/day)
Control	1.63±0.14 ^{2)bc3)}	11.80±2.35 ^a	114.6±23.1 ^a	3.68±0.88 ^a	11.53±2.62 ^a
CK	1.70±0.15 ^{2)ab}	23.49±4.87 ^b	212.5±21.3 ^b	10.44±1.35 ^b	20.06±2.29 ^b
CKP	1.86±0.20 ^b	24.49±3.50 ^b	214.3±23.2 ^b	13.34±1.27 ^b	23.03±3.65 ^b

¹⁾See the legend of Table 2.

²⁾Mean±SD (n=8).

³⁾Values within a column with different superscripts letters are significantly different at p<0.05.

의 발효과정 중 생성된 peptides나 lysine-arginine 비율(4,6), 식이섬유소(펙틴함량 증가)(30), 점질물(mucilage)(35) 및 항산화물(36) 등에 기인하는 것으로 생각된다.

변의 지질 배설량

청국장 및 상황버섯 청국장 분말이 변의 지질 배설량에 미치는 영향을 조사한 바 Table 7과 같다. 변 배설량(건조 무게)은 대조군에 비하여 청국장군은 다소 증가되었으나 상황버섯 청국장군은 유의하게 증가되었고, 변의 수분함량도 대조군에 비하여 청국장군들이 유의하게 증가되었다. 이는 청국장이 변의 배설량을 증가시키는 것으로 나타났다. 변의 총 지질, 중성지질 및 콜레스테롤의 배설량은 대조군에 비하여 청국장군들이 유의하게 증가되었다.

Choi와 Lee(25)는 대두단백질이 가수분해될 때 생성되는 peptides가 담즙산 배설을 촉진시킨다고 하였다. 대두단백질이나 분획물을 쥐에 급여한바 변으로 총 스테롤, 콜레스테롤 및 담즙산의 배설을 증가시킨다고 하였다(32-34). 본 실험결과도 상기 보고들과 유사한 경향으로 청국장의 발효과정에서 생성된 단백질의 분해물, 식이섬유, 난소화성 당류 등의 물질들이 변의 배설량을 증가시키고, 장내에서 중성지질 및 콜레스테롤의 흡수를 억제하여 변으로 배설량이 증가된 것으로 생각되나 자세한 기전이나 성분에 대하여는 많은 연구가 이루어져야 하겠다.

요약

청국장 분말이 고지방식을 섭취한 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향을 조사하고자, 성숙한(생후 20주령) 숫쥐를 4주간 고지방식이(0.5% 콜레스테롤, 10% 지방)로 고지혈증을 유도한 후 대조군(고지방식이), 청국장군(고지방식이에 단백질원으로 청국장 분말을 첨가한 식이) 및 상황버섯 청국장군(고지방식이에 단백질원으로 상황버섯 청국장 분말을 첨가한 식이) 등 3군으로 나누어 5주간 사육한 결과는 다음과 같다. 실험동물의 체중은 대조군이 41.8 g 증가함에 비하여 청국장군 및 상황버섯 청국장군은 각 -3.7 g 및 -0.8 g으로 유의하게 감소되었고, 식이섭취량 및 식이효율은 대조군에 비하여 청국장군들이 유의하게 감소되었다. 간과 부고환지방의 무게 및 간조직의 콜레스테롤과 중성지질 농도는 대조군에 비하여 청국장군 및 상황버섯 청국장군이 유의하게 감소시키는 효과가 나타났다. 혈청의 중성지질, 총 콜레스테

롤, LDL-콜레스테롤, VLDL-콜레스테롤 농도 및 동맥경화 지수는 대조군에 비해 청국장군 및 상황버섯 청국장군이 유의하게 감소되었다. 총 콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤의 비율은 대조군에 비해 청국장군들이 유의하게 증가되었다. 변의 무게, 총 지질, 중성지질 및 콜레스테롤 배설량은 청국장군들이 대조군보다 유의하게 증가된 것으로 나타났다. 이상의 결과로 보아 고지방식이에 청국장 및 상황버섯 청국장 분말을 첨가 섭취시 혈청과 간조직의 중성지질, 총 콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 농도 및 동맥경화지수를 낮추고, 총 콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤의 비율을 증가시키는 지질대사의 개선 효과가 나타났다.

문헌

1. Kim KJ, Ryu MK, Kim SS. 1982. *Chungkook-jang koji* fermentation with rice straw. *Korean J Food Sci Technol* 14: 301-308.
2. Sung NJ, Ji YA, Chung SY. 1984. Changes in nitrogenous compounds of soybean during Chungkookjang koji fermentation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 13: 275-284.
3. Choe JS, Kim JS, Chang CM, Shin SY. 1996. Survey on preparation method and consumer response of Chungkookjang. *Korea Soybean Digest* 13: 29-43.
4. Kim JS, Yoo SM, Chang CM. 1998. Physicochemical properties of traditional Chonggugjang produced in different regions. *Agric Chem Biotechnol* 41: 377-383.
5. Sumi H, Hamada H, Tsushima H, Mihara H, Muraki H. 1987. A novel fibrinolytic enzyme (nattokinase) in the vegetable cheese natto: a typical and popular soybean food in the Japanese diet. *Experientia* 43: 1110-1111.
6. Lee BY, Kim DM, Kim KH. 1991. Physico-chemical properties of viscous substance extracted from *Chongkook-jang*. *Korean J Food Sci Technol* 25: 64-67.
7. Kim BN, Lee SY. 1995. Nattokinase, γ -GTP, protease activity and sensory evaluation of natto added with spice. *J Korean Soc Food Nutr* 24: 228-233.
8. Suzuki Y, Kondo K, Umermura K. 2003. Dietary supplementation of fermented soybean, natto, suppresses intimal thickening and modulates the lysis of mural thrombi after endothelial injury in rat femoral artery. *Life Sciences* 73: 1289-1298.
9. Kim BN, Kim JD, Ham SS, Lee SY. 1995. Effects of spice added natto supplementation on the lipid metabolism in rats. *J Korean Soc Food Nutr* 24: 121-126.
10. Kim JI, Kang MJ, Kwon TW. 2003. Antidiabetic effect of soybean and chungkookjang. *Korean Soybean Digest* 20: 44-52.
11. Yang JL, Lee SH, Song YS. 2003. Improving effect of powders of cooked soybean and chungkookjang on blood pressure

- and lipid metabolism in spontaneously hypertensive rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 899-905.
12. Lee JW, Baek SJ, Ha IS. 1999. Characteristics of polysaccharide isolated from the fruit body and cultured mycelia of *Phellinus linteus* IY001. *Kor J Mycol* 27: 424-429.
 13. Chung KS, Lee WC, Sung JM. 1998. The antioxidant effects of the basidiocarps of *phellinus* spp. *J Agric Sci* 40: 51-56.
 14. Sohn TH, Nam KS. 2001. Antimutagenicity and induction of anticarcinogenic phase II enzyme by basidiomycetes. *J Ethnopharmacology* 77: 103-109.
 15. Han SH, Chang WL, Jeon YJ, Hong ND, Yang K, Kim HM. 1999. The inhibitory effect of polysaccharides isolated from on tumor growth and metastasis. *Immunopharmacology* 41: 157-164.
 16. Kim DH, Yang YK, Jeong SC, Song CH. 2001. Production of a hypoglycemic, extracellular polysaccharide from the submerged culture of the mushroom, *Phellinus linteus*. *Biotechnology Letters* 23: 513-517.
 17. AOAC. 1980. *Official Methods of Analysis*. 15th ed. Association of official analytical chemists, Washington DC. p 211-260.
 18. Reeves PG, Nielsen FH, Fahey GC. 1993. AIN-93 purified diets for laboratory rodents final report of the American Institute of Nutrition ad hoc writing committee on the reformulation of the AIN-76A rodent diet. *J Nutr* 123: 1939-1951.
 19. Cheung PCK. 1998. Plasma and hepatic cholesterol levels and fecal neutral sterol excretion are altered in hamsters fed straw mushroom diets. *J Nutr* 128: 1512-1516.
 20. Haglund O, Loustarinen R, Wallin R, Wibell I, Saldeen T. 1991. The effect of fish oil on triglycerides, cholesterol, fibrinogen and malondialdehyde in mans supplemented with vitamin. *Eur J Nutr* 121: 165-172.
 21. Davidson I, Henry JB. 1966. *Todd-Sanford clinical diagnosis by laboratory methods*. 13th ed. WB. Saunders Co., Philadelphia. p 73-75.
 22. Folch J, Lees M, Stanley GSH. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissues. *J Biol Chem* 226: 497-509.
 23. Frings CS, Dunn RT. 1970. A colorimetric method for determination of total serum lipid based on the sulfophosphovanillin reaction. *Am J Clin Path* 53: 89-91.
 24. Mitchell GV, Jenkins MY, Grundel E. 1989. Protein efficiency ratios and net protein ratios of selected protein foods. *Plant Foods Hum Nutr* 39: 53-58.
 25. Choi YS, Lee SY. 1993. Cholesterol-lowering effects of soybean products (curd or crud residue) in rats. *J Korean Soc Food Nutr* 22: 673-677.
 26. Choi YS, Lee SY. 1992. Review: Serum cholesterol and 3-hydroxyl 3-methyl glutaryl coenzyme A reductase. *J Korean Soc Food Nutr* 21: 580-593.
 27. Mol MAE, Smet RC, Terpstra AHM, West CE. 1982. Effect of dietary protein and cholesterol on cholesterol concentration and lipoprotein pattern in the serum of chickens. *J Nutr* 112: 1029-1025.
 28. Park MS, Liepa GU. 1982. Effects of dietary protein and amino acid on the methabolism of cholesterol carrying lipoproteins in rat. *J Nutr* 112: 1892-1897.
 29. Kato T, Takemoto K, Kuwabara Y. 1984. Effects of Spirulina (*Spirulina platensis*) on dietary hypercholesterolemia in rats. *J Jpn Soc Nutr Food Sci* 37: 323-332.
 30. Taguchi K, Kawabata M, Ohtsuki K, Tanaka Y. 1986. Changes in dietary fiber of natto and tempeh during fermentation. *J Jpn Soc Nutr Food Sci* 39: 203-208.
 31. Wells AF, Erschoff BH. 1981. Beneficial effects of pectin in prevention of hypercholesterolemia and increase in liver cholesterol in cholesterol fed rats. *J Nutr* 74: 87-93.
 32. Park MS, Kudchodkar BJ, Liepa GU. 1987. Effects of dietary animal and plant proteins on the cholesterol metabolism in immature and mature rats. *J Nutr* 117: 30-35.
 33. Nagaoka S, Awano T, Hashmoto K. 1997. Serum cholesterol reduction and cholesterol absorption inhibition in CaCo-2 cells by a soyprotein peptic hydrolyzate. *Biosci Biotechnol Biochem* 61: 354-357.
 34. Chen JR, Chiou SF, Yang SC. 2003. Lipid metabolism in hypercholesterolemic rats affected by feeding cholesterol-free diets containing different amounts of non dialyzed soybean protein fraction. *Nutrition* 19: 676-680.
 35. Kim SC, Lee SH, Wi SJ. 2002. The effects of natto mucilage on the components of serum lipid in rats. *J Korean Oil Chemists' Soc* 19: 63-67.
 36. Yokota T, Hattori T, Ohishi H, Hasegawa K, Watanabe K. 1996. The effect of antioxidant-containing fraction from fermented soybean food on atherosclerosis development in cholesterol-fed rabbits. *Lebensm-Wiss u-Technol* 29: 751-755.

(2006년 1월 25일 접수; 2006년 4월 6일 채택)