

# 고지방 섭취 암쥐에 청국장이 지질대사에 미치는 영향

고진복<sup>§</sup>

신라대학교 생명과학과

## Effects of Cheonggukjang on Lipid Metabolism in Hyperlipidemic Female Rats

Koh, Jin-Bog<sup>§</sup>

Department of Life Science, Silla University, Busan 617-736, Korea

### ABSTRACT

The effects of cheonggukjang (traditional fermented soybean food, CK) and cheonggukjang added *Agaricus blazei* (CKA) on lipid metabolism were investigated in female Sprague-Dawley rats (20 weeks old). The rats were fed a purified hyperlipidemic diet (control diet: 0.1% cholesterol, 10% fat, 18% casein) for 4 weeks. The rats were randomly assigned to each treatment group: control, two kinds of CK or CKA (powders of CK or CKA as dietary protein sources). After 8 weeks of experimental diets consumption, the body weights, and the uterine fat pad weights of CK and CKA diets groups were more significantly decreased than those of the control diet group. The liver cholesterol and triglyceride levels were significantly lower in both the CK and CKA 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 CKA diets groups compared with those in the control group. The HDL-cholesterol/total-cholesterol ratios were significantly increased in the CK and CKA diets groups compared with those in the control group. The fecal cholesterol and triglyceride excretion in the CK and CKA diets groups were more increased than those in the control group. These results showed that both the feeding the rats with cheonggukjang and cheonggukjang added *Agaricus blazei* 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. (*Korean J Nutrition* 39(4): 331~337, 2006)

**KEY WORDS** : cheonggukjang, high fat diet, cholesterol, triglyceride, AI.

### 서론

청국장은 전통발효식품의 하나로 단기간에 만들 수 있어 오래 전부터 우리 민족이 이용하였다. 청국장은 발효과정에서 고초균 (*Bacillus natto* or *Bacillus subtilis*)이 생성하는 효소의 작용으로 콩 단백질이 저분자의 펩티드로 분해되어 소화흡수가 쉽고 풍미가 특유하고 영양적으로 우수하고 여러 가지의 생리적 기능을 나타내는 것으로 알려지고 있어 많은 사람들의 관심의 대상이 되는 식품이다.

우리나라 전통 청국장의 일반성분, 지방산, 아미노산 조성 및 이화학적 특성 등이 보고되었다.<sup>1)</sup> 청국장이 발효과정에서 여러 종류의 효소들에 의해 콩 껍질이나 세포막의 구성

성분인 섬유소, 단백질과 당질이 분해되어 소화흡수율이 향상되며, 청국장의 생리활성물질로 알려진 단백질과 당질 분해물, 식이섬유, 인지질, isoflavones phenolic acid, 비타민 K 등의 성분이 들어있어 동맥경화, 심장병, 당뇨병 예방 효과, 항암효과, 골다공증 억제 등의 성인병 예방효과가 있음이 알려지고 있다.<sup>2,3)</sup>

청국장의 발효과정에서 생성된 끈적끈적한 점질물은 폴리글루타민산 (polyglutamate)과 프락탄 (fructan)의 혼합물이고, 점질물에 포함된 혈전용해 효소가 nattokinase로 알려져 있다.<sup>4-6)</sup> Omura 등<sup>7)</sup>은 청국장에서 유도된 단백질이 항혈전증과 섬유소용해 효과가 있다고 보고하였다.

항미성 Natto가 성장기 흰쥐의 혈청의 콜레스테롤과 중성지질 농도를 감소시킨다고 하였고,<sup>8)</sup> 청국장이 당뇨쥐의 혈당과 인슐린 농도를 낮추고 또한 혈장의 콜레스테롤과 중성지질 농도를 감소시킨다고 하였다.<sup>9)</sup> Yang 등<sup>10)</sup>은 자발성 고혈압 흰쥐에 청국장을 6주간 급여한바 나이가 많아짐에 따른 혈압상승을 억제하고 혈장의 중성지질과 LDL-콜레

접수일 : 2006년 2월 3일

채택일 : 2006년 4월 24일

<sup>§</sup>To whom correspondence should be addressed.

E-mail : jbkoh@silla.ac.kr

스테롤 농도를 감소시키는 효과가 있다고 하였다.

담자균류에 속하는 신령버섯의 다당류나 단백질다당체 등이 항종양, 항암 및 항돌연변이 효과 등의 약리작용이 있는 것으로 알려져 있고,<sup>11-13)</sup> Choi 등<sup>14)</sup>은 신령버섯의  $\beta$ -glucan은 비만인 당뇨쥐의 식후혈당의 상승을 억제하는 효과가 있고 중성지방 농도를 낮추어 혈액의 지질조성을 개선시켜 심혈관질환을 감소시킬 수 있다고 하였다. 신령버섯 분말이나 균사체 액체배양액에 함유된 다당류, 스테롤 및 식이섬유소 등이 간에서 중성지방 합성을 억제하거나 변으로 지질의 배설을 증가시켜서 지질대사의 개선 효과가 있다고 하였다.<sup>15-18)</sup>

이상의 여러 연구들에서 청국장의 발효과정에서 생성된 생리활성물질이 알려지고 있으나, 청국장이 고지혈증에 미치는 효과에 대한 체계적인 연구는 드문 실정이다. 따라서 본 연구는 청국장과 신령버섯을 첨가한 청국장에 함유된 단백질분해물, 당류, 식이섬유, 점질물 및 특수성분이 동물성 지방의 과다섭취로 오는 비만이나 심혈관계 질환의 예방이나 치료에 미치는 효과를 검토하고자 성숙한 암쥐에 고지방식이 (10% 지방과 0.1% 콜레스테롤)로 4주간 고지혈증을 유발한 후 고지방식이에 청국장 분말을 첨가한 식이로 8주간 사육하고, 체중변화, 식이효율, 간과 혈청의 지질 농도, 단백질 농도의 변화를 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 일반청국장 및 상령버섯 청국장 제조 및 성분분석

원료 콩은 경남 함안에서 재배한 콩 (중태)을 구입하여 사용하였다. 일반청국장은 콩을 세척하여 24시간 수침하한 후 가압증자기 121°C에서 60분간 삶은 다음 60°C가 되도록 식히고 무공해 벗짚을 넣어서 배양기의 온도를 43°C로 조절하고 48시간 발효시켰다. 신령버섯 (아가리쿠스) 청국장은 콩을 세척한 후 케이비에프 (주)에서 액체배양한 신령버섯 배양액<sup>19)</sup>에 24시간 침지한 다음 일반청국장과 같은 방법으로 발효하였다. 제조한 청국장은 동결 건조하여 분쇄기로 균질하게 분쇄하여 실험재료로 사용하였다. 청국장의 일반성분은 AOAC<sup>19)</sup> 방법에 준하여 측정하였다. 일반청국장의 수분 3.2%, 조단백질 40.2%, 조지방 19.0%, 조섬유 14.0, 회분 6.1%이고, 신령버섯 청국장의 수분 3.4%, 조단백질 42.3%, 조지방 19.4%, 조섬유 14.2, 회분 6.2%이었다.

생후 20주령 (평균체중 262.5 g)의 Sprague-Dawley 계 암컷 흰쥐를 4주간 고지방식이 (대조식이: 5% 돈지, 5% 옥수수유, 0.1% 콜레스테롤)로 고지혈증을 유발시킨 후 평

균체중이 284.7 g의 동물을 각 실험군에 8마리씩 3군으로 나누었다. 실험 식이의 조성은 Table 1과 같다.

실험군은 대조군 (고지방식이), 일반 청국장군 (고지방식이에 청국장 첨가군) 및 신령버섯 청국장군 (고지방식이에 신령버섯 청국장 첨가군) 등이다. 고지방식이 섭취시 단백질원으로 청국장 급여효과를 검토하고자 하였다.<sup>8,10)</sup> 각 실험군간의 단백질, 열량, 무기염류, 식이섬유소 및 콜레스테롤의 수준을 동일하게 조절한 실험식이로 8주간 사육하였다. 실험실의 사육 조건은 온도 22±2°C, 습도 50~60%를 항상 유지시켰고, 명암은 12시간 (07:00~19:00)을 주기로 자동 조절하였으며, 물과 사료는 자유로 먹게 하였다.

### 2. 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) = 체중증가량 (g)/식이섭취량 (g) × 100.

### 3. 시료채취 및 분석

실험 종료일에 14시간 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. 변의 수집은 실험종료 전 4일간 변을 모아서 이물질질을 제거한 후

Table 1. Composition of experimental diets (g%)

Ingredients	Control	CK	CKA
Corn starch	50.2	43.8	45.8
Casein (protein 87%)	18.0		
Sucrose	10.0	10.0	10.0
Cellulose	6.5	1.06	1.06
DL-methionine	0.3	0.3	0.3
Choline bitartrate	0.2	0.2	0.2
Mineral mix. <sup>1)</sup>	3.5	1.8	1.8
Vitamin mix. <sup>2)</sup>	1.0	1.0	1.0
Cholesterol	0.1	0.14	0.14
Sodium choleate	0.2	0.2	0.2
Lard <sup>3)</sup>	5.0	1.0	1.0
Corn oil	5.0	1.5	1.5
Cheonggukjang <sup>3)</sup>		39.0	37.0

<sup>1), 2)</sup> AIN-93-MX mineral and AIN-93-VX vitamin mixture.<sup>20)</sup>

<sup>3)</sup> Lard: 100 mg cholesterol/100 g lard

<sup>4)</sup> CK: cheonggukjang diet, CKA: cheonggukjang + liquid culture of *Agaricus blazei* diet

무게를 측정하고 100℃에서 2시간 건조하여 분석시료로 사용하였다.

혈청의 중성지질, 인지질, 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, 단백질, 알부민 및 혈당 농도는 자동생화학분석기 (Autohumalyzer 900S, Germany)로 측정하였고, LDL-cholesterol 농도는 (Polymedco NY) kit 시약으로 측정하였다. 동맥경화지수 (atherogenic index: AI)는 Haglund 등<sup>21)</sup>의 방법에 따라서 AI = (total cholesterol - HDL-cholesterol) / HDL-cholesterol 식으로 계산하였다. 혈액의 hemoglobin은 cyanmethemoglobin 법<sup>22)</sup>으로 측정하였다. 간조직과 변의 지질은 Folch법<sup>23)</sup>으로 추출하여 지질측정용으로 사용하였다. 간조직과 변의 총 지질은 phospho-vanillin 법,<sup>24)</sup> 중성지질과 총 콜레스테롤 농도는 각각의 측정용 kit 시약으로 측정하였다.

4. 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

1. 고지혈증 예비실험

실험동물의 고지혈증 예비실험 결과는 다음과 같다. 출발시 (0 week) 간의 지질 농도 (mg/g of wet liver)는 총 지질 36.9 ± 6.0, 콜레스테롤 3.31 ± 0.54, 중성지질 10.2 ± 1.9 이고, 혈청의 지질 농도 (mg/dL)는 총 지질 253.2 ± 22.5, 총 콜레스테롤 80.3 ± 10.5, 중성지질 46.3 ± 6.5 이었다. 4주간 고지방식이 (대조식이)를 급여한 결과는 간의 지질 농도는 총 지질 67.6 ± 9.8, 콜레스테롤 5.55 ± 0.69, 중성지질 23.9 ± 3.3 이고, 혈청의 지질 농도는 총 지질 269.7 ± 23.5, 총 콜레스테롤 85.2 ± 11.5, 중성지질 66.4 ± 7.8 이었다. 4주간 고지방 식이 섭취로 간의 지질 농도는 유의하게 증가되었다. 혈청의 총 지질과 콜레스테롤

농도는 유사한 경향이었으나 중성지질 농도는 유의하게 증가되어 고지혈증이 유도 된 것으로 나타났다.

2. 체중증가량, 식이섭취량 및 식이 효율

성숙한 암쥐 (260.8 ± 16.4 g)를 대상으로 하여 4주간 대조식이 (고지방)로 사육한 바 체중증가량 23.5 ± 23.3 g, 식이섭취량 16.3 ± 2.5 g, 식이효율은 5.4 ± 1.6%이었다. 4주간 고지혈증을 유도한 흰쥐를 각 실험식으로 8주간 사육한 결과 실험동물의 체중변화, 식이섭취량 및 식이효율은 Table 2와 같다. 체중변화는 대조군은 16.1 g이 증가하였는데 비해 청국장군 및 신령 버섯 청국장군은 각각 1.0 g 및 5.9 g씩 증가로 유의하게 낮은 증가율을 보였다. 식이섭취량은 대조군에 비하여 청국장군 및 신령버섯 청국장군은 각각 14.6% 및 11.2%씩 감소되었으나 유의한 차이는 아니었고, 식이효율은 체중증가량과 유사한 경향으로 나타났다. 청국장과 신령버섯 청국장은 유사한 경향이였다.

Kim 등<sup>3)</sup>은 찐콩과 청국장 (Natto) 분말을 성장기 흰쥐에 4주간 급여한바 식이섭취량의 감소와 체중증가율이 대조군보다 유의하게 낮았다고 하였다. Yang 등<sup>10)</sup>은 찐콩과 청국장 분말을 고혈압 흰쥐에 급여한바 식이섭취량이 대조군 보다 감소되었음은 낮은 섭식기호때문이라고 하였고 Mitchell 등<sup>25)</sup>과 Choi와 Lee<sup>26)</sup>는 식이중 단백질의 종류나 성질은 동물의 섭식기호에 영향을 줌으로 식이섭취량에 영향을 미친다고 하였다. 본 실험 결과 식이섭취량 감소와 더불어 체중이 유의하게 감소되었음은 상기 보고<sup>8,10)</sup>와 유사한 경향으로 청국장이 체지방 축적을 억제하여 (Table 4) 체중이 감소되고 또한 낮은 식이섭식 기호에 기인하는 것으로 생각되나 앞으로 많은 연구가 이루어 져야하겠다.

Table 3. The organ weight of female rats (g/100 g body weight)

Groups <sup>1)</sup>	Liver	Kidney	UFP <sup>4)</sup>
Control	2.37 ± 0.47 <sup>2)3)NS</sup>	0.60 ± 0.08 <sup>NS</sup>	2.67 ± 0.70 <sup>o</sup>
CK	2.34 ± 0.18	0.65 ± 0.05	1.22 ± 0.26 <sup>o</sup>
CKA	2.42 ± 0.53	0.66 ± 0.09	1.49 ± 0.47 <sup>o</sup>

<sup>1,2,3)</sup> See the legend of Table 2. <sup>4)</sup>UFP: uterine fat pad

<sup>o,NS</sup> Values within a column with different superscripts letters were significantly different at p < 0.05

Table 2. The body weight gain, food intake and food efficiency ratio (FER) of female rats fed cheonggukjang for 8 weeks

Groups <sup>1)</sup>	Body weight gains (g)			Food intake (g/day)	FER (%)
	Initial	Final	Gains		
Control	286.1 ± 22.2 <sup>2)</sup>	302.2 ± 21.3	16.1 ± 7.5 <sup>o</sup>	14.9 ± 2.1 <sup>3)NS</sup>	2.4 ± 1.0 <sup>o</sup>
CK	284.5 ± 17.1	285.5 ± 15.4	1.0 ± 8.1 <sup>o</sup>	13.0 ± 2.3	0.0 ± 1.5 <sup>o</sup>
CKA	283.7 ± 18.4	289.6 ± 16.8	5.9 ± 7.5 <sup>o</sup>	13.4 ± 2.3	0.8 ± 1.1 <sup>o</sup>

<sup>1)</sup>Control: fed control diet for 12 weeks.

CK: fed control diet for 4 weeks and then fed cheonggukjang diet for 8 weeks.

CKA: fed control diet for 4 weeks and then fed cheonggukjang + liquid culture of *Agaricus blazei* diet for 8 weeks.

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

<sup>o,NS</sup>Values within a column with different superscripts letters are significantly different at p < 0.05

### 3. 장기 무게 변화

청국장 분말이 장기 및 부고환지방 무게에 미치는 영향을 조사하고자 체중 100 g 당 각 장기의 무게를 측정된 결과는 Table 3과 같다. 간과 신장의 무게는 대조군과 청국장군들이 유사한 경향을 보였으나, 자궁주위 지방 무게는 대조군에 비하여 청국장 및 신령버섯 청국장군이 유의하게 감소되었다. 이는 청국장섭취로 쥐의 장에서 지질흡수가 억제되고, 변으로 지질배설량이 증가 (Table 7)되어 지방축적이 감소된 것으로 생각 할 수 있다.

### 4. 간조직의 지질 농도 변화

간조직의 지질의 농도는 Table 4와 같다. 총 지질, 콜레스테롤 및 중성지질 농도는 대조군에 비하여 청국장군 및 신령버섯 청국장군이 유의하게 감소하여 청국장이 간의 콜레스테롤 및 중성지질 축적을 억제하는 효과가 나타났다. 청국장과 신령버섯 청국장은 유사한 경향이였다.

Kim 등<sup>8)</sup>은 찐콩을 성장기 흰쥐에 급여한바 간의 중성지질과 콜레스테롤이 감소되었다고 하였고, Yang 등<sup>10)</sup>은 고혈압 흰쥐에 찐콩 및 청국장을 급여한바 간의 총 지질과 중성지질이 대조군 보다 감소하였고, 콜레스테롤 합성 속도 조절효소인 3-hydroxyl 3-methyl glutaryl CoA (HMG-CoA) reductase 활성이 간세포에서 대조군 보다 청국장군

에서 유의하게 감소되었다고 하였다. 간의 콜레스테롤 합성과 HMG-CoA reductase 활성은 다양한 생리적, 영양적 조건에 따라서 영향을 받는 것으로 알려져 있다.<sup>27)</sup>

본 실험결과도 상기 보고와 유사한 경향으로 청국장에 함유된 성분이 HMG-CoA reductase 활성을 조절하여 간의 콜레스테롤 합성이 감소된 것으로 생각되며, 또한 장에서 청국장 발효과정중 생성된 단백질의 분해물, 식이섬유, 난소화성 당류 등이 중성지질과 콜레스테롤 흡수를 억제하여 변으로 배설을 증가 (Table 7) 시켜 간으로 중성지질 유입이 감소된 것으로 생각되며, 청국장이 간의 지질대사에 영향을 주는 것에 대하여는 많은 연구가 이루어져야 하겠다.

### 5. 혈청의 지질농도 변화

대조 (고지방)식이로 4주간 고지혈증을 유도한 성숙한 암쥐에 청국장 분말을 8주간 급여한바 혈청의 지질농도 변화는 Table 5 및 6과 같다. 혈청의 중성지질, 총 콜레스테롤 LDL-콜레스테롤 농도 및 동맥경화지수는 대조군에 비해 청국장군 및 신령버섯 청국장군이 유의하게 감소하여 청국장 지질대사의 개선 효과가 있는 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.

청국장군에 비해 신령버섯 청국장군이 혈청의 총 지질, 중성지질, LDL-콜레스테롤 농도 및 동맥경화지수를 유의한 차이는 아니나 다소 감소시키는 경향은 신령버섯에 포함된 다당류나 스테롤류 및 식이 섬유소의 상승효과로 생각된다.<sup>15-18)</sup>

선행연구에서 고콜레스테롤식이에 대두 단백질을 첨가한

**Table 4.** The hepatic lipid concentrations of female rats (mg/g of wet liver)

Groups <sup>1)</sup>	Total lipid	Cholesterol	Triglyceride
Control	55.93 ± 9.30 <sup>2b)</sup>	6.41 ± 0.82 <sup>b)</sup>	14.55 ± 1.84 <sup>b)</sup>
CK	40.22 ± 6.62 <sup>a)</sup>	4.13 ± 0.65 <sup>a)</sup>	10.24 ± 1.67 <sup>a)</sup>
CKA	42.21 ± 9.31 <sup>a)</sup>	4.31 ± 0.61 <sup>a)</sup>	10.98 ± 1.93 <sup>a)</sup>

<sup>1,2)</sup>See the legend of Table 2.

<sup>a,b)</sup>Values within a column with different superscripts letters were significantly different at p < 0.05

**Table 5.** The serum lipid concentrations of female rats (mg/dl)

Groups <sup>1)</sup>	Total lipid	Triglyceride	Phospholipid
Control	300.5 ± 62.9 <sup>2b)</sup>	70.41 ± 8.04 <sup>b)</sup>	113.50 ± 21.60 <sup>3)NS</sup>
CK	268.7 ± 51.4 <sup>ab)</sup>	56.01 ± 7.14 <sup>a)</sup>	125.00 ± 26.44
CKA	240.9 ± 37.5 <sup>a)</sup>	49.26 ± 7.91 <sup>a)</sup>	107.70 ± 19.74

<sup>1,2,3)</sup>See the legend of Table 2.

<sup>a,c)</sup>Values within a column with different superscripts letters were significantly different at p < 0.05

**Table 7.** The fecal weight and total lipid concentrations of female rats

Groups <sup>1)</sup>	Fecal wet wt. (g/day)	Moisture (%)	Total lipid (mg/day)
Control	0.91 ± 0.13 <sup>2a)</sup>	7.64 ± 0.77 <sup>a)</sup>	28.84 ± 1.73 <sup>a)</sup>
CK	1.15 ± 0.21 <sup>b)</sup>	17.32 ± 5.22 <sup>b)</sup>	78.50 ± 7.02 <sup>b)</sup>
CKA	1.22 ± 0.25 <sup>b)</sup>	17.74 ± 4.85 <sup>b)</sup>	84.02 ± 15.86 <sup>b)</sup>

<sup>1,2)</sup>See the legend of Table 2.

<sup>a,b)</sup>Values within a column with different superscripts letters were significantly different at p < 0.05

**Table 6.** The serum cholesterol concentrations and atherogenic index (AI) of female rats

Groups <sup>1)</sup>	Total cholesterol	HDL-cholesterol	LDL-cholesterol	HDL-C/T-C <sup>4)</sup>	AI <sup>5)</sup>
Control	109.47 ± 18.54 <sup>2b)</sup>	34.47 ± 6.57 <sup>3)NS</sup>	14.16 ± 1.74 <sup>b)</sup>	31.79 ± 5.01 <sup>b)</sup>	2.23 ± 0.66 <sup>b)</sup>
CK	80.73 ± 15.13 <sup>a)</sup>	34.20 ± 4.44	11.67 ± 2.36 <sup>a)</sup>	43.17 ± 7.16 <sup>a)</sup>	1.38 ± 0.43 <sup>a)</sup>
CKA	76.92 ± 12.92 <sup>a)</sup>	35.73 ± 3.90	10.29 ± 2.29 <sup>a)</sup>	46.91 ± 4.40 <sup>a)</sup>	1.15 ± 0.20 <sup>a)</sup>

<sup>1,2,3)</sup>See the legend of Table 2. <sup>4)</sup>HDL-C/T-C (%) = (HDL-cholesterol ÷ Total cholesterol) × 100. <sup>5)</sup>AI = (Total cholesterol - HDL-cholesterol) ÷ HDL-cholesterol.

<sup>a,b)</sup>Values within a column with different superscripts letters were significantly different at p < 0.05

식이로 흰쥐를 사육한바 혈청 콜레스테롤을 감소시킨다고 하였고,<sup>28)</sup> 성장기 흰쥐에 청국장 (natto)를 4주간 섭취시 혈청 콜레스테롤과 중성지질이 감소되었다는 보고<sup>8)</sup>와 본 실험결과도 일치된다. 동물성 단백질과 식물성 단백질이 체내 지질대사의 차이는 아미노산의 비율, 특히 lysine-arginine의 비율에 영향을 받는 것으로 보고<sup>29)</sup>되었고, Kato 등<sup>30)</sup>은 카제인과 같이 lysine-arginine의 비율이 2.3으로 높은 단백질은 아테롬성 동맥경화증을 촉진하고 그 비율이 낮으면 arginase 활성을 높여 아테롬성 동맥경화증을 억제한다고 하였고, 대두 단백질의 lysine-arginine의 비율이 0.57~0.83으로 arginase 활성이 증가되어서 아포단백질의 합성을 촉진하여 혈중 유리 콜레스테롤 비율을 감소시켜 콜레스테롤을 낮추는 효과가 있다고 하였다. Lee 등<sup>5)</sup>은 청국장 단백질의 lysine-arginine의 비율이 1.17~1.23이라고 하였고, Kim 등<sup>1)</sup>은 우리나라의 시판 청국장 유리 아미노산 조성을 분석한 결과 lysine-arginine의 비율이 0.82 (전국 평균)이라고 보고된 바 있다. Taguchi 등<sup>31)</sup>은 Natto가 찐 콩에 비해 펙틴함량이 14% 증가하였다고 하였고, 펙틴과 같은 섬유소는 장에서 지질대사에 영향을 주는 것으로 알려져 있다.<sup>32)</sup> 본 실험에서 대조군 (단백질원으로 카제인)에 비해 청국장 급여군이 혈청의 중성지질, 총 콜레스테롤, LDL-콜레스테롤 농도 및 동맥경화지수가 유의하게 감소되었음은 청국장의 발효과정 중 생성된 단백질 분해물인 peptides나 lysine-arginine 비율,<sup>1,3)</sup> 수용성 식이섬유인 펙틴 함량 증가,<sup>31)</sup> 점질물 (mucilage)<sup>33)</sup> 및 항산화물<sup>34)</sup> 등이 간의 콜레스테롤 합성을 낮추거나 변으로 담즙산이나 스테롤의 배설 증가에 기인하는 것으로 생각된다.

**6. 변의 지질 배설량**

청국장 및 신령버섯 청국장 분말이 변의 지질 배설량에 미치는 영향을 조사한 바 Table 7과 같다. 변 배설량은 대조군에 비하여 청국장군 및 신령버섯 청국장군이 유의하게 증가되었고, 변의 수분함량도 대조군에 비하여 청국장군들이 유의하게 증가되었다. 이는 청국장이 변의 배설량을 증가시키는 것으로 나타났다. 변의 총 지질의 배설량은 대조군에 비하여 청국장군들이 유의하게 증가되었다.

Park 등<sup>35)</sup>과 Nagaoka 등<sup>36)</sup>은 대두 단백질이 혈청 콜레스테롤을 감소시키는 것은 콜레스테롤의 흡수율의 감소와 변으로 총 스테롤의 배설증가와 관련이 있다고 보고하였고 Choi와 Lee<sup>26)</sup>는 대두 단백질이 가수분해 될 때 생성되는 물질들이 담즙산 배설을 촉진시킨다고 하였고, Chen 등<sup>37)</sup>은 성장기 Wistar 쥐에 대두 단백질의 분획물 10%를 급여한바 변으로 콜레스테롤과 담즙산의 배설이 증가되었고 혈장과 간의 콜레스테롤 및 중성지방이 감소되었다고 보고 하였다.

본 실험결과도 상기 보고들과 유사한 경향으로 청국장의 발효과정에서 생성된 단백질분해물, 식이섬유, 난소화성 당류 등의 물질들이 변의 배설량을 증가시키고, 장내에서 지질의 흡수를 억제하여 변으로 배설량이 증가된 것으로 생각되나 자세한 기전이나 성분에 대하여는 많은 연구가 이루어져야 하겠다.

**7. 혈청의 단백질, 혈당 및 혈색소 농도**

청국장과 신령버섯 청국장 분말 급여시 단백질 영양상태 및 혈당과 혈색소 농도에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 8과 같다. 혈청의 총 단백질과 알부민 농도 및 알부민/글로불린 비율은 대조군과 청국장군들이 비슷한 수준으로 정상수준<sup>38)</sup>을 유지하였다. 혈청 알부민은 혈청 총 단백질의 50~70%를 차지하며 혈장 교질 삼투압의 유지와 각종 영양소 등의 운반에 중요한 기능을 담당하는데 일반적으로 총 단백질 농도와 상관관계를 가지며 체내 단백질 대사 이상의 좋은 지표가 된다. 본 실험의 결과 총 단백질과 알부민 농도 및 알부민/글로불린 비율은 청국장 섭취에 따른 영향은 나타나지 않았다. 혈당 농도는 대조군과 청국장군들이 비슷한 수준을 유지하였다. 빈혈의 유무를 판정하는 혈색소 농도는 대조군에 비해 청국장군이 다소 증가되었으나, 신령버섯 청국장군은 유의하게 증가되었다.

**요 약**

청국장 분말이 고지방식이를 섭취한 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향을 조사하고자, 성숙한 암쥐에 4주간 고지방식이

**Table 8.** The protein, glucose and hemoglobin concentrations of female rats

Groups <sup>1)</sup>	Serum (g/dL)			Hemoglobin (mg/dL)	Glucose (mg/dL)
	Total protein	Albumin	A/G ratio		
Control	7.62 ± 0.41 <sup>2)NS</sup>	4.11 ± 0.18 <sup>3)NS</sup>	1.17 ± 0.03 <sup>NS</sup>	13.27 ± 1.56 <sup>c</sup>	161.60 ± 18.15 <sup>NS</sup>
CK	7.19 ± 0.12	3.83 ± 0.16	1.15 ± 0.10	14.31 ± 1.34 <sup>ab</sup>	163.84 ± 10.89
CKA	7.21 ± 0.10	3.94 ± 0.06	1.20 ± 0.03	15.05 ± 0.83 <sup>b</sup>	151.66 ± 11.26

<sup>1,2,3)</sup> See the legend of Table 2.

<sup>ab</sup> Values within a column with different superscripts letters are significantly different each other groups at p < 0.05

(0.1% 콜레스테롤, 10% 지방)로 고지혈증을 유도한 후 대조군(고지방식이), 청국장군(고지방식이에 단백질원으로 청국장 분말을 첨가한 식이) 및 신령버섯 청국장군(고지방식이에 단백질원으로 신령버섯 청국장 분말을 첨가한 식이) 등 3군으로 나누어 8주간 사육한 결과는 다음과 같다.

실험동물의 체중변화는 대조군은 16.1 g 증가에 비하여 청국장군 및 신령버섯 청국장군은 각 1.0 g 및 5.9 g 증가로 유의하게 감소되었고, 식이섭취량 및 식이효율도 대조군에 비하여 청국장군들이 감소되었다. 자궁주위 지방의 무게 및 간조직의 콜레스테롤과 중성지질 농도는 대조군에 비하여 청국장군 및 신령버섯 청국장군이 유의하게 감소되었다.

혈청의 중성지질, 총 콜레스테롤, LDL-콜레스테롤 농도 및 동맥경화지수는 대조군에 비해 청국장군 및 신령버섯 청국장군이 유의하게 감소되었고, 총 콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤의 비율은 대조군에 비해 청국장군들이 유의하게 증가되었다. 변의 무게, 수분함량 및 총 지질 배설량은 청국장군들이 대조군 보다 유의하게 증가된 것으로 나타났다. 혈청 단백질 및 혈당 농도는 청국장 및 신령버섯 청국장 섭취에 의한 영향은 나타나지 않았으나, 혈색소 농도는 청국장군들이 증가되는 것으로 나타났다.

이상의 결과로 보아 고지방식이에 청국장 및 신령버섯 청국장 분말 첨가 섭취시 흰쥐의 체중 감소와 혈청과 간조직의 중성지질, 총 콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 농도 및 동맥경화지수를 낮추고, 총 콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤의 비율이 증가되어 지질대사의 개선 효과가 있는 것으로 나타났다.

#### Literature cited

- Kim JS, Yoo SM, Chang CM. Physicochemical properties of traditional Chonggugjang produced in different regions. *Agric Chem Biotechnol* 41: 377-383, 1998
- Kim SH, Yang JL, Song YS. Physiological functions of Chongkukjang. *Food Industry and Nutrition* 4: 40-46, 1999
- Lee JO, Ha SD, Kim AJ, Yuh CS, Bang IS, Park SH. Industrial application and physiological function of Chongkukjang. *Food Science Industry* 38: 69-78, 2005
- Sumi H, Hamada H, Tsushima H, Mihara H, Muraki H. A novel fibrinolytic enzyme (nattokinase) in the vegetable cheese Natto: a typical and popular soybean food in the Japanese diet. *Experientia* 43: 1110-1111, 1987
- Lee BY, Kim DM and Kim KH. Physico-chemical properties of viscous substance extracted from Chongkook-jang. *Korean J Food Sci Technol* 25: 64-67, 1991
- Suzuki Y, Kondo K, Umermura K. 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, 2003
- Omura K, Hitosugi M, Zhu X, Ikeda M, Maeda H, Tokudome S. A newly derived protein from *Bacillus subtilis natto* with both antithrombotic and fibrinolytic effects. *J Pharmacological Sciences* 99: 247-251, 2005
- Kim BN, Kim JD, Ham SS, Lee SY. Effects of spice added Natto supplementation on the lipid metabolism in rats. *J Korean Soc Food Nutr* 24(1): 121-126, 1995
- Kim JI, Kang MJ, Kwon TW. Antidiabetic effect of soybean and chungkukjang. *Korean Soybean Digest* 20: 44-52, 2003
- Yang JL, Lee SH, Song YS. Improving effect of powders of cooked soybean and chugkukjang on blood pressure and lipid metabolism in spontaneously hypertensive rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 899-905, 2003
- Yoshiaki F, Hidekazu K, Koichi O, Ryo S, Takusaburo E. Tumoricidal activity of high molecular weight polysaccharides derived from *Agaricus blazei* via oral administration in the mouse tumor model. *Nippon Shokuhim. Kagaku Kaishi* 45: 246-252, 1998
- Itoh H, Amano H, Noda H. Inhibitory action of a (1→6)- $\beta$ -D-glucan-protein complex isolated from *Agaricus blazei* Murill on metha fibrosarcoma-bearing mice and its antitumor mechanism. *Jpn J Pharmacol* 66: 265-271, 1994
- Menoli RCRN, Mantovani MS, Ribeiro LR, Speit G, Jordao BQ. Antimutagenic effects of the mushroom *Agaricus blazei* Murrill extracts on V79 cells. *Mutation Research* 496: 5-13, 2001
- Choi JM, Koo SJ. Effects of  $\beta$ -glucan from *Agaricus blazei* Murrill on blood glucose and lipid composition in db/db mice. *Korean J Food Sci Technol* 32: 1418-1425, 2000
- Lee HJ, Koh JB. Effects of liquid culture of *Agaricus blazei* Murrill on Lipid Metabolism and Enzyme Activities in Rats Fed High Fat Diet. *Korean J Nutrition* 36: 352-358, 2003
- Koh JB. Effects of liquid culture of *Agaricus blazei* Murrill on growth, lipid and protein levels, and enzyme activities in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 887-892, 2003
- Koh JB, Kim JY. Effects of liquid culture of *Agaricus blazei* Murrill on lipid metabolism in rats fed cholesterol diet. *Journal of Life Science* 14: 531-536, 2004
- Oh SW, Lee CU, Koh JB. Effects of *Agaricus blazei* Murrill on lipid metabolism in rats fed high fat diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 821-826, 2004
- AOAC. *Official of analysis*. 15th ed Association of Official Analytical Chemists. Washington DC, pp.211-260, 1980
- Reeves PG, Nielsen FH, Fahey GC. 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, 1993
- Haglund O, Loustarinen R, Wallin R, Wibell I, Saldeen T. The effect of fish oil on triglycerides, cholesterol, fibrinogen and malondialdehyde in humans supplemented with vitamin. *Eur J Nutr* 121: 165-172, 1991
- Davidson I, Henry JB. *Todd-Sanford clinical diagnosis by laboratory methods*, 13th ed. WB. Saunders Co. Philadelphia, pp.73-75, 1966.
- Folch J, Lees M, Stanley GSH. A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissues. *J Biol Chem* 226: 497-509, 1957

- 24) Frings CS, Dunn RT. A colorimetric method for determination of total serum lipid based on the sulfophospho-vanillin reaction. *Am J Clin Path* 53: 89-91, 1970
- 25) Mitchell GV, Jenkins MY, Grundel E. Protein efficiency ratios and net protein ratios of selected protein foods. *Plant Foods Hum Nutr* 39: 53-58, 1989
- 26) Choi YS, Lee SY. Cholesterol-lowering effects of soybean products (curd or crud residue) in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 22: 673-677, 1993
- 27) Choi YS, Lee SY. Review: Serum cholesterol and 3-hydroxyl 3-methyl glutaryl coenzyme A reductase. *J Korean Soc Food Nutr* 21: 580-593, 1992
- 28) Mol MAE, Smet RC, Terpstra AHM, West CE. Effect of dietary protein and cholesterol on cholesterol concentration and lipoprotein pattern in the serum of chickens. *J Nutr* 112: 1029-1025, 1982
- 29) Park MS, Liepa GU. Effects of dietary protein and amino acid on the metabolism of cholesterol carrying lipoproteins in rat. *J Nutr* 112: 1892-1897, 1982
- 30) Kato T, Takemoto K, Kuwabara Y. Effects of Spirulina (*Spirulina platensis*) on dietary hypercholesterolemia in rats. *J Jpn Soc Nutr Food Science* 37: 323-332, 1984
- 31) Taguchi K, Kawabata M, Ohtsuki K, Tanaka Y. Changes in dietary fiber of natto and tempeh during fermentation. *J Jpn Soc Nutr Food Science* 39: 203-208, 1986
- 32) Wells AF, Erschoff BH. Beneficial effects of pectin in prevention of hypercholesterolemia and increase in liver cholesterol in cholesterol fed rats. *J Nutr* 74: 87-93, 1981
- 33) Kim SC, Lee SH, Wi SJ. The effects of Natto mucilage on the components of serum lipid in rats. *J of Korean Oil Chemists' Soc* 19: 63-67, 2002
- 34) Yokota T, Hattori T, Ohishi H, Hasegawa K, Watanabe K. The effect of antioxidant-containing fraction from fermented soybean food on atherosclerosis development in cholesterol-fed rabbits. *Lebensm-Wiss u-Technol* 29: 751-755, 1996
- 35) Park MS, Kudchodkar BJ, Liepa GU. Effects of dietary animal and plant proteins on the cholesterol metabolism in immature and mature rats. *J Nutr* 117: 30-35, 1987
- 36) Nagaoka S, Awano T, Hashimoto K. Serum cholesterol reduction and cholesterol absorption inhibition in CaCo-2 cells by a soy-protein peptic hydrolyzate. *Biosci Biotechnol Biochem* 61: 354-357, 1997
- 37) Chen JR, Chiou SF, Yang SC. Lipid metabolism in hypercholesterolemic rats affected by feeding cholesterol-free diets containing different amounts of non dialyzed soybean protein fraction. *Nutrition* 19: 676-680, 2003
- 38) Song CW, Hwang HS, Han SS. Studies on the basic data of Ktc: SD rats with age. *Korean J Lab Ani Sci* 6: 33-43, 1990