

## 울무청국장이 고지방식을 급여한 흰쥐의 체중변화 및 지질대사에 미치는 영향

박주현<sup>1</sup> · 이경원<sup>1</sup> · 조경동<sup>1</sup> · 김성수<sup>1</sup> · 이복희<sup>2</sup> · 이해정<sup>3</sup> · 한찬규<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>한국식품연구원

<sup>2</sup>중앙대학교 식품영양학과

<sup>3</sup>가천의과학대학교 식품영양학과

### Effects of Korean Traditional *Cheonggukjang* Added with Job's Tears on Body Weight Gains and Lipid Metabolism in Rats Fed High-Fat Diet

Ju-Hun Park<sup>1</sup>, Kyung-Won Lee<sup>1</sup>, Kyung-Dong Cho<sup>1</sup>, Sung-Soo Kim<sup>1</sup>,  
Bog-Hieu Lee<sup>2</sup>, Hye-Jeong Lee<sup>3</sup>, and Chan-Kyu Han<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Korea Food Research Institute, Gyeonggi 463-746, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Food & Nutrition, Chung-Ang University, Gyeonggi 456-756, Korea

<sup>3</sup>Dept. of Food & Nutrition, Gachon University of Medicine and Science, Incheon 406-799, Korea

#### Abstract

This study was performed to investigate the effects of *Cheonggukjang* added with Job's tears (CAJT) on antiobesity and lipid profiles on diet-induced obese rats. Male Sprague-Dawley rats were fed high-fat diet only (A, control), and high-fat diet with *Cheonggukjang* powder 10% (B), CAJT powder 10% (C), *Cheonggukjang* powder 20% (D), CAJT powder 20% (E) for 5 weeks. Body weight gains were similar in the experimental groups, but FER was significantly lower in the group E than group A ( $p < 0.05$ ), and adipose tissue weights in groups with *Cheonggukjang* and CAJT powder were similar to those in the group A. The lengths of small intestine were significantly longer in the groups B, C, D, and E than the group A ( $p < 0.05$ ). Hepatic concentrations of total cholesterol (TC) and triglyceride (TG) were similar to each other. Fecal weights were not significantly different among the groups. Fecal TC concentrations were similar in the experimental groups, but fecal TG concentrations were greatly increased in the groups B, D, and E ( $p < 0.05$ ). The serum TC, HDL-C and LDL-C levels varied slightly among the groups, but serum TG levels were decreased in the group D and E than in the group A ( $p < 0.05$ ). The AI and CRF were marginally decreased in the groups B, D, and E than in the group A ( $p < 0.05$ ). However, blood glucose levels were not significantly different among the groups. From the findings, it had shown that Job's tears *Cheonggukjang* could improve lipid profiles.

**Key words:** Job's tears, *Cheonggukjang*, body weight, serum lipids, high fat diet

#### 서 론

우리나라는 지난 한 세대에 걸친 급속한 경제발전으로 인해 생활수준이 크게 향상됨에 따라 식생활에도 적지 않은 변화를 가져오게 되었다. 특히, 서구화된 식단으로의 변화는 동물성식품의 지속적인 섭취증가를 가져온 반면, 식이섬유의 섭취는 감소함으로써 지질 및 당질대사 이상에 의한 비만, 고지혈증, 동맥경화, 심근경색 등 순환기계 질병으로 인한 사망률이 급속하게 증가하는 추세에 있다(1-3). 순환기계 질환의 발병원인은 지질대사 이상으로 나타나게 되는데 그 중에서 고콜레스테롤혈증(hypercholesterolemia)뿐만 아니라 고탄수화물식으로 인한 당질유도성 고중성지질혈증(hypertriglyceridemia)으로 유발된다는 보고가 있다(4).

대두를 이용한 전통발효식품인 청국장은 과거 육류 섭취

량이 부족했던 우리나라를 비롯한 동양권에서는 중요한 단백질과 지방질 급원으로 오랫동안 섭취되어 온 중요한 식품으로서(5) 고초균(*Bacillus subtilis*)이 생산하는 효소에 의해 단백질과 당질이 분해되어 끈끈한 점질물이 형성되면서 특유의 맛과 냄새를 가지게 된다(6). 청국장의 발효과정에서 생성된 끈적끈적한 점질물(粘質物)은 폴리글루타민산(poly-glutamate)과 프락탄(fructan)의 혼합물이고, 점질물에 포함된 혈전용해 효소가 nattokinase로 알려져 있다(7). 최근 청국장은 혈전형성 억제능(8), 체중감소 및 혈압강하 효과(9), 항암효과, 혈청의 콜레스테롤 저하 효과(10) 등 다양한 기능성이 알려지면서 건강식품으로서 크게 주목받고 있다.

울무는 화본과(禾本科)에 속하는 1년초로서 열대, 아열대, 온대남부에서 재배된다(11). 울무는 다른 곡류에 비하여 고단백, 고지방의 곡류이고 전분의 대부분이 amylopectin으로

\*Corresponding author. E-mail: ckhan@kfri.re.kr  
Phone: 82-31-780-9236, Fax: 82-31-709-9876

되어 있으며 섬유소뿐만 아니라 Ca, Fe, Vit B<sub>1</sub>, Vit B<sub>2</sub> 등이 풍부하게 함유되어 있어 건강식품으로 각광받고 있다(12). 또한 혈장 콜레스테롤 및 중성지방 함량을 저하시키고 조직과 혈장간의 콜레스테롤 재분배를 담당하는 HDL-콜레스테롤 함량을 증가시켜 전체적인 지질대사에 관여한다(13,14). 울무의 약리적인 효능으로는 자양강장제, 이노제, 건위제, 진통제, 소염제 및 폐결핵, 관절통 등에도 효력이 있다고 알려져 있다(15).

현재까지 우수한 기능성식품으로 각광받고 있는 울무를 콩과 배합하여 제조한 울무청국장장의 생리활성에 대한 체계적인 연구는 드물다. 이에 본 연구는 적정량의 대두와 울무를 혼합하여 발효시킨 울무청국장 분말을 고지방식이와 함께 흰쥐에게 급여하였을 때 체중 증가와 체지방 축적 억제, 혈액과 간 조직의 지질대사 개선 등에 미치는 영향을 조사하여 기능성 울무청국장으로서의 활용을 위한 기초자료를 얻기 위하여 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

청국장 제조에 사용된 대두(*Glycine max* L.)와 울무(*Coix lacryma-jobi* L.)는 경기도 연천군에서 재배한 2010년산 제품으로 (주)연천농협에서 구입하여 사용하였고 청국장 발효에 사용된 균주는 (주)엔유씨전자(Daegu, Korea)에서 2010년 5월에 구입한 청국장용 *Bacillus subtilis* 종균을 사용하였다.

### 울무청국장 제조 및 성분 분석

울무청국장장의 제조를 위하여 양질의 콩만을 선별하여 5~6회 문질러 깨끗이 씻은 후 4°C의 물에서 24시간 침지하고 물을 뺀 다음 121°C에서 40분간 증자하였다. 울무는 같은 방법으로 깨끗이 수세하여 4°C의 물에서 24시간 침지한 후 솥에서 끓는 물에 약 1시간 증자하였다. 50°C 정도로 식힌 대두와 울무를 4:1의 비율로 혼합하고 여기에 총 중량의 0.5%의 *Bacillus subtilis* 종균을 접종하여 40°C에서 48시간 발효시켜 울무청국장을 제조하였다. 한편, 일반청국장은 울무를 첨가하지 않고 같은 조건에서 발효시켰으며, 발효가 끝난 후 각 청국장 시료를 동결건조하고 분쇄하여 분말청국장 시료로 사용하였다. 청국장 및 울무청국장 분말에 대한 일반성분을 AOAC 방법(16)에 준하여 측정된 결과는 Table 1에 제시하였다.

### 실험동물의 식이 및 사육

울무청국장장이 고지방식이를 급여한 흰쥐의 생리효능에 미치는 영향을 평가하기 위해 실험식이는 Table 2에 제시한 바와 같이 고지방식이(D12492, 45 kcal fat, Research Diets, Inc., New Brunswick, NJ, USA)를 기본식으로 하여 고지방식이에 청국장 및 울무청국장 분말을 각각 10%, 20%씩 중량비(weight basis)로 첨가하여 펠렛 형태로 제조하여 5주간

Table 1. Proximate compositions of powdered *Cheonggukjang* and powdered *Cheonggukjang* added with Job's tears (g/100 g)

Sample	Moisture	Crude fat	Crude protein	Crude ash	Carbohydrate
CNAJT <sup>1)</sup>	3.5	24.6	41.9	5.3	24.8
CAJT <sup>2)</sup>	2.9	20.0	37.2	4.6	35.2

<sup>1)</sup>CNAJT: *Cheonggukjang* not added with Job's tears.

<sup>2)</sup>CAJT: *Cheonggukjang* added with Job's tears.

Table 2. Experimental design for animal study

Group (n=10)	Treatment
A	High fat diet <sup>1)</sup> (100%, control)
B	High fat diet (90%)+CNAJT <sup>2)</sup> powder (10%)
C	High fat diet (90%)+CAJT <sup>3)</sup> powder (10%)
D	High fat diet (80%)+CNAJT powder (20%)
E	High fat diet (80%)+CAJT powder (20%)

<sup>1)</sup>High fat diet (D12492) ingredients (% of diet): casein (25.85), L-cystine (0.39), maltodextrin (16.15), sucrose (8.89), cellulose (6.46), soybean oil (3.23), lard (31.66), mineral mix (1.29), di-calcium phosphate (1.68), calcium carbonate (0.71), potassium citrate (2.13), vitamin mix (1.29), choline bitartrate (0.26), FD & C blue dye #1 (0.01).

<sup>2)</sup>CNAJT: *Cheonggukjang* not added with Job's tears.

<sup>3)</sup>CAJT: *Cheonggukjang* added with Job's tears.

급여하였다.

실험동물은 3주령 된 Sprague-Dawley(SD)계 수컷 흰쥐를 (주)한림실험동물(Hwaseong, Gyeonggi, Korea)에서 구입하였고, 실험 전 1주일 동안 흰쥐용 일반 고형사료(AIN-93G)(17)로 적응기를 거친 후 난괴법(randomized complete block design)으로 실험군당 10마리씩 배치하였다. 사육실의 환경은 항온(23±1°C) 및 항습(50±5%) 조건을 유지하였고, 조명은 12시간 light/dark cycle(08:00~20:00)로 일정하게 조절하였다. 실험기간 동안 식이와 식수는 자유섭취(*ad libitum*)하도록 하였고, 체중은 1주일에 한번씩 일정한 시간에 실험동물저울(GF-2000, AND, Anyang, Gyeonggi, Korea)을 이용하여 측정하였으며, 식이섭취량은 매일 일정한 시간에 공급하고 남은 식이를 4°C에서 냉장보관 한 후 1주일에 한 번 측정하였다. 식이효율(food efficiency ratio, FER)은 체중증가량을 동일 기간 동안의 식이섭취량으로 나누어 계산하였다.

### 실험동물의 처리 및 시료 수집

실험이 종료된 실험동물은 12시간 절식시킨 후 안와정맥총(orbital plexus)으로부터 혈액을 채취하고 원심분리관에 넣어 1시간 정도 실온에 방치한 다음 2,500 rpm에서 10분간 원심분리시킨 후 혈청을 분리하였다. 각 장기조직(간, 신장, 비장, 정소, 소장, 대장) 및 지방조직(신장주변지방패드, 정소상체지방패드, 갈색지방)은 적출 후 0.9% 생리식염수에 세척한 다음 여과지로 물기를 제거하고 무게 또는 길이를 측정하였다. 혈청 및 간 조직은 -70°C에서 냉동보관하면서

분석에 이용하였으며, 분변의 지질분석을 위해 실험종료 전 4일간의 분변을 수집하여 무게를 측정하고 fume hood에서 48시간 자연건조 시킨 후 -18°C에서 냉동보관 하였다.

간 조직과 분변, 혈청의 지질 및 혈당 농도 분석

간 조직과 분변의 총콜레스테롤(total cholesterol, TC) 및 중성지방(triglyceride, TG) 함량은 Folch 등(18)의 방법을 수정, 보완하여 지질성분을 추출한 후 상업용 측정 kit(ASAN Pharmaceutical Co. Ltd., Seoul, Korea)를 이용하여 측정하였다. 혈청 총콜레스테롤(total cholesterol, TC)과 고밀도지단백-콜레스테롤(high density lipoprotein-cholesterol, HDL-C)은 각각 cholesterol reagent kit(Bayer, Pittsburgh, PA, USA)와 direct HDL-cholesterol kit(Bayer)를 시약으로 enzymatic colorimetry 검사법을 이용하였고, 저밀도지단백-콜레스테롤(low density lipoprotein-cholesterol, LDL-C)은 LDL-cholesterol kit(Bayer)를 시약으로 enzyme immunoassay 검사법을 이용하였으며, 중성지방(triglyceride, TG)은 triglycerides reagent kit(Bayer)를 시약으로 lipase, glycerokinase(GK), L- $\alpha$ -glycerol phosphate oxidase(GPO) colorimetry 검사법을 이용하여 자동혈액분석기(ADVIA 1650, Bayer, Shiga, Japan)로 측정하였다. 동맥경화지수(atherogenic index, AI)는  $AI = (TC - HDL-C) / HDL-C$ 의 식으로, 심혈관위험지수(cardiac risk factor, CRF)는  $CRF = TC / HDL-C$ 의 식으로 각각 계산하였다(19). 혈당 농도는 glucose hexokinase kit(Bayer, USA)를 시약으로 enzymatic colorimetry 검사법을 이용하여 자동혈액분석기(ADVIA 1650, Bayer, Shiga, Japan)로 측정하였다.

통계처리

본 연구에서 얻어진 결과는 SPSS(SPSS Inc., Chicago, IL,

USA) 통계 패키지(version 15.0)를 이용하여 통계분석 하였으며, 분석결과는  $mean \pm SE$ (standard error)로 나타내었다. 통계적 유의성 검정은 일원배치 분산분석(one-way analysis of variance, ANOVA)을 한 후  $p < 0.05$  수준에서 Duncan's multiple range test를 이용하여 실시하였다.

결 과

체중, 식이섭취량 및 식이효율

고지방식이에 청국장 및 울무청국장 분말을 첨가한 식이가 흰쥐의 체중, 증체량, 식이섭취량 및 식이효율에 미치는 영향은 Table 3과 같다. 실험개시 시 체중은 83.1~83.6 g이었고, 실험종료 시 체중은 청국장 및 울무청국장 분말 첨가군이 378.7~387.2 g으로 고지방식이 대조군(A)의 397.2 g보다 다소 낮았으나 군별 유의적인 차이는 없었다. 일당 증체량도 유의적 차이는 없었으나 청국장 및 울무청국장 분말 첨가군이 8.44~8.68 g으로 A군의 8.96 g보다 다소 낮았다. 식이섭취량은 울무청국장 분말 20% 첨가군(E)이 다른 실험군보다 유의하게 높았으며, 식이효율은 E군이 A군에 비해 유의적으로 낮았다( $p < 0.05$ ).

장기·지방조직의 무게 및 장관길이

실험동물을 희생시킨 후 적출한 장기 및 지방조직의 단위 체중당 무게, 그리고 단위 체중당 장관길이는 Table 4에 제시하였다. 장기 중 간 무게는 고지방식이 대조군(A)에 비해 다른 실험군들이 다소 높은 경향이었고 이 중 울무청국장 분말 20% 첨가군(E)은 A군에 비해 유의적으로 높았다( $p < 0.05$ ). 신장과 정소 무게는 A군에 비해 청국장 및 울무청국장 분말 첨가군들에서 유의적으로 높았고( $p < 0.05$ ), 비장 무

Table 3. Effect of *Cheonggukjang* added with Job's tears on weight gain, feed intake and FER in rats fed high fat diet

Group <sup>1)</sup>	Initial weight (g)	Final weight (g)	Average weight gain (g/day)	Feed intake (g/day)	FER <sup>2)</sup>
A	83.6 ± 9.58 <sup>3)NS4)</sup>	397.2 ± 28.0 <sup>NS</sup>	8.96 ± 0.66 <sup>NS</sup>	16.97 ± 0.93 <sup>a5)</sup>	0.54 ± 0.02 <sup>b</sup>
B	83.2 ± 6.64	383.6 ± 30.6	8.58 ± 0.93	17.07 ± 0.43 <sup>a</sup>	0.52 ± 0.02 <sup>ab</sup>
C	83.1 ± 9.65	378.9 ± 20.0	8.45 ± 0.47	16.98 ± 0.46 <sup>a</sup>	0.52 ± 0.02 <sup>ab</sup>
D	83.3 ± 5.68	378.7 ± 18.7	8.44 ± 0.48	16.86 ± 0.57 <sup>a</sup>	0.52 ± 0.02 <sup>ab</sup>
E	83.5 ± 7.52	387.2 ± 30.8	8.68 ± 0.71	18.11 ± 0.88 <sup>b</sup>	0.50 ± 0.01 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>See Table 2. <sup>2)</sup>FER (feed efficiency ratio)=weight gain/feed intake. <sup>3)</sup>Mean ± SE (n=10). <sup>4)</sup>Not significant.

<sup>5)</sup>Values within a column with different superscript letters are significantly different at  $p < 0.05$ .

Table 4. Effect of *Cheonggukjang* added with Job's tears on organ weight, adipose tissue weight and length of intestine in rats fed high fat diet

Group <sup>1)</sup>	Organ weight (g/100 g bw)				Adipose tissue weight (g/100 g bw)			Length of intestine (cm/100 g bw)	
	Liver	Kidney	Spleen	Testis	RFP <sup>2)</sup>	EFP <sup>3)</sup>	BAT <sup>4)</sup>	Small	Large
A	2.90 ± 0.14 <sup>5)ab6)</sup>	0.33 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.20 ± 0.03 <sup>NS7)</sup>	0.31 ± 0.06 <sup>a</sup>	1.08 ± 0.23 <sup>NS</sup>	0.87 ± 0.16 <sup>NS</sup>	0.05 ± 0.01 <sup>a</sup>	17.25 ± 1.40 <sup>a</sup>	4.59 ± 0.50 <sup>NS</sup>
B	2.93 ± 0.18 <sup>a</sup>	0.36 ± 0.01 <sup>bc</sup>	0.18 ± 0.02	0.35 ± 0.03 <sup>b</sup>	1.02 ± 0.26	0.82 ± 0.14	0.06 ± 0.02 <sup>b</sup>	21.81 ± 1.95 <sup>c</sup>	4.50 ± 0.63
C	3.07 ± 0.26 <sup>a</sup>	0.35 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.19 ± 0.02	0.36 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.89 ± 0.11	0.75 ± 0.12	0.05 ± 0.01 <sup>a</sup>	21.25 ± 1.30 <sup>c</sup>	4.12 ± 0.65
D	3.09 ± 0.22 <sup>ab</sup>	0.37 ± 0.02 <sup>c</sup>	0.20 ± 0.02	0.36 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.89 ± 0.19	0.73 ± 0.17	0.04 ± 0.01 <sup>a</sup>	20.86 ± 1.47 <sup>c</sup>	4.19 ± 0.51
E	3.27 ± 0.21 <sup>b</sup>	0.36 ± 0.02 <sup>bc</sup>	0.20 ± 0.03	0.34 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.98 ± 0.23	0.79 ± 0.12	0.05 ± 0.01 <sup>a</sup>	18.88 ± 1.20 <sup>b</sup>	4.25 ± 0.39

<sup>1)</sup>See Table 2. <sup>2)</sup>RFP: perirenal fat pad. <sup>3)</sup>EFP: epididymal fat pad. <sup>4)</sup>BAT: brown adipose tissue. <sup>5)</sup>Mean ± SE (n=10).

<sup>6)</sup>Values within a column with different superscript letters are significantly different at  $p < 0.05$ . <sup>7)</sup>Not significant.

게는 실험군 간에 유의적인 차이가 없었다.

지방조직 중 백색 지방인 신장주변지방패드(perirenal fat pad)와 정소상체지방패드(epididymal fat pad)의 무게는 실험군 간에 유의적인 차이는 없었으나 A군에 비해 청국장 및 울무청국장 분말 첨가군들이 다소 낮은 경향을 보였고, 갈색 지방(brown adipose tissue) 무게는 청국장 분말 10% 첨가군(B)이 다른 군들에 비해 유의적으로 높았으나( $p < 0.05$ ), 전반적으로 유사한 수준이었다.

소장 길이는 A군에 비해 청국장 및 울무청국장 분말 첨가군(B, C, D, E)에서 유의적으로 높았으며( $p < 0.05$ ), 대장 길이는 실험군 간에 유의적인 차이가 없었다.

#### 배변량 및 간 조직과 분변의 지질 농도

고지방식이에 청국장 및 울무청국장 분말을 첨가한 식이가 흰쥐의 일일 분변 배설량, 간 조직과 분변의 총콜레스테롤(TC) 및 중성지방(TG) 농도에 미치는 영향은 Table 5에 제시하였다. 배변량은 고지방식이 대조군(A)에 비해 청국장 및 울무청국장 분말 첨가군(B, C, D, E)에서 유사하거나 다소 증가된 경향을 보였으나 실험군 간에 유의적인 차이는 없었다.

간 조직의 TC 농도는 군별 유의적인 차이가 없었고, TG 농도는 울무청국장 분말 10% 첨가군(C)이 청국장 분말 10% 첨가군(B)에 비해 유의적으로 낮았으며( $p < 0.05$ ), 전반적으로 A군과 B, C, D, E군은 유사한 수준의 TG 농도를 나타내었다.

분변의 TC 농도는 군별 유의적인 차이가 없었고, TG 농도는 A군에 비해 B군과 청국장 및 울무청국장 분말 20%

첨가군(D, E)이 유의적으로 높았다( $p < 0.05$ ). 이 중 B, C군에 비해 D, E군의 TG 농도가 유의적으로 높았으며, E군과 D군 간에도 유의적 차이가 있었다( $p < 0.05$ ).

#### 혈청 지질과 혈당 농도

혈청 지질 농도 및 혈당 농도는 Table 6에 제시하였다. 혈청 TC, HDL-콜레스테롤 및 LDL-콜레스테롤 농도는 실험군 간에 유의적인 차이가 없었으며, 혈청 TG 농도는 A군에 비해 청국장 및 울무청국장 분말 20% 첨가군(D, E)에서 유의적으로 낮았다( $p < 0.05$ ).

동맥경화지수(AI)와 심혈관위험지수(CRF)는 A군에 비해 청국장 및 울무청국장 분말 첨가 수준에 따라 낮아지는 경향을 보였고 이 중 청국장 분말 10% 첨가군(B)과 D, E군은 A군에 비해 유의적으로 낮았다( $p < 0.05$ ).

한편, 혈당 농도는 실험군 간에 유의적인 차이가 없는 것으로 드러났다.

#### 고찰

청국장은 전통 발효식품의 하나로서 발효과정에서 생성된 생리활성물질들이 만성퇴행성 질환에 효과가 있는 것으로 알려지고 있어 많은 사람들의 관심의 대상이 되는 식품이다. 이는 고초균(*Bacillus subtilis*)이 생성하는 단백질 분해효소의 작용으로 대두 단백질이 아미노산과 저분자의 펩티드로 분해되고 지방이나 당질 분해효소 등이 있어 소화흡수가 쉽고 영양가가 풍부한 고단백 식품이다. 이러한 청국장의 이용 증대를 위해서는 무엇보다도 청국장 특유의 냄새를 줄

Table 5. Effect of *Cheonggukjang* added with Job's tears on fecal weight and lipid levels of liver tissue and feces in rats fed high fat diet

Group <sup>1)</sup>	Liver tissue (mg/g wet liver)		Feces (mg/g feces)		Fecal weight (g/day)
	TC <sup>2)</sup>	TG <sup>3)</sup>	TC	TG	
A	1.11 ± 0.17 <sup>4)NS5)</sup>	11.56 ± 2.12 <sup>ab6)</sup>	14.72 ± 3.91 <sup>NS</sup>	20.02 ± 3.15 <sup>a</sup>	7.36 ± 3.14 <sup>NS</sup>
B	1.16 ± 0.09	12.23 ± 1.49 <sup>b</sup>	15.84 ± 4.37	24.34 ± 3.80 <sup>b</sup>	7.93 ± 3.23
C	1.20 ± 0.17	9.54 ± 1.84 <sup>a</sup>	16.57 ± 5.25	20.71 ± 2.05 <sup>ab</sup>	7.36 ± 3.32
D	1.01 ± 0.29	11.32 ± 3.47 <sup>ab</sup>	14.04 ± 2.18	28.81 ± 3.56 <sup>c</sup>	7.77 ± 2.92
E	0.97 ± 0.45	11.55 ± 2.02 <sup>ab</sup>	14.36 ± 2.11	33.05 ± 6.55 <sup>d</sup>	7.52 ± 2.88

<sup>1)</sup>See Table 2. <sup>2)</sup>TC: total cholesterol. <sup>3)</sup>TG: triglyceride. <sup>4)</sup>Mean ± SE (n=10). <sup>5)</sup>Not significant.

<sup>6)</sup>Values within a column with different superscript letters are significantly different at  $p < 0.05$ .

Table 6. Effect of *Cheonggukjang* added with Job's tears on serum lipid and glucose levels in rats fed high fat diet

Group <sup>1)</sup>	Lipid profiles <sup>2)</sup>					Glucose (mg/dL)	
	TC (mg/dL)	HDL-C (mg/dL)	LDL-C (mg/dL)	TG (mg/dL)	AI		CRF
A	71.50 ± 4.84 <sup>3)NS4)</sup>	25.40 ± 2.07 <sup>NS</sup>	6.80 ± 0.92 <sup>NS</sup>	184.70 ± 48.58 <sup>b5)</sup>	1.83 ± 0.26 <sup>c</sup>	2.83 ± 0.26 <sup>c</sup>	135.70 ± 8.58 <sup>NS</sup>
B	69.20 ± 10.56	26.20 ± 3.55	7.20 ± 1.03	156.20 ± 34.77 <sup>ab</sup>	1.64 ± 0.17 <sup>ab</sup>	2.64 ± 0.17 <sup>ab</sup>	139.70 ± 7.59
C	71.30 ± 8.41	26.50 ± 3.06	7.70 ± 1.42	195.20 ± 59.51 <sup>b</sup>	1.69 ± 0.16 <sup>bc</sup>	2.69 ± 0.16 <sup>bc</sup>	139.40 ± 9.43
D	65.40 ± 8.63	26.10 ± 3.81	7.70 ± 1.70	130.80 ± 27.82 <sup>a</sup>	1.52 ± 0.16 <sup>a</sup>	2.52 ± 0.16 <sup>a</sup>	139.70 ± 13.26
E	63.80 ± 6.60	24.60 ± 2.63	7.30 ± 1.49	130.60 ± 34.66 <sup>a</sup>	1.60 ± 0.11 <sup>ab</sup>	2.60 ± 0.11 <sup>ab</sup>	134.40 ± 5.54

<sup>1)</sup>See Table 2.

<sup>2)</sup>TC: total cholesterol, HDL-C: high-density lipoprotein-cholesterol, LDL-C: low-density lipoprotein-cholesterol, TG: triglyceride, AI: atherogenic index [(TC-HDL-C)/HDL-C], CRF: cardiac risk factor (TC/HDL-C).

<sup>3)</sup>Mean ± SE (n=10). <sup>4)</sup>Not significant. <sup>5)</sup>Values within a column with different superscript letters are significantly different at  $p < 0.05$ .

이는 것이 관건이므로 청국장 제조 시 우수한 기능성식품으로 알려진 울무를 일정량 첨가하여 냄새 저감화 및 기능성 증진을 꾀하고자 하였다. 일부 연구 사례에서 청국장 자체를 식이에 분말 형태로 혼합하여 급여한 Lee와 Koh(20)는 청국장분말을 고지방식에 5%, 10% 첨가하여 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향을 조사한 바 있다. 또한 고지방식을 섭취한 흰쥐에 식품 자체를 식이에 첨가하여 급여한 연구들에서 식이 내 첨가 수준은 5~20%로 보고된 바 있다(21-23).

청국장 및 울무청국장 분말 첨가 식이가 실험동물의 체중과 식이효율에 미치는 영향을 살펴보면, 일당 평균 체중증가량을 관찰한 결과 고지방식이 대조군(A)에 비해 청국장 및 울무청국장 분말 첨가군(B, C, D, E)에서 대체로 낮은 경향을 보였지만 군별 유의적인 차이는 없었다. Kim 등(24)의 연구에서 찐콩과 청국장(natto) 분말을 성장기 흰쥐에 4주간 급여했을 때 체중증가율이 대조군보다 유의하게 낮았다는 보고가 있었는데 본 연구에서는 군별 유의적 차이가 없는 것으로 보아 추후 청국장 분말의 급여 용량 및 실험동물 수의 다각화 등의 추가 연구가 필요할 것으로 보인다. 식이섭취량은 울무청국장 분말 20% 첨가군(E)이 다른 실험군보다 유의하게 높았다( $p < 0.05$ ). Yang 등(9)은 찐콩과 청국장 분말을 고혈압 흰쥐에 급여했을 때 식이섭취량이 대조군보다 감소되었다고 하였고 이는 낮은 섭식기호도 때문이라고 보고하였다. 본 연구에서 선행연구와 다소 다른 결과가 나타난 것은 고지방식을 사용한 것에 따른 차이로 보이며, 이는 Min 등(25)의 연구에서 고지방식이 섭취 시 생청국장이 소화 등을 도와 섭식기호에 좋은 영향을 준다고 보고한 결과를 통해 추측할 수 있었다. 반면에 식이효율은 E군이 A군에 비해 유의적으로 낮아( $p < 0.05$ ) 울무청국장이 체중 증가를 억제하는데 어느 정도 도움을 줄 수 있을 것으로 사료되었다.

장기 중 간, 신장, 비장, 정소의 무게는 전반적으로 A군에 비해 청국장 및 울무청국장 분말 첨가군에서 높은 경향을 보였다. Min 등(25)은 고지방식으로 유도된 비만 쥐에게 청국장 첨가 식이를 급여하였을 때 청국장 섭취군이 대조군에 비해 장기무게가 전반적으로 무거운 경향을 보였다고 보고하였는데 본 연구결과도 이와 유사하였다. 한편, 비만이 건강상 위험한 이유는 체중의 증가보다는 체지방의 증가에 기인한다는 것은 잘 알려져 있다. 체지방은 형태나 작용에 따라 백색지방(white adipose tissue)과 갈색지방(brown adipose tissue)으로 구분된다. 백색지방은 주로 체내 잉여에너지를 지방으로 저장하며 피하와 장기주변에 분포하는 반면 갈색지방은 열을 생산하는 기능을 하고 목주위에 발달되어 있다(26). 백색지방인 신장주변지방패드(perirenal fat pad)와 정소상체지방패드(epididymal fat pad)의 무게는 실험군 간에 유의적 차이는 없었으나 A군에 비해 청국장 및 울무청국장 분말 첨가군들이 다소 낮은 경향을 보였고, 갈색지방(brown adipose tissue)의 무게는 청국장 분말 10% 첨가군(B)이 다른 실험군들에 비해 유의적으로 높았으나( $p < 0.05$ ),

전반적으로는 유사한 수준이었다. 이는 청국장의 섭취로 인하여 쥐의 장에서 지질흡수가 억제되고 변으로 지질 배설량이 증가되어 지방축적이 다소 감소된 것으로 사료된다(Table 5). 장관길이를 살펴보면 소장길이는 A군에 비해 청국장 및 울무청국장 분말 첨가군(B, C, D, E)에서 유의적으로 높았으며( $p < 0.05$ ), 대장 길이는 군별 유의적인 차이가 없었다. 이는 청국장이 발효될 때 식이섬유, 난소화성 당류 및 단백질 분해물 등의 물질들이 생성되어, 이 물질들의 급여에 따른 다소간의 장기 확장의 결과가 나타난 것으로(27) 이는 생물학적 적응현상이라고 판단된다.

고지방식에 청국장 및 울무청국장 분말을 첨가한 식이가 흰쥐의 지질대사 개선에 미치는 영향을 살펴보면, 일일 분변 배설량은 실험군 간에 유의적인 차이가 없었으며, 간 조직의 총콜레스테롤(TC)과 중성지방(TG) 농도도 전반적으로 실험군 간에 유사한 수준을 나타내었다. Choi(28)와 Koh(29)는 청국장 및 상황버섯 청국장 분말 첨가 식이가 고지방대조군에 비해 변의 배설량을 증가시킨다고 보고하여 청국장의 배변효과에 대해 입증한 바 있다. 또한 Kim 등(24)은 찐콩을 성장기 흰쥐에 급여했을 때 간의 중성지질과 콜레스테롤이 감소되었다고 하였고, Yang 등(9)은 고혈압 흰쥐에 찐콩 및 청국장을 급여했을 때 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(30). 이에 따라 울무청국장의 배변효과 및 간 조직의 TC와 TG 감소효과를 규명하기 위해서는 실험식이 급여 용량의 다각화 등의 추가 연구가 필요할 것으로 사료되었다. 분변의 TC 농도는 실험군 간에 유의적인 차이가 없었으나 TG 농도는 A군에 비해 청국장 및 울무청국장 분말 첨가 수준에 따라 증가하는 경향을 보였다. 이중 울무청국장 분말 10% 첨가군(C)은 대조군과 유의적 차이가 없었는데, 이로 보아 울무청국장의 명확한 효능 규명을 위해서는 10% 이상의 첨가가 필요한 것으로 판단되었다. Park 등(31)과 Nagaoka 등(32)은 대두 단백질이 혈청 콜레스테롤을 감소시키는 것은 콜레스테롤 흡수율의 감소와 변으로 총스테롤의 배설증가와 관련이 있다고 보고하였는데 본 실험결과에서 청국장 및 울무청국장 분말 첨가군의 분변의 TG 함량 증가는 이와 유사한 경향으로, 상기 언급한 청국장 발효과정에서 생성된 각종 생리활성물질들이 장내에서 중성지질의 흡수를 억제하여 변으로 배설량이 증가된 것으로 사료된다.

혈청 중 TC, HDL-콜레스테롤, LDL-콜레스테롤 농도는 군별 유의적인 차이가 없었으나 TC와 HDL-콜레스테롤 수치를 이용하여 계산한 지표 중 동맥경화증의 발병지표로 활용되고 있는 AI(33)와 항동맥경화지표로 이용되는 CRF(34)

의 경우 A군에 비해 청국장 분말 10%, 20% 및 울무청국장 분말 20% 첨가군(B, D, E)에서 유의적으로 낮은 결과를 보였다( $p < 0.05$ ). 혈청 TG 농도는 A군에 비해 D, E군에서 유의적으로 감소하였다( $p < 0.05$ ). Koh(29)는 고지혈증 흰쥐에 청국장 분말을 5주간 급여했을 때 혈청 중성지질, 총콜레스테롤, LDL-콜레스테롤, VLDL-콜레스테롤 농도 및 동맥경화지수는 대조군에 비해 청국장군이 유의하게 감소하였다고 보고하였으며, Kim 등(24)은 성장기 흰쥐에 natto를 4주간 급여했을 때 혈청 콜레스테롤과 중성지질이 감소되었다고 보고한 바 있다. 결국 이러한 지표들의 결과를 통해 청국장 및 울무청국장이 지질대사 개선 및 성인병 예방에도 다소간의 효과가 있는 것으로 사료되었다. 한편, 혈당 농도는 실험군 간에 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. Koh(35)는 고지방 섭취 암쥐에 청국장 분말을 급여했을 때 대조군과 청국장군이 비슷한 수준의 혈당 농도를 나타내었다고 하였는데 본 연구에서도 군별 혈당치의 유의차가 없는 것으로 보아 청국장 및 울무청국장의 혈당 감소 효과에 대해서는 좀 더 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

이와 같이 고지방식이 섭취 흰쥐에서의 울무청국장 분말은 식이효율의 감소, 분변의 TG 함량 증가, 그리고 혈청 TG 농도의 감소 및 동맥경화지수(AI)와 심혈관위험지수(CRF)의 감소 등으로 인한 다이어트 효과와 지질성상 개선효과가 규명되었다. 본 연구에서 울무청국장이 일반청국장에 비해 크게 뛰어난 생리활성 효능이 나타난 것은 아니었으나 이미 유용한 건강기능성식품으로 알려진 청국장에 Lim(36)의 연구 등 여러 선행 연구에서 지질대사 개선 효과가 입증된 울무를 첨가하는 것은 기능성 증진을 위한 좋은 대안이 될 뿐만 아니라 냄새 저감 효과를 위한 기능성식품으로서의 역할이 기대된다.

## 요 약

울무청국장이 고지방식을 섭취한 흰쥐의 체중 및 체지방, 혈청과 간, 분변의 지질농도 및 혈당농도 등에 미치는 영향을 조사하고자 SD계 수컷 흰쥐를 대상으로 고지방식이(D12492, 45 kcal fat)에 청국장 및 울무청국장(울무 함량 20%) 분말을 각각 10%, 20%씩 중량비로 첨가하여 5주간 급여한 결과는 다음과 같다. 체중증가량은 군별 유의성이 없었으나 식이효율은 고지방식이 대조군에 비해 울무청국장 분말 20% 첨가군에서 유의적으로 낮았으며( $p < 0.05$ ), 지방조직의 무게는 실험군 간에 유사한 수준을 나타내었다. 배변량 및 간 조직의 총콜레스테롤과 중성지방 함량은 군별 유사한 경향을 나타내었으며, 분변의 총콜레스테롤 함량은 군별 유의적 차이가 없었으나 중성지방 함량은 대조군에 비해 실험식이 첨가 수준에 따라 유사하거나 증가하는 경향을 보였다. 혈청 총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤 및 LDL-콜레스테롤 농도는 군별 유의적인 차이가 없었으나 동맥경화지

수와 심혈관위험지수는 청국장 분말 10%, 20% 및 울무청국장 분말 20% 첨가군에서 대조군보다 유의적으로 낮았으며( $p < 0.05$ ), 중성지방 농도는 대조군에 비해 청국장 및 울무청국장 분말 20% 첨가군에서 유의적으로 감소하였다( $p < 0.05$ ). 한편, 혈당 농도는 실험군 간에 유의적인 차이가 없는 것으로 드러났다. 이상에서 울무청국장 식이는 식이효율의 감소, 중성지방의 배설량 증가, 그리고 혈청 중성지방 농도의 감소 및 동맥경화지수와 심혈관위험지수의 감소 등의 효과를 확인할 수 있었다.

## 문 헌

- Anderson JW, Deakins DA, Floore TL, Smith BM, Whitis SE. 1990. Dietary fiber and coronary heart disease. *Crit Rev Food Sci Nutr* 29: 95-147.
- Kritchewsky D. 1976. Diet and atherosclerosis. *Am J Pathol* 84: 615-632.
- Ministry of Health and Welfare. 2005. *Year Book of Health and Welfare Statistics*. Korea. p 51-77.
- Park YH, Lee JS, Lee YJ. 1993. Distribution of serum lipid by age and the relation of serum lipid to degree of obesity and blood pressure in Korean adults. *Kor J Lipidology* 3: 165-180.
- Kim JS, Kim JG, Kim WJ. 2004. Changes in isoflavone and oligosaccharides of soybeans during germination. *Korean J Food Sci Technol* 36: 294-198.
- Ko HS, Cho DO, Hwang SY, Kim YM. 1999. The effect of quality improvement by *Chungkukjang* processing methods. *Korean J Food Nutr* 12: 1-6.
- 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.
- Heo S, Lee SK, Joo HK. 1998. Isolation and identification of fibrinolytic bacteria from Korean traditional cheonggukjang. *Agric Chem Biotechnol* 41: 119-124.
- Yang JL, Lee SH, Song YS. 2003. Improving effect of powders of cooked soybean and cheonggukjang on blood pressure and lipid metabolism in spontaneously hypertensive rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 899-905.
- Byun MW, Son JH, Yook HS, Jo C, Kim DH. 2002. Effect of gamma irradiation on the physiological activity of Korean soybean, fermented foods, Chungkookjang and Doenjang. *Radiat Phys Chem* 64: 245-248.
- Lee SW. 1992. *Research on ancient Korea dietary life history in the East Asia*. Hyangmoonsa, Seoul, Korea. p 122.
- Jin KD. 1975. Studies on coix ma-yuen roman. *J Kor Pharm Sci* 5: 307-311.
- Chung BS, Suzuki H, Hayakawa S, Kim JH, Nishizaawa Y. 1988. Studied on the plasma cholesterol-lowering component in Coix. *J Japan Food Technol* 35: 618.
- Park YJ, Lee YS. 1988. Effect of coix on plasma cholesterol and lipid metabolism in rats. *Korean J Nutr* 21: 88-98.
- Lee JE, Suh MH, Lee HG, Yang CB. Characteristics of Job's tear gruel by various mixing ratio, particle size and soaking time of Job's tear and rice flour. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 18: 193-199.
- AOAC. 1980. *Official Methods of Analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. p 211-260.

17. Reeves PG, Nielsen FH, Fahey GC. 1993. AIN-93 purified diets for laboratory rodent: final report of the American Institute Nutrition Ad Hoc Wrighting Committee in the re-formulation of the AIN-76A rodent diets. *J Nutr* 123: 1939-1951.
18. 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.
19. Rosenfeld L. 1989. Lipoprotein analysis. *Arch Pathol Lab Med* 113: 1101-1110.
20. Lee CU, Koh JB. 2006. Effects of *Cheonggukjang* on lipid metabolism in female rats fed cholesterol diet. *J Life Sci* 16: 932-937.
21. Cho HE, Choi YH, Park SH, Park YS, Ahn BY. 2008. Effect of gastrodiae-rhizome powder on serum and liver lipid levels of rats with high fat diet. *Korean J Food & Nutr* 21: 64-70.
22. Kang MH, Lee JH, Lee JS, Kim JH, Jeong HG. 2004. Effects of acorn supplemented diet on lipid profiles and antioxidant enzyme activities in high fat diet-induced obese rats. *Korean J Nutr* 37: 169-175.
23. Lee CE, Kim KI. 1997. Nonruminant nutrition: Effects of feeding diets containing alfalfa, nori or pine-needle meals on cecal size, cecal urease activity and serum urea concentration in male and female rats. *Korean J Anim Sci & Tech* 39: 365-374.
24. 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.
25. Min KO, Kim SH, Lee HK, Kim HY. 2005. Effect of chong-kukjang intake on body weight gain and body composition in high fat diet-induced obese rats. *Bull Nat Sci* 10: 93-102.
26. Avram AS, Avram MM, James WD. 2005. Subcutaneous fat in normal and diseased status: 2. Anatomy and physiology of white and brown adipose tissue. *J Am Acad Dermatol* 53: 671-683.
27. Park YK, Kang YH. 2004. Effects of single cells of carrot and radish on the fecal excretion properties, mineral absorption rate and structure of small intestine and colon in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 505-511.
28. Choi MA. 2009. Effects of cheonggukjang added *Phellinus linteus myceria* on lipid metabolism in adult female rats. *Kor J Life Sci* 19: 1679-1683.
29. Koh JB. 2006. Effects of cheonggukjang added *Phellinus linteus* on lipid metabolism in hyperlipidemic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 410-415.
30. 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.
31. 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.
32. Nagaoka S, Awano T, Hashimoto K. 1997. Serum cholesterol reduction and cholesterol absorption inhibition in CaCo-2 cells by a soyprotein peptic hydrolyzate. *Biosci Biotechnol Biochem* 61: 354-357.
33. Haglund O, Luostarinen R, Wallin R, Wibell L, Saldeen T. 1991. The effects of fish oil on triglyceride, cholesterol, fibrinogen and malondialdehyde in humans supplemented with vitamin E. *J Nutr* 121: 165-169.
34. Scranton R, Sesso HD, Stamfder MJ, Levenson JW, Buring JE, Gaziano JM. 2004. Predictors of 14-year changes in the total cholesterol to high-density lipoprotein cholesterol ratio in men. *Am Heart J* 147: 1003-1038.
35. Koh JB. 2006. Effects of *Cheonggukjang* on lipid metabolism in hyperlipidemic female rats. *Korean J Nutr* 39: 331-337.
36. Lim SC. 2006. Effects of yullmoo (*Coix lachryma-jobi* var. *mayuen stapf.*) ext. on lipid lowering and serum glucose in hyperlipidemic rat. *Korean J Plant Res* 19: 126-129.

(2010년 12월 24일 접수; 2011년 2월 28일 채택)