

## 키토산 두부가 고지방 식이를 급여한 흰쥐의 혈청 지질대사에 미치는 영향

노홍균<sup>†</sup> · 백경연 · 김석중  
대구가톨릭대학교 식품공학과

### Effect of Chitosan-Soybean Curd on Serum Lipid Metabolism in Rats Fed High-Fat Diet

Hong Kyoon No<sup>†</sup>, Kyung Yeon Beik and Seok Joong Kim

Dept. of Food Science and Technology, Catholic University of Daegu, Hayang 712-702, Korea

#### Abstract

Effects of chitosan-soybean curd (prepared using chitosan as a coagulant), commercial soybean curd and chitosan powder on serum lipid metabolism were investigated with rats fed high-fat diet for 6 weeks. Food intake of experimental groups fed high-fat (HF), chitosan-soybean curd (CSC), soybean curd (SC), or chitosan powder (CP) diet was lower compared to that of normal group. Body weight gain was lower in rats fed the CSC, SC and CP diets than in rats fed the HF diet. There was no significant difference in total cholesterol concentration among all groups, but HDL-cholesterol concentration was higher and LDL-cholesterol concentration was lower in rats fed the CSC, SC, CP diets than in rats fed the HF diet. Total lipid level was lower in rats fed the SC and CP diets than in rats fed the HF diet. Increment of triglyceride level and decrement of phospholipid level in rats fed the HF diet were recovered significantly by the CSC, SC and CP diet. Our results indicate that chitosan-soybean curd prepared under the commercial processing condition may provide the beneficial effect on lipid metabolism even though its effect didn't show any significant difference compared to that of commercial soybean curd under the present experimental conditions.

**Key words:** chitosan, soybean curd, lipid metabolism, cholesterol

#### 서 론

두부는 우리나라의 전통식품으로서 주요한 단백질원으로 오래전부터 소비되어 왔다. 그러나 두부는 풍부한 영양소와 높은 수분함량 때문에 부패하기 쉬우며 냉장온도하에서도 1~2일의 저장수명을 가지고 있다(1,2). 따라서 지금까지 저장수명을 연장하기 위해 응고제로 초산을 사용하거나(3,4), in-package microwave 처리(5), 또는 침지용액에 화학보존제를 사용하는(3,6,7) 등 다수의 연구들이 진행되어 왔으나 실질적으로 두부공장에서 활용된 방법은 거의 찾아볼 수 없는 실정이다. 최근 본 실험실에서는 두부의 저장성을 연장하기 위한 방안으로 키토산을 응고제로 이용한 두부의 최적제조조건 확립과 그 저장성을 살펴보았다. 그 결과, 분자량 28 kDa 키토산(chitosan)을 1% 초산과 1% 젖산의 1:1 (v/v) 혼합물에 1% 농도로 용해하여 두유에 1/8가량 첨가하는 것이 관능적인 면과 수율 및 품질 측면에서 가장 바람직한 것으로 나타났다. 그리고 저장성도 CaCl<sub>2</sub>를 응고제로 사용한 두부보다 10°C에서 약 1~3일정도 연장시킴으로서 기호도, 수율, 품질 및 저장성 등을 고려했을 때 두부공장에서 상업적으로 생산이 가능한

키토산 두부를 제조할 수 있었다(8,9).

한편, 키토산 두부 제조시 응고제로 사용한 키토산은 게, 새우 등 갑각류의 껍질에 존재하는 키틴(chitin)을 고온, 강알칼리로 처리하여 탈아세틸화시킨 천연고분자 물질로서 분자내 유리아미노기가 존재하여 화학, 의약품 및 식품산업 분야에서 다양한 용도로 이용되어 왔다(10,11). 특히 최근에는 지질 및 콜레스테롤 흡착 배설능(12,13), 항균성(14,15), 항종양성(16), 항산화성(17) 등 키토산의 생리적 기능성이 확인되면서 식품 및 의약품 분야에서 연구가 활발히 진행되고 있다.

지금까지 키토산의 지질 및 콜레스테롤 흡착 배설능에 관한 연구결과에 의하면, 키토산은 동물실험에서 현저한 hypocholesterolemic activity를 나타내며 혈청, 혈장 및 간장 콜레스테롤과 지방 수준을 저하시키는데 효과가 있는 것으로 보고되고 있다(12,18,19). 또한 키토산은 림프에서 콜레스테롤과 지방산의 흡수를 저해하며(20), 변으로 중성 steroids의 배설을 증가시키는 것으로 알려지고 있다(12,21). 이러한 키토산의 hypocholesterolemic effect는 동물성 중성지질의 과다섭취와 콜레스테롤의 섭취로 인한 비만 및 순환계 계통의 질병 등 성인병으로부터 부분적으로 예방될 수 있는 가능성을 시사해주고

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail: hkno@cuth.cataegu.ac.kr  
Phone: 82-53-850-3219, Fax: 82-53-850-3219

있다.

이에 본 연구에서는 이와 같은 우수한 생리활성을 지니는 키토산을 응고제로 사용하여 상업화를 목적으로 제조한 키토산 두부 제품도 키토산이 지니는 지질대사 관련 기능성을 나타내는지 조사하기 위하여 고지질 식이를 급여한 흰쥐에 키토산 두부를 급여시킨 후 혈청 지질 변화를 분석하였다.

### 재료 및 방법

#### 실험재료

키토산(수용성, 분자량 28 kDa)은 금호화성(서울)에서 구입하여 용액 또는 분말로 사용하였다. 키토산 두부 제조시 응고제로 사용된 키토산 용액은 1% 초산과 1% 젓산의 1:1(v/v) 혼합물에 키토산 분말을 1% 농도(w/v)로 용해시켜 사용하였다.

#### 키토산 두부의 제조

키토산 두부는 Lee 등(9)의 방법에 따라 상업용 두부제조기(두부마을, 서울)를 이용하여 제조하였다. 정선된 콩 2 kg을 수돗물에 하룻밤 침지시킨 후 건져내어 원료콩 무게의 8배량(16 L)의 물을 가하여 마쇄한 후 두유와 비지로 분리하였다. 두유를 끓인 후 83°C에 달했을 때 응고제로서 키토산 용액을 두유 1 L에 대하여 125 mL(두유의 1/8배량)를 가하고 15분간 방치시킨 후 두부틀(44×33×8 cm)에 옮겨 10분간 압착(9 kg/cm<sup>2</sup>) 성형시켰다. 키토산 두부와 일반 두부의 비교를 위해 사용된 일반 두부는 위에서 얻은 두유에 3 g/L의 CaCl<sub>2</sub>를 응고제로 하여 상업용 두부제조기로 제조한 것을 사용하였다. 제조된 키토산 두부와 일반 두부는 동결건조기로 건조한 후 분말화하여 동물실험을 위한 식이 조제에 사용하였다.

#### 식이의 조제 및 실험동물 사육

체중이 130 ± 10 g의 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐를 20% casein 함유 기초식으로 1주간 예비 사육한 후 10마리씩 5군으로 나누어 실험식이(Table 1)로 6주간 사육하였다. 사육기간 중 식이와 물은 자유로이 섭취케 하였고 사육실의 온도는 22 ± 2°C, 습도는 50 ± 10%를 유지하였으며, 명암은 12시간 주기로 조명하였다.

각 처리군에 대한 식이는 Table 1과 같다. N군에는 옥수수 기름 5%를 함유한 정상식이를 조제하여 급여하였고, HF군에는 경화 팜유 15%와 lard 10%를 첨가하여 조제한 고지질 식이를, 그리고 CSC군은 키토산 두부분말 10%(응고제로 사용한 키토산이 전부 두부에 함유되었다고 가정할 때 키토산 함량은 식이의 약 0.2%)(8,9), SC군은 일반 두부분말 10%, CP군은 키토산 분말 1%를 각각 고지질 식이에 첨가하여 급여하였다.

#### 식이 섭취량, 체중증가량 및 식이 효율

6주간의 사육기간 중에 식이 섭취량은 매일 식이 잔량을 측정하여 산출하였고, 체중은 매일 일정한 시간에 측정하였다. 식이 효율(food efficiency ratio, FER)은 전 식이 섭취량(g)에 대한 전 체중 증가량(g)의 비로 나타내었다.

Table 1. Composition (%) of experimental diets

Ingredient	Groups (g/100 g) <sup>1)</sup>				
	N	HF	CSC	SC	CP
Casein	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Sucrose	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Corn starch	57.65	37.15	27.15	27.15	36.15
Corn oil	5.00	-	-	-	-
Hydrogenated palm oil	-	15.00	15.00	15.00	15.00
Lard	-	10.00	10.00	10.00	10.00
Cellulose	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Mineral mixture <sup>2)</sup>	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
Vitamin mixture <sup>2)</sup>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Choline chloride	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
DL-methionine	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Sodium taurocholate	-	0.50	0.50	0.50	0.50
Chitosan-soybean curd	-	-	10.00	-	-
Soybean curd	-	-	-	10.00	-
Chitosan powder	-	-	-	-	1.00

<sup>1)</sup>N: normal diet, HF: high fat diet, CSC: 10% chitosan-soybean curd diet, SC: 10% soybean curd diet, CP: 1% chitosan powder diet.

<sup>2)</sup>AIN-76<sup>TM</sup>.

#### 혈청 지질농도 분석

사육 마지막 날 흰쥐를 12시간 절식시킨 후 diethyl ether로 마취시키고 개복하여 복부 대동맥에서 채혈하였으며, 혈액은 상온에서 30분간 방치한 뒤 3,000 rpm에서 15분간 원심분리한 후 혈청을 얻어 분석에 사용하였다.

혈청중 총 콜레스테롤과 high density lipoprotein(HDL) 콜레스테롤 농도는 효소법에 의한 kit 시약(국제시약, 일본)을 사용하여 측정하였으며, low density lipoprotein(LDL) 콜레스테롤은 계산식 [LDL 콜레스테롤 = 총 콜레스테롤 - HDL 콜레스테롤 - (중성지질/5)]에 의하여 구하였다(22). 총 지질 및 중성지질, 인지질 농도는 kit 시약(국제시약, 일본)을 사용하여 측정하였다. 동맥경화지수는 계산식 [Atherogenic index = (총 콜레스테롤 - HDL-콜레스테롤)/HDL-콜레스테롤]에 의하여 구하였다.

#### 통계처리

분석 결과의 통계처리는 SPSS package program을 이용하여 각 실험군의 평균치와 표준편차를 계산하였으며, p<0.05 수준에서 Duncan's multiple range test로 실험군간의 유의성을 검증하였다.

### 결과 및 고찰

#### 식이 섭취량, 체중 증가량 및 식이 효율

6주간 실험사육한 흰쥐의 일일 식이 섭취량, 체중 증가량 및 식이 효율은 Table 2와 같다. 식이 섭취량은 정상 식이군(N)에 비해 고지질 식이를 섭취하는 군들(HF, CSC, SC, CP)에서 낮게 나타났는데 이와 같은 결과는 식이 지방수준이 높아지면 식이의 맛과 calorie density에 영향을 주어 식이 섭취량이 감소하기 때문(23)인 것으로 여겨진다. 특히 키토산 두부

**Table 2. Food intake, body weight gain and food efficiency ratio of rats fed the experimental diets for 6 weeks**

Group <sup>1)</sup>	Food intake (g/day)	Body weight gain (g/6 wk)	FER <sup>2)</sup>
N	17.09±2.97 <sup>c3)</sup>	189.70±18.39 <sup>bc</sup>	0.26 <sup>a</sup>
HF	15.39±3.27 <sup>b</sup>	203.40±24.93 <sup>c</sup>	0.32 <sup>c</sup>
CSC	14.40±2.77 <sup>a</sup>	183.80±18.20 <sup>b</sup>	0.30 <sup>bc</sup>
SC	15.06±2.73 <sup>b</sup>	179.30±21.87 <sup>b</sup>	0.28 <sup>ab</sup>
CP	14.39±2.84 <sup>a</sup>	154.60±13.35 <sup>a</sup>	0.26 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>See legends in Table 1.<sup>2)</sup>FER: Food efficiency ratio.<sup>3)</sup>Mean±SD (n=10). <sup>a</sup> <sup>c</sup>Means with different superscripts within a column indicate significant differences (p<0.05).

첨가군(CSC)과 키토산 분말 첨가군(CP)의 식이 섭취량이 낮았는데 이는 키토산 첨가에 의해 식이 섭취량이 감소한다는 Lee 등(23)과 Park 등(24)의 연구에서도 보고된 바 있다.

체중 증가량은 N군과 고지질 식이군(HF) 간에는 유의적인 차이가 없었으나, HF군에서 다소 증가하는 경향을 보였다. 그러나 CSC군, 일반 두부 첨가군(SC) 그리고 CP군들은 HF군에 비해 체중 증가량이 모두 유의적으로 낮았으며, 특히 CP군이 가장 낮은 체중 증가를 나타내었다. 고지질 식이군에 비해 키토산 첨가군에서 체중 증가량이 낮게 나타난다는 결과는 Lee 등(23)과 Park 등(24)의 연구에서도 관찰된 바 있다. 그리고 CSC군과 CP군간에 식이 섭취량의 차이는 없었으나 체중 증가량에서 차이가 나타나는 것은 첨가된 키토산의 농도의 차이(18)에서 기인한 것이라 여겨진다. 즉 키토산 농도가 증가할수록 지질의 체내 흡수를 더욱 막아 체중 증가에 영향을 주는 것으로 판단된다(24).

#### 총 콜레스테롤, HDL- 및 LDL-콜레스테롤 농도

혈청중의 총 콜레스테롤과 HDL-콜레스테롤 농도, 그 비율 및 동맥경화지수, 그리고 LDL-콜레스테롤 농도는 Table 3과 같다. 총 콜레스테롤 농도는 전 실험군 간에 유의적인 차이가 없었으며, 특히 정상 식이군(N)에 비해서 고지질 식이군(HF)의 콜레스테롤 함량이 유의적으로 증가하지 않았는데 이는 다른 연구자들의 경우 고지혈증 유발을 위해 식이에 콜레스테롤을 첨가하는 경우가 많으나 본 실험에서는 경화 팜유와 lard만을 사용하였기 때문으로 추정된다. 반면, 콜레스테롤 중에서 동맥경화증에 예방효과가 있다고 알려진 HDL-콜레스테롤의

경우에는 고지질 식이에 의해 유의적으로 감소하여 총 콜레스테롤 중 HDL-콜레스테롤이 차지하는 비율이 감소하였으며 이에 따라 동맥경화지수는 증가하였다. 그러나 이러한 변화는 CSC, SC, CP군에서 유의적으로 회복되었다.

Chung 등(25)은 가시발새우 키토산을 이용한 식이실험에서 고지질 식이시 혈청 총 콜레스테롤은 증가하고 HDL-콜레스테롤은 감소하였으나 키토산을 급여하는 경우 총 콜레스테롤은 감소한 반면 HDL-콜레스테롤 농도는 증가하였다고 보고하였다. 그 외 다수의 논문들도 키토산이 혈장 또는 혈청 콜레스테롤 수준을 저하시키는데 효과가 있는 것으로 보고하였으며(12,18,26-28), 이와 같은 hypocholesterolemic activity를 나타내는데 필요한 최저 키토산 분자량은 약 7,000인 것으로 추정되었다(13). 그러나 beef tallow를 고지질 급여원으로 사용한 Lee 등(23)과 Lee와 Son(29)의 경우에는 키토산 첨가에 의한 총 콜레스테롤과 HDL-콜레스테롤 함량의 유의적 변화를 확인하지 못하였다. 연구자들에 따라 이와 같은 결과의 상이점은 아마도 사용된 실험동물과 식이의 조성, 키토산의 분자량(또는 점도) 및 사육조건 등의 차이에서 기인한 것으로 여겨진다.

혈청 콜레스테롤 수준은 동맥경화나 심혈관계질환과 밀접한 관계가 있으며, 특히 혈청 HDL-콜레스테롤의 증가는 동맥경화의 진행을 억제하거나 경감시키는 작용을 한다는 것은 잘 알려진 사실이다. 반면 LDL-콜레스테롤은 혈중 콜레스테롤의 주된 운반형이며, 동맥벽이나 말초조직에 콜레스테롤을 운반 축적시킴으로써 동맥경화를 촉진하는 인자로 알려져 있다(25). 이러한 LDL-콜레스테롤은 고지질 식이(HF군)에 의해 증가하였으나 CSC, SC, CP군에서 유의적으로 회복됨을 알 수 있었다(Table 3). 키토산의 혈청 LDL-콜레스테롤 저하 효과는 가시발새우 키토산을 식이로 한 Chung 등(25)의 연구에서도 보고된 바 있다. 또한 Park 등(24)은 HDL-콜레스테롤 농도의 차이가 없음에도 불구하고 고지질 식이군에 비해 키토산 첨가군의 혈장 총 콜레스테롤 함량이 감소되는 것은 키토산에 의해 LDL-콜레스테롤이 감소했기 때문이라고 보고하였다.

이상에서 CSC, SC, CP군은 HF군에 비해 HDL-콜레스테롤이 증가되고 LDL-콜레스테롤은 감소하는 현상을 보여 키토산 두부, 일반 두부, 키토산 분말이 고지질 관련 성인병의 예방 및 치료에 효과가 있을 것으로 사료되었다. 그러나 키토

**Table 3. Cholesterol levels in serum of rats fed the experimental diets for 6 weeks**

Group <sup>1)</sup>	Total cholesterol (A) (mg/dL)	HDL-cholesterol (B) (mg/dL)	B/A × 100 (%)	Atherogenic index <sup>2)</sup>	LDL-cholesterol (mg/dL)
N	95.80±16.93 <sup>c3)</sup>	63.90±9.10 <sup>c</sup>	68.06±13.28 <sup>c</sup>	0.52±0.29 <sup>a</sup>	29.74±18.29 <sup>a</sup>
HF	99.50±16.48 <sup>a</sup>	42.40±3.95 <sup>a</sup>	43.69±8.34 <sup>a</sup>	1.37±0.47 <sup>b</sup>	53.02±17.43 <sup>b</sup>
CSC	91.40±10.98 <sup>a</sup>	54.50±5.82 <sup>b</sup>	59.91±5.09 <sup>b</sup>	0.68±0.16 <sup>a</sup>	34.40±8.10 <sup>a</sup>
SC	95.80±14.35 <sup>a</sup>	55.60±7.14 <sup>b</sup>	58.38±4.96 <sup>b</sup>	0.73±0.16 <sup>a</sup>	37.88±9.24 <sup>a</sup>
CP	91.44±13.31 <sup>a</sup>	55.11±4.89 <sup>b</sup>	60.81±5.99 <sup>b</sup>	0.66±0.18 <sup>a</sup>	31.60±4.15 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>See legends in Table 1.<sup>2)</sup>Atherogenic index = (Total cholesterol - HDL-cholesterol) / HDL-cholesterol.<sup>3)</sup>Mean±SD (n=10). <sup>a</sup> <sup>c</sup>Means with different superscripts within a column indicate significant differences (p<0.05).

산 두부와 일반 두부사이에서 유의적인 효능차이를 확인하기 어려웠는데 이는 Choi와 Lee(30)가 보고한 바와 같이 일반 두부도 섭취시 혈청 콜레스테롤 농도를 저하시키는 효과가 있기 때문으로 판단된다. 그리고 이와 같은 효과는 일반 두부에 함유된 불포화지방산, 이소플라본, 식이섬유, 올리고당, 레시틴, 사포닌 등 다양한 성분에 기인한 것으로 추정되고 있다(30,31).

**총 지질, 중성지질 및 인지질의 함량**

혈청 중 총 지질, 중성지질 및 인지질의 함량은 Table 4와 같다. 고지질 식이에 의해 혈청 중 총지질 함량은 다소 증가하였지만 유의적이지는 않았다. 이와 같은 총 지질의 함량은 실험자에 따라 증가, 혹은 변화가 없거나 감소하기도 하는데 이는 식이, 사육조건, 동물 등 실험조건에 따라 차이가 있는 것으로 여겨진다(32-35).

이에 따라 CSC, SC와 CP군에서 총 지질 함량의 감소를 확인하기는 쉽지 않았으나 SC와 CP군의 경우 HF에 비해  $p < 0.05$  수준에서 유의차를 보였다. 한편 beef tallow를 급여한 Lee 등(23)과 Lee와 Son(29)의 실험에서는 키토산의 첨가가 무첨가군에 비해 혈청 총 지질 함량을 감소시키는 경향을 나타낸다고 보고한 바 있다.

고지질 급여가 총지질 함량에는 유의적인 변화를 일으키지 못했던 것과는 달리 중성지질 함량은 증가하였고 인지질은 감소함으로써 혈청 지질의 구성이 변화되었음을 알 수 있었다. 그리고 이러한 변화는 CSC, SC, CP군에서 유의성 있게 회복됨을 알 수 있었다.

Chung 등(25)에 의하면 고지질 식이에 키토산을 첨가한 식이를 급여하는 경우, 혈청내 중성지질 및 인지질의 수준이 모두 유의적으로 저하하였다고 보고하였는데, 본 실험에서는 키토산 두부(CSC)와 키토산 분말(CP)을 급여했을 때 고지질 식이(HF)에 비해 중성지질은 낮아진 반면 인지질은 높아져 이들 실험 결과와 다소 상이한 경향을 보였다. 한편, 키토산이 혈청 중성지질 및 인지질 함량에는 영향을 미치지 않는다는 연구결과가 일부 보고된 바도 있다(18,29).

인지질은 지단백질의 구성요소일 뿐만 아니라 지질의 운반에 관여함으로써 합성 또는 공급 장애시 지방간의 원인이 되는 데(36,37), 혈청의 인지질 농도 저하는 지방간 진행 요인으로 보고되어 있다(38). 본 실험에서는 HF군에 비해 CSC, SC, CP

군에서 인지질 농도의 증가가 관찰됨으로써 고지혈증의 예방 및 치료에 키토산 분말은 물론 키토산 두부 및 일반 두부가 효과적일 것으로 사료되었다.

그러나 본 연구결과에서도 확인할 수 있듯이 지질대사 관련 효과가 키토산 두부 뿐 아니라 일반 두부에서도 유사하게 나타남으로써 현재로서는 그 효과가 두부 자체에 의한 것인지 키토산에 의한 것인지 혹은 상호 작용에 의한 것인지 확인하기가 어려웠다. 이러한 이유는 두부자체도 이소플라본을 비롯한 여러 성분에 의해 지질대사 개선에 효과가 있는 것으로 알려져 있을 뿐 아니라(30,31), 일반적으로 키토산의 기능성을 확인하기 위한 동물실험에서는 2~10% 정도의 키토산을 첨가하는데 비하여(12,23,39), 본 키토산 두부는 식이에 대해 키토산 농도가 약 0.2% 수준이기 때문으로 판단되었다. 그러나 이와 같은 양의 키토산은 일반두부에서 가장 큰 문제점중의 하나인 저장성을 향상시킬 수 있을 뿐 아니라 상업화에 적합한 기호도, 수율 및 품질을 지닌 키토산 두부제조에 최적의 양으로 고려된 바 있다(8,9). 결론적으로 현재 상업적으로 제조 가능한 키토산 두부는 그 효과를 일반 두부와 비교하기는 쉽지 않았다. 그러나 Sugano 등(12)의 연구 결과에서도 알 수 있듯이 0.5%의 낮은 키토산 양이라고 하더라도 쥐에 81일간 장기 급여하는 경우 LDL-콜레스테롤은 감소하고 HDL-콜레스테롤은 증가하는 것으로 나타나 저농도라도 장기 급여를 하게 되면 효과가 발휘될 수 있는 것으로 나타났다. 그러므로 상업적 조건에서 제조한 키토산 두부의 효과를 보다 명확하게 평가하기 위해서는 추가적인 장기간의 실험이 필요할 것으로 판단되며 키토산에 의해 나타나는 다른 지표를 분석해 볼 필요가 있다고 여겨졌다.

**요 약**

키토산을 응고제로 사용하여 상업적 조건에서 제조한 두부와 일반 두부 및 키토산 분말을 고지질 급여 흰쥐에 6주간 급여한 후 혈청 지질대사에 미치는 영향을 조사하였다. 그 결과, 흰쥐의 식이 섭취량은 정상 식이군(N)에 비해 모두 낮았으며, 키토산 두부 첨가군(CSC)과 키토산 분말 첨가군(CP)의 식이 섭취량이 특히 낮았다. 체중 증가량은 고지질 식이군(HF)에 비해 CSC군, 일반 두부 첨가군(SC) 그리고 CP군들은 모두 유의적으로 낮았으며, 특히 CP군이 가장 낮은 체중증가를 나타내었다. 혈청중의 총 콜레스테롤 농도는 전 실험군간에 유의적인 차이는 없었으나, HDL-콜레스테롤 함량에서는 CSC, SC, CP군 모두 HF군에 비하여 높게 나타났다. 따라서 총 콜레스테롤중 HDL-콜레스테롤이 차지하는 비율은 CSC, SC, CP군이 HF군에 비하여 높고 동맥경화지수는 반대로 낮게 나타났다. LDL-콜레스테롤 농도는 HF군에 비해 CSC, SC, CP 실험군에서 유의적으로 낮게 나타났다. 총 지질 함량에서는 HF군에 비하여 SC와 CP군에서 유의적으로 감소하였다. 고지질 식이에 의해 증가한 중성지질 및 감소한 인지질 함량은 CSC, SC, CP군에서 유의적으로 회복되었다. 본 실험에서는 HF군

**Table 4. Total lipid, triglyceride and phospholipid levels in serum of rats fed the experimental diets for 6 weeks (mg/dL)**

Group <sup>1)</sup>	Total lipid	Triglyceride	Phospholipid
N	274.80 ± 34.67 <sup>ab2)</sup>	10.80 ± 3.82 <sup>a</sup>	131.10 ± 21.13 <sup>c</sup>
HF	311.60 ± 61.49 <sup>b</sup>	20.40 ± 4.52 <sup>b</sup>	95.30 ± 6.34 <sup>a</sup>
CSC	284.40 ± 44.64 <sup>ab</sup>	12.50 ± 3.17 <sup>a</sup>	108.60 ± 9.57 <sup>b</sup>
SC	266.80 ± 30.35 <sup>a</sup>	11.60 ± 4.38 <sup>a</sup>	110.20 ± 11.75 <sup>b</sup>
CP	260.44 ± 29.24 <sup>a</sup>	7.78 ± 1.72 <sup>a</sup>	110.33 ± 8.93 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>See legends in Table 1.

<sup>2)</sup>Mean ± SD (n=10). <sup>a</sup> <sup>b</sup> <sup>c</sup> Means with different superscripts within a column indicate significant differences ( $p < 0.05$ ).

에 비해 CP군 뿐 아니라 CSC, SC군에서 HDL-콜레스테롤 및 인지질 농도의 증가, 중성지질 및 LDL-콜레스테롤 농도의 감소가 관찰됨으로써 상업용 키토산 두부가 고지질 관련 성인병 예방 및 치료에 효과가 있을 것으로 사료되었다. 그러나 현 실험조건하에서는 일반두부와 키토산 두부간에 효능에서 유의적인 차이를 발견하긴 어려웠다.

### 감사의 글

본 연구는 과학기술부·한국과학재단 지정 대구대학교 농산물 저장·가공 및 산업화 연구센터의 지원에 의한 것입니다.

### 문헌

- Dotson CR, Frank HA, Cavaletto CG. 1977. Indirect methods as criteria of spoilage in tofu (soybean curd). *J Food Sci* 42: 273-274.
- Kovats SK, Doyle MP, Tanaka N. 1984. Evaluation of the microbiological safety of tofu. *J Food Prot* 47: 618-622.
- Lee KS, Kim DH, Baek SH, Choun SH. 1990. Effects of coagulants and soaking solutions of tofu (soybean curd) on extending its shelf-life. *Korean J Food Sci Technol* 22: 116-122.
- Kim DH, Lee KS. 1992. Effects of coagulants on storage of packed tofu. *Korean J Food Sci Technol* 24: 92-96.
- Wu MT, Salunkhe DK. 1977. Extending shelf-life of fresh soybean curds by in-package microwave treatments. *J Food Sci* 42: 1448-1450.
- Pontecorvo AJ, Bourne MC. 1978. Simple methods for extending the shelf-life of soy curd (tofu) in tropical areas. *J Food Sci* 43: 969-972.
- Miskovsky A, Stone MB. 1987. Effects of chemical preservatives on storage and nutrient composition of soybean curd. *J Food Sci* 52: 1535-1537.
- No HK, Meyers SP. 2001. Use of chitosan as a coagulant in tofu preparation. Poster (44E-22) presentation at the 2001 IFT Annual Meeting, New Orleans, USA.
- Lee KS, No HK, Meyers SP. 2001. Effect of chitosan as a coagulant on shelf-life of tofu prepared in commercial-scale. *Food Sci Biotechnol* 10: 529-533.
- Muzzarelli RAA. 1977. *Chitin*. Pergamon, Oxford.
- Knorr D. 1984. Use of chitinous polymers in food—a challenge for food research and development. *Food Technol* 38: 85-97.
- Sugano M, Fujikawa T, Hiratsuji Y, Nakashima K, Fukuda N, Hasegawa Y. 1980. A novel use of chitosan as a hypocholesterolemic agent in rats. *Am J Clin Nutr* 33: 787-793.
- Sugano M, Yoshida K, Hashimoto M, Enomoto K, Hirano S. 1992. Hypocholesterolemic activity of partially hydrolyzed chitosan in rats. In *Advances in chitin and chitosan*. Brine CJ, Sandford PA, Zikakis JP, eds. Elsevier, London. p 472-478.
- No HK, Park NY, Lee SH, Meyers SP. 2002. Antibacterial activity of chitosans and chitosan oligomers with different molecular weights. *Int J Food Microbiol* 74: 65-72.
- Sudarshan NR, Hoover DG, Knorr D. 1992. Antibacterial action of chitosan. *Food Biotechnol* 6: 257-272.
- Tokoro A, Tatewaki N, Suzuki K, Mikami T, Suzuki S, Suzuki M. 1988. Growth-inhibitory effect of hexa-N acetyl chitohexaose and chitohexaose against Meth-A solid tumor. *Chem Pharm Bull* 36: 784-790.
- Youn SK, Kim YJ, Ahn DH. 2001. Antioxidative effects of chitosan in meat sausage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 477-481.
- Sugano M, Watanabe S, Kishi A, Izume M, Ohtakara A. 1988. Hypocholesterolemic action of chitosans with different viscosity in rats. *Lipids* 23: 187-191.
- Ebihara K, Schneeman BO. 1989. Interaction of bile acids, phospholipids, cholesterol and triglyceride with dietary fibers in the small intestine of rats. *J Nutr* 119: 1100-1106.
- Vahouny GV, Satchithanandam S, Cassidy MM, Lightfoot FB, Furda I. 1983. Comparative effects of chitosan and cholestyramine on lymphatic absorption of lipids in the rat. *Am J Clin Nutr* 38: 278-284.
- Ikeda I, Sugano M, Yoshida K, Sasaki E, Iwamoto Y, Hatano K. 1993. Effects of chitosan hydrolysates on lipid absorption and on serum and liver lipid concentration in rats. *J Agric Food Chem* 41: 431-435.
- National Cholesterol Education Program. 1988. Report of the national cholesterol education and treatment of high blood cholesterol in adult. *Arch Int Med* 148: 36-39.
- Lee JM, Cho WK, Park HJ. 1998. Effects of chitosan treated with enzymatic methods on glucose and lipid metabolism in rats. *Korean J Nutr* 31: 1112-1120.
- Park JR, Moon IS, Choi SH, Shon MY. 1999. Effects of chitin and chitosan on lipid metabolism in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 477-483.
- Chung GH, Kim BS, Hur JW, Chung SY. 1996. Effect of dietary lobster shrimp chitosan on lipid metabolism in diet-induced hyperlipidemic rats. *J Korean Soc Food Nutr* 25: 384-391.
- Aoyama, Y, Matsumoto H, Tsuda T, Ohmura E, Yoshida A. 1988. Effect on liver and serum lipids in rats of dietary additions of fibers and cholestyramine to a cystine-excess diet. *Agric Biol Chem* 52: 2811-2816.
- Fukada Y, Kimura K, Ayaki Y. 1991. Effect of chitosan feeding on intestinal bile acid metabolism in rats. *Lipids* 26: 395-399.
- Gordon DT, Besch-Williford C. 1984. Action of amino polymers on iron status, gut morphology, and cholesterol levels in the rat. In *Chitin, chitosan, and related enzymes*. Zikakis JP, ed. Academic Press, Orlando. p 97-117.
- Lee JM, Son BK. 1998. Effects of chitosan of different molecular weights on lipid metabolism in rats. *Korean J Nutr* 31: 143-152.
- Choi YS, Lee SY. 1993. Cholesterol-lowering effects of soybean products (curd or curd residue) in rats. *J Korean Soc Food Nutr* 22: 673-677.
- Kim CH, Park JS, Sohn HS, Chung CW. 2002. Determination of isoflavone, total saponin, dietary fiber, soy oligosaccharides and lecithins from commercial soy products based on the one serving size—some bioactive compounds from commercialized soy products. *Korean J Food Sci Technol* 34: 96-102.
- Lee YJ, Park MH, Hwang SW, Bae MJ, Han JP. 1994. Effect of pine pollen on serum and liver lipids in rats on a fed high fat diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 23: 192-197.
- Park HY, Yoon HD, Oh EK. 2001. Effect of *Meristotheca papulosa* on lipid concentration of serum and liver in rats fed high fat diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 107-111.
- Han EK, Sung IS, Moon HG, Cho SY. 1998. Effect of *Cordonsopsis lanceolata* water extract on the levels of lipid in rats fed high fat diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 940-944.
- Kim JY, Kim WK, Kim HY, Kim MH, Kim SH. 2000. Effects of soy oligosaccharides and varying dietary fats on intestinal microflora, lipid profiles and immune responses in rats. *Korean J Nutr* 33: 597-612.
- Narayan KA, McMullen JJ. 1979. The interactive effect of

- dietary glycerol and corn oil on rat liver lipids, serum lipids and serum lipoproteins. *J Nutr* 109: 1836-1846.
37. Narayan KA, McMullen JJ, Wakefield T, Calhoun WK. 1977. Influence of dietary glycerol on the serum lipoproteins of rats fed a fat-free diet. *J Nutr* 107: 2153-2163.
38. Oda T, Shikata T, Naito C, Suzuki H, Kanetaka T. 1970. Phospholipid fatty liver: a report of three cases with a new type of fatty liver. *Jpn J Exp Med* 40: 127-140.
39. Kim MK, Seol EY. 1994. Effect of dietary chitin and chitosan on cadmium toxicity and lipid metabolism in rats. *Korean J Nutr* 27: 996-1006.

(2002년 7월 26일 접수; 2002년 11월 15일 채택)