

대두단백 가수분해물이 흰쥐의 지질대사와 항산화에 미치는 영향*

한윤희** · 박상규*** · 김혜영(A)**§

용인대학교 식품영양학과,** 건국대학교 생명분자정보화센터***

Effect of Soy Protein Hydrolyzate on Lipid Metabolism and Antioxidant Activity in the Rat*

Han, Yoon Hee** · Park, Sang Kyu*** · Kim, Hye Young P**§

Department of Food and Nutrition,** Yongin University, Yongin 449-714, Korea
Bio/Molecular Informatics Center,*** Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effect of soy protein hydrolyzate on lipid metabolism and antioxidant activity in the rat. Thirty-eight male rats of Sprague-Dawley strain were divided into five groups: casein, isolated soy protein (ISP), scoritae protein hydrolyzate (SH), soluble soy protein hydrolyzate (SS), and insoluble soy protein hydrolyzate (IS). The control diet (casein group) contained 20% casein protein and experimental diet contained 10% casein and 10% isolated soy-protein or soy-protein hydrolyzate. Fecal lipid content was increased and lipid apparent absorption rate was decreased significantly by the ISP group at the first week of experimental period. Blood triglyceride, total cholesterol, LDL-cholesterol and atherogenic index (AI) were decreased by soy protein hydrolyzate groups than casein group. Liver total lipid, triglyceride and cholesterol were not different among groups, but showed decreasing tendencies in soyprotein hydrolyzate groups. The lipid lowering effect was prominent in the IS group among soy protein hydrolyzate groups. Total antioxidant activity showed increasing tendency in the scoritae hydrolyzate group. Liver superoxide dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GPx) and catalase activities also showed higher tendencies in the scoritae hydrolyzate group than other groups. In conclusion, insoluble soyprotein hydrolyzate was more effective in lowering body lipids and scoritae hydrolyzate had higher antioxidant capacity among soy protein hydrolyzates. (Korean J Nutr 2008; 41(2): 119~126)

KEY WORDS : soy protein hydrolyzate, triglyceride, cholesterol, total antioxidant activity, antioxidant enzyme, rat.

서론

우리나라의 식생활양상과 질병발생 유형 및 사망원인은 국민 소득의 향상으로 크게 변화하였다. 즉, 일인당 동물성 식품 섭취량은 현저히 늘었고, 식생활의 서구화 및 외식의 증가에 따라 지방과 가공식품의 섭취도 현저히 증가하였다.¹⁾ 이러한 변화는 우리나라의 사망원인에 영향을 미쳐 최근에는 암, 뇌혈관질환, 심장질환 등이 주된 사망원인으로 보고되고 있다.²⁾

콩에 성인병을 예방하는 여러가지 기능성 성분들이 존재

한다는 것이 알려지면서 콩에 대한 관심이 한층 높아지고 있다.^{3,4)} 콩 단백질의 경우 카제인보다 변으로의 담즙산 배설을 높여 체내 콜레스테롤을 감소시키는 효과가 보고되었고,^{5,6)} 콩의 지방산 조성은 불포화지방산인 linoleic acid가 60% 정도로 풍부하게 들어 있어 혈청 콜레스테롤 감소와 혈전 용해작용에 도움을 주는 것으로 알려져 있다.^{7,8)} 또한, 대두의 이소플라본인 genistein은 superoxide anion의 형성을 억제하고 과산화수소를 제거하여 항산화효과를 나타낸다는 보고들도 있다.⁹⁻¹¹⁾

암과 순환기계질환으로 인한 사망률이 높아짐에 따라 이를 예방하는 성분을 많이 함유하는 것으로 알려진 대두에 대한 연구가 활발히 진행되고 있지만 생콩은 단백질 분해효소의 활성을 저해하는 protease inhibitor가 들어있어 단백질 분해능력이 떨어진다는 단점이 있다.¹²⁾ 또한 대두에는 식품 allergy를 일으킬 수 있는 성분인 2s, 7s, 11s globulin이 들어있어 유아나 노인에게 allergy 반응이 나타날 수도

접수일 : 2008년 3월 1일

채택일 : 2008년 3월 17일

*This research was supported in part by an ARPC grant (10 5004-03-1-HD110).

§To whom correspondence should be addressed.

E-mail : hypkim@yongin.ac.kr

있다.¹³⁾ 이와 같은 대두의 단점들은 가열 또는 효소처리를 통해 영양학적인 가치를 상승시킬 수 있을 것으로 사료되며 최근 이에 대한 관심이 높아지고 있다.

대두단백 가수분해물은 대두단백질을 효소와 반응시켜 가수분해시킨 것으로, 주로 아미노산이 수개에서 수십 개 정도 연결된 올리고펩타이드로 구성되어있다. 대두 펩타이드는 점도가 낮아서 고농도로 용해가 가능하고 대두단백질에 비해 알레르기가 적게 나타난다는 특성을 가지고 있지만, 가공 과정을 거치는 동안 대두의 생리적 특성인 지질저하작용과 항산화 기능을 보유하는가에 대해서는 별로 연구된 바가 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 대두의 기능성을 높이고자 만든 대두단백 가수분해물이 가공과정에도 불구하고 대두단백질의 생리적 특성인 체내지질강하작용과 항산화 기능을 보유하는가를 살펴보는 것을 목적으로 연구를 수행하였다.

대두단백 가수분해물로는 상품화되어있는 불용성과 수용성 대두펩타이드와 실험실에서 제조한 서리태가수분해물을 각각 사용하였다. 상품화된 대두펩타이드 중 불용성은 스포츠 보충제나 발효 보조제 등으로 쓰이며, 수용성은 소프트 드링크류에 첨가되고 있다. 서리태가수분해물의 경우 본 연구실에서 수행한 이전 연구¹⁴⁾에서 서리태가 다른 콩들보다 체내지질과 지질과산화에 좋은 영향을 미쳐 본 연구에서는 효소처리를 통해 저알러지화시킨 서리태가수분해물의 생리활성 정도를 살펴보고자 하였다.

연구방법

실험동물 및 실험식이

실험동물은 생후 5주 된 Sprague-Dawley 종 수컷 흰쥐를 사용하였고, 대조군인 casein군은 AIN-93 diet (20% Casein diet)에 콜레스테롤을 1.5% 함유한 식이로 구성하였다 (Table 1). 실험군은 총 4가지로 분리대두단백군 (isolated soy protein, ISP), 서리태가수분해물군 (seorietae hydrolyzate, SH), 용해성가수분해물군 (soluble soy protein hydrolyzate, SS) 그리고 불용성가수분해물군 (insoluble soy protein hydrolyzate, IS)으로 구성하였다. 실험군의 단백질 급원은 casein 10%에 분리대두단백 (isolated soy protein, Fujipro 850, Jilin Fuji protein Co.) 또는 대두단백 가수분해물을 10% 함유한 식이로 하였다. 용해성 대두단백 가수분해물 (SS, HINUTE DC6, 뉴트리산업)과 불용성 대두단백 가수분해물 (IS, HINUTE-S, 뉴트리산업)은 시판되는 제품을 이용하였고 서리태단백 가수분해물은 실험실에서 제조하여 사용하였다.

Table 1. Composition of experimental diet

Ingredient	Casein	ISP	SH	SS	IS
Corn starch	434.5	434.5	434.5	434.5	434.5
Casein	200	100	100	100	100
ISP		100			
Seorietae			100		
SS				100	
IS					100
Sucrose	100	100	100	100	100
Lard	100	100	100	100	100
Soybean oil	50	50	50	50	50
Cellulose	50	50	50	50	50
Mineral mixture ¹⁾	35	35	35	35	35
Vitamin mixture ²⁾	10	10	10	10	10
L-Cystine	3	3	3	3	3
Choline bitartrate	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Tert-Buthyl-hydroquinone (mg)	14	14	14	14	14
Cholesterol	15	15	15	15	15

ISP: isolated soy protein, SH: seorietae protein hydrolyzate, SS: soluble soy protein hydrolyzate, IS: insoluble soy protein hydrolyzate

1) Mineral mixture: AIN-93 mineral mixture (g/kg Mix)

Calcium phosphate anhydrous 357.00; Potassium phosphate monobasic 196.00; Potassium citrate, tripotassium 70.78; Sodium chloride 74.00; Magnesium oxide 24.00; Zinc carbonate 1.65; Sodium meta-silicate · 9H₂O 1.45; Manganous carbonate 0.63; Cupric carbonate 0.30; Chromium potassium sulfate · 12H₂O 0.275; Boric acid 81.5 mg; Sodium fluoride 63.5 mg; Nickel carbonate 31.8 mg; Lithium chloride 17.4 mg; Sodium selenate anhydrous 10.25 mg; Potassium iodate 10.0 mg; Ammonium paramolybdate · 4H₂O 7.95 mg; Ammonium vanadate 6.6 mg; Powdered sucrose 215.02

2) Vitamin mixture: AIN-93G vitamin mixture (g/kg Mix)

Thiamin-HCl 0.6; Riboflavin 0.6; Pyridoxine-HCl 0.7; Nicotinic acid 3.0; Calcium pantothenate 1.6; Folic acid 0.2; Biotin 0.02; Cyanocobalamin (Vitamin B-12) 0.025; Retinyl palmitate (Vitamin A) 0.8; dl- α -Tocopheryl acetate 15 g; Cholecalciferol (Vitamin D-3) 0.25; phyloquinone (Vitamin K-1) 0.075; Powdered sucrose 974.655 g

서리태단백 가수분해물의 제조는 먼저 서리태를 분쇄하고, 48시간동안 24°C에서 hexane을 사용하여 탈지시켜 탈지 대두가루를 만들었다. 탈지대두가루와 증류수를 1 : 10 비율로 24°C에서 3시간동안 담근 후 15분 동안 10,000 g에서 원심분리하여 1N-NaOH로 pH10에서 상층액을 추출하여 Whey와 침전물로 나누었고, 이 중 침전물을 증류수 (pH 8)로 용해시켜 냉동건조하여 분리대두단백을 만들었다. 분리대두단백에 다시 alcalase효소를 첨가하여 대두단백 가수분해물을 만든 후 냉동건조하여 실험식이에 첨가하였다.

실험 동물은 체중에 따라 난괴법에 의해 각 실험군당 8 마리씩 나누었고, 한 마리씩 stainless steel cage에 격리하여 사육하였으며 총 사육기간은 4주로 하였다. 실험 기간동안 물과 식이는 제한 없이 먹을 수 있도록 하였다. 실험식의 구성은 Table 1에 나타나 있다.

체중과 식이 섭취량 측정

실험동물의 체중은 1주일에 1회씩 측정하였으며, 식이 섭취량은 1주일에 3회씩 측정하였다. 실험동물의 식이 섭취량과 체중을 이용하여 실험 기간의 체중 증가량을 같은 기간에 섭취한 식이 섭취량으로 나누어 식이 효율 (Feed Efficiency Ratio, F.E.R)을 산출하였다.

분변의 수집과 소화흡수율 측정

실험동물은 실험시작 1주와 4주차에 각각 3일씩 분변을 수집하여서 무게를 재고, 변으로 배설되는 지질과 콜레스테롤의 양을 측정하였다. 실험동물의 지질소화흡수율은 (지질 섭취량 - 배설량)/지질섭취량 × 100의 식으로 나타내었고, 콜레스테롤의 소화흡수율은 (콜레스테롤섭취량 - 배설량)/콜레스테롤섭취량 × 100의 식으로 나타내었다.

실험동물의 혈액과 장기의 채취

실험동물의 혈액은 실험기간 종료 전 12시간 절식시킨 실험동물을 chloroform으로 마취시킨 후 심장관자법으로 주사기를 이용하여 채취하였다. 채취된 혈액은 응고되는 것을 막기 위해 EDTA (Ethylene Diamine Tetra Acetate)가 들어있는 원심분리관에 담아 2,500 rpm에서 30분간 원심분리하여 혈장과 적혈구를 분리하고 -80°C에 냉동보관하였다. 혈액을 채취한 후 즉시 간, 비장, 신장, 고환, 부고환지방 (epididymal fat pad, EFP)을 분리하여 무게를 측정하였다.

체내 지질 분석

혈장과 간, 변의 총 cholesterol농도와 HDL-cholesterol은 cholesterol 산화효소를 포함하는 kit (BMI Korea)을 이용하여 각각 spectrophotometer (HP 8452, U.S.A) 505 nm와 500 nm에서 비색정량 하였다. LDL-cholesterol은 총콜레스테롤 - (HDL-cholesterol + 중성지방/5)의 공식을 이용하여 계산하였고, 동맥경화지수 (Atherogenic index, AI)는 (총콜레스테롤 - HDL-cholesterol)/HDL-cholesterol의 공식을 이용하여 계산하였다.

간과 변의 총 지방 농도는 Bligh와 Dyer방법¹⁵⁾을 이용하여 측정하였다. 혈장과 간, 변의 중성 지방 농도는 lipoprotein lipase를 포함하는 효소법 kit (BMI Korea)을 이용하여 spectrophotometer (HP 8452) 550 nm에서 비색정량 하였다.

혈액의 총항산화능

혈액의 총항산화능은 상품화된 Kit (Total Antioxidant Status Assay Kit Cat. No. 615700 Biosciences Inc., Germany)을 이용하여 측정하였다. 측정원리는 활성산소

의 일종인 ABTS (2,2-Azino-di-[3-ethylbenz-thiazoline sulphonate])가 H₂O₂와 반응하여 청록색인 ABTS 방사체로 변하는데 항산화물질의 존재 시 이 반응이 억제되는 것을 이용하는 것으로 600 nm에서 비색정량하였다.

적혈구와 간의 항산화효소 활성도 분석

적혈구와 간의 superoxide dismutase (SOD)는 Folcher 등¹⁶⁾과 Winterbourn 등¹⁷⁾의 방법을 변형하여 분석하였다. 적혈구와 간의 catalase는 Johansson과 Hankan의 방법¹⁸⁾을 이용하여 분석하였고, 적혈구와 간의 glutathione peroxidase (GPx)는 Paglia와 Valentine의 방법¹⁹⁾으로 분석하였다.

자료분석 및 통계 처리

조사된 자료는 SPSS프로그램을 이용해서 각 군의 평균과 표준 오차를 계산하였다. 실험군끼리의 비교는 one way ANOVA (analysis of variance)와 Duncan's multiple range test를 이용해서 분석하였으며, 유의수준은 p < 0.05로 하였다.

결 과

실험동물의 체중변화, 식이섭취량 및 장기 무게

실험동물의 체중 변화, 식이섭취량 및 장기무게는 Table 2에 제시하였다. 실험 기간동안 실험동물의 체중변화와 식이섭취량 및 식이효율은 실험군 간에 차이가 없었다. 간과 부고환지방의 무게도 실험군 간에 유의적인 차이가 없었다.

총지질과 콜레스테롤 섭취량, 배설량 및 소화흡수율

실험 1주와 4주차의 총지질섭취량, 분변으로의 지질배설량 및 소화흡수율은 Table 3에 나타나 있다. 실험 1주차에서 지질섭취량은 각 군간에 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 분변으로의 지질 배설량은 ISP군이 다른 군들보다 높아서 지질소화흡수율은 ISP군이 casein군과 다른 대두분해물군들보다 유의적으로 낮았다. 실험 4주차에서 지질 섭취량과 배설량은 실험 군들간에 유의적인 차이를 보이지 않았다.

실험 1, 4주차 콜레스테롤의 섭취량, 배설량 및 소화흡수율은 Table 4에 나타내었다. 실험 1주와 4주차에서 콜레스테롤 섭취량, 배설량 및 소화흡수율은 각 군간에 유의적인 차이를 보이지 않았다.

혈액 지질과 동맥경화지수

혈액 중성지방, 콜레스테롤, HDL과 LDL콜레스테롤 및 동맥경화지수는 Table 5과 Fig. 1에 나타나 있다. 혈액 중

Table 2. Body weight, feed intake and organ weight of the rat

	Casein	ISP	SH	SS	IS
Initial BW (g)	228.1 ± 31.3 ¹⁾	229.4 ± 24.6	235.5 ± 12.7	227.8 ± 30.8	232.1 ± 18.0
Final BW (g)	402.3 ± 31.8	411.9 ± 42.9	398.0 ± 30.3	406.1 ± 37.3	413.9 ± 24.9
BW gain (g/day)	6.2 ± 0.9	6.5 ± 1.3	5.8 ± 0.6	6.4 ± 1.2	6.5 ± 0.8
Feed intake (g/day)	21.6 ± 1.9	21.7 ± 2.4	21.5 ± 2.1	22.8 ± 2.1	21.7 ± 1.4
FER	0.29 ± 0.04	0.30 ± 0.04	0.27 ± 0.02	0.28 ± 0.05	0.30 ± 0.02
Liver (g)	19.68 ± 1.94	19.72 ± 2.98	21.49 ± 1.58	21.02 ± 2.70	21.95 ± 4.28
EFP (g)	5.84 ± 1.22	6.98 ± 2.29	6.25 ± 0.94	5.93 ± 2.37	6.28 ± 1.46

ISP: isolated soy protein, SH: seoritae protein hydrolyzate, SS: soluble soy protein hydrolyzate, IS: insoluble soy protein hydrolyzate
1) Mean ± SD

Table 3. Lipid intake, fecal lipid content and apparent absorption rate of lipid at 1st and 4th week

	Casein	ISP	SH	SS	IS
1st week					
Lipid intake (g/day)	2.41 ± 0.42 ¹⁾	2.31 ± 0.40	2.18 ± 0.41	2.35 ± 0.33	2.31 ± 0.17
Fecal lipid content (g/day)	0.18 ± 0.06 ^{ab2)}	0.22 ± 0.03 ^b	0.15 ± 0.04 ^o	0.18 ± 0.05 ^{ab}	0.17 ± 0.02 ^{ab}
Apparent absorption rate of lipid (%)	92.73 ± 1.97 ^b	90.56 ± 0.98 ^o	93.09 ± 1.85 ^b	92.58 ± 1.22 ^b	92.61 ± 0.70 ^o
4th week					
Lipid intake (g/day)	3.61 ± 0.45	3.66 ± 0.44	3.65 ± 0.24	3.51 ± 0.36	3.31 ± 0.21
Fecal lipid content (g/day)	0.18 ± 0.04	0.18 ± 0.03	0.17 ± 0.03	0.19 ± 0.03	0.16 ± 0.02
Apparent absorption rate of lipid (%)	95.02 ± 0.65 ^{ab}	94.99 ± 0.58 ^{ab}	95.66 ± 0.49 ^b	95.18 ± 1.16 ^{ab}	94.38 ± 0.74 ^o

ISP: isolated soy protein, SH: seoritae protein hydrolyzate, SS: soluble soy protein hydrolyzate, IS: insoluble soy protein hydrolyzate
1) Mean ± SD

2) Values with different alphabets within the same column are significantly different by Duncan's multiple range test (p < 0.05)

Table 4. Cholesterol intake, fecal cholesterol content and apparent absorption rate of cholesterol at 1st and 4th week

	Casein	ISP	SH	SS	IS
1st week					
Cholesterol intake (mg/day)	241.3 ± 42.2 ¹⁾	231.3 ± 40.0	217.8 ± 41.2	234.7 ± 33.4	231.5 ± 16.7
Fecal chol. content (mg/day)	37.66 ± 26.77	25.18 ± 10.86	24.75 ± 14.61	32.20 ± 14.83	25.55 ± 5.93
Apparent absorption rate of chol. (%)	84.81 ± 8.56	88.90 ± 4.97	88.67 ± 6.48	86.40 ± 5.45	88.92 ± 2.73
4th week					
Chol. intake (mg/day)	361.1 ± 45.4	366.3 ± 43.6	364.6 ± 24.2	351.3 ± 35.7	331.0 ± 21.3
Fecal chol. content (mg/day)	28.99 ± 7.85	25.28 ± 8.15	28.96 ± 11.20	29.66 ± 5.71	30.37 ± 13.20
Apparent absorption rate of chol. (%)	92.00 ± 1.81	93.21 ± 1.56	92.15 ± 2.64	91.39 ± 2.18	90.94 ± 3.52

ISP: isolated soy protein, SH: seoritae protein hydrolyzate, SS: soluble soy protein hydrolyzate, IS: insoluble soy protein hydrolyzate
1) Mean ± SD

성지방은 불용성가수분해물군 (IS)이 casein군보다 유의적으로 낮았고, 서리태가수분해물군 (SH)과 ISP군도 카제인군보다 낮은 경향을 보였다. 혈액 총콜레스테롤은 카제인군과 유의적 차이는 없었으나 중성지방과 마찬가지로 불용성가수분해물군이 가장 낮았고 다른 대두단백가수분해물군들과 ISP군도 카제인군보다 낮은 경향이였다.

HDL-과 LDL-콜레스테롤의 경우 실험군 간에 유의차는 없었지만 대두단백가수분해물군들이 casein군보다 HDL-콜레스테롤은 높고, LDL-콜레스테롤은 낮은 경향이였다. 이로 인해 동맥경화지수 (Fig. 1)는 카제인군에 비해 ISP군과 대두단백가수분해물군들이 현저히 감소한 것으로 나

타났다.

간의 지질농도

간의 총지방, 중성지방과 콜레스테롤 농도는 Table 6에 나타나 있다. 간의 총지방, 중성지방 및 콜레스테롤농도는 각 군간에 유의적인 차이는 보이지 않았으나, 간의 총지질과 cholesterol농도는 ISP군이 casein군보다 낮은 경향이였다.

혈장 총항산화력과 적혈구와 간의 항산화효소활성

혈장 총항산화력은 Fig. 2에 적혈구와 간의 항산화효소활성도는 Table 7과 8에 제시하였다. 혈장 총항산화력은 각 군간에 유의적인 차이는 없었으나 서리태가수분해물군 (SH)

Table 5. Plasma triglyceride (TG), total cholesterol, HDL- and LDL-cholesterol

	Casein	ISP	SH	SS	IS
TG (mg/dl)	70.13 ± 15.70 ^{b1)2)}	58.13 ± 10.15 ^{ob}	49.50 ± 6.90 ^{ob}	69.75 ± 30.92 ^b	40.64 ± 6.52 ^o
Total Chol. (mg/dl)	76.15 ± 19.27	67.21 ± 25.82	66.40 ± 9.79	63.15 ± 22.77	60.98 ± 12.58
HDL (mg/dl)	8.36 ± 2.01	9.78 ± 2.42	9.23 ± 2.28	9.86 ± 2.36	8.69 ± 2.49
LDL (mg/dl)	51.20 ± 19.58	47.79 ± 24.86	47.27 ± 8.387	39.33 ± 22.92	42.22 ± 12.24

ISP: isolated soy protein, SH: seoritae protein hydrolyzate, SS: soluble soy protein hydrolyzate, IS: insoluble soy protein hydrolyzate

1) Mean ± SD

2) Values with different alphabets within the same column are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05)

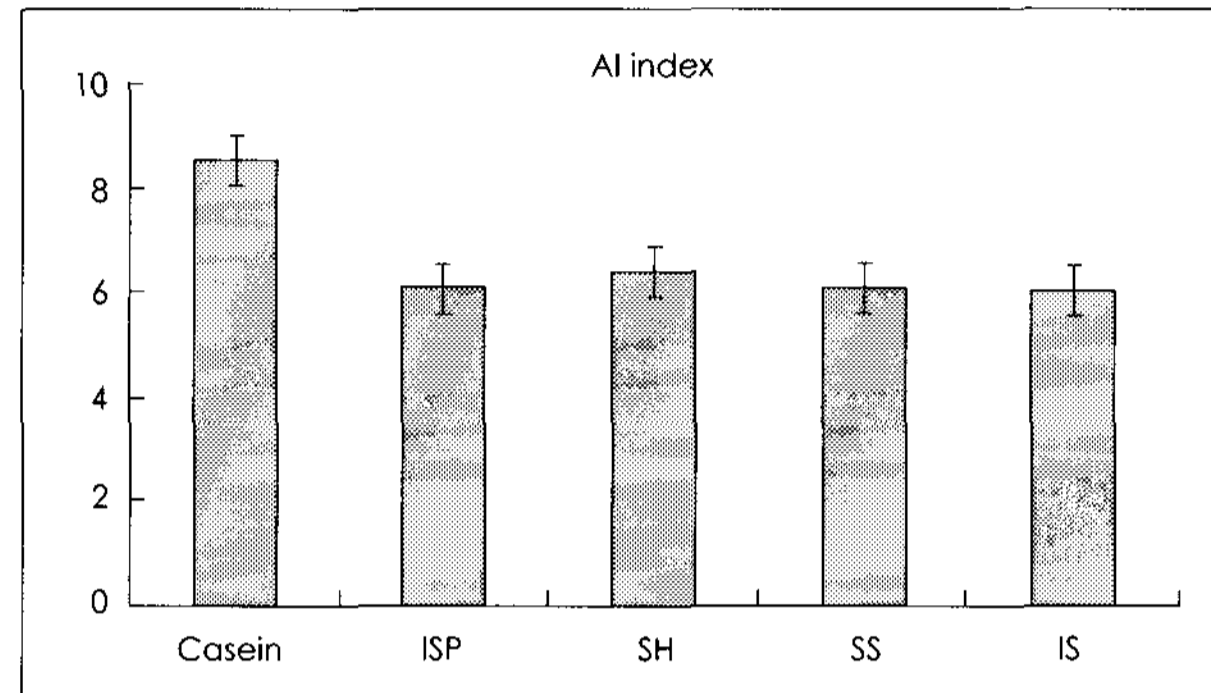


Fig. 1. Atherogenic index (AI) of the rat plasma.

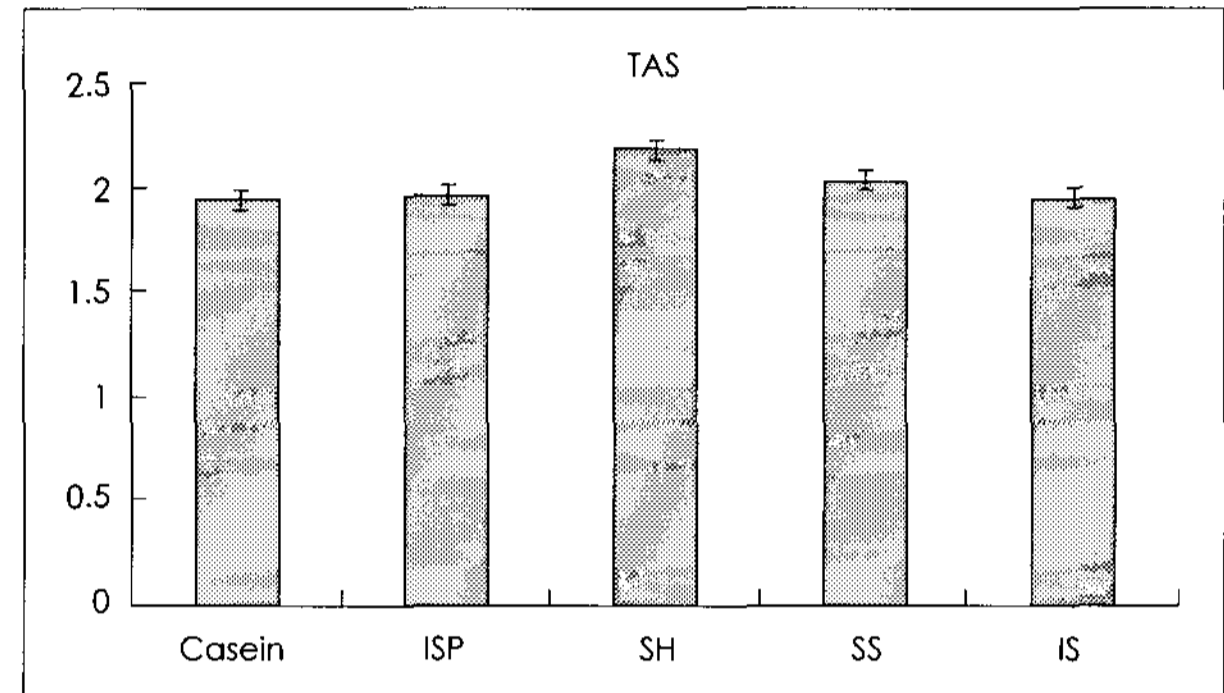


Fig. 2. Plasma total antioxidant status (mM) of the rat.

Table 6. Total lipid, triacylglycerol (TG) and cholesterol concentration of the liver

	Casein	ISP	SH	SS	IS
Total lipid (mg/g)	210.9 ± 26.3 ¹⁾	197.5 ± 19.8	220.0 ± 31.8	214.2 ± 25.0	233.4 ± 40.9
TG (mg/g)	38.35 ± 4.83	34.25 ± 6.01	36.31 ± 7.08	35.00 ± 5.46	35.69 ± 4.80
Chol. (mg/g)	5.54 ± 1.02	5.37 ± 1.20	5.72 ± 1.47	5.96 ± 0.87	6.02 ± 1.28

ISP: isolated soy protein, SH: seoritae protein hydrolyzate, SS: soluble soy protein hydrolyzate, IS: insoluble soy protein hydrolyzate

1) Mean ± SD

Table 7. Antioxidant enzyme activities of the erythrocyte

	Casein	ISP	SH	SS	IS
SOD (U/mgHb)	2.58 ± 0.41 ¹⁾	2.80 ± 0.4	3.32 ± 0.66	2.78 ± 0.87	2.81 ± 0.39
GPx (U/mgHb)	339.8 ± 156.7	333.0 ± 131.0	239.7 ± 30.4	351.9 ± 120.5	315.3 ± 64.7
CAT (IU/mgHb)	133.7 ± 40.9	141.7 ± 52.4	119.6 ± 20.3	132.3 ± 20.1	128.1 ± 34.3

ISP: isolated soy protein, SH: seoritae protein hydrolyzate, SS: soluble soy protein hydrolyzate, IS: insoluble soy protein hydrolyzate, SOD: superoxide dismutase, GPx: glutathione peroxidase, CAT: Catalase

1) Mean ± S.D.

이 다른 군들에 비해 높은 경향이였다. 적혈구 항산화효소의 활성은 실험군 간에 유의적인 차이나 뚜렷한 경향이 없었다. 간의 항산화효소활성도 각 군 간에 유의적인 차이는 없었으나 서리태가수분해물군이 카제인군과 다른 실험군들에 비해 superoxide dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GPx) 및 catalase 활성이 높은 것으로 나타났다.

고찰

대두식이와 체중증가량 및 식이효율과의 관계를 살펴본 연구에서, Lee²⁰⁾는 casein과 대두단백질식을 섭취시킨

연구에서 실험동물의 체중증가량과 식이효율이 실험 전 기간을 통해 군간에 차이가 없었다고 보고하였고, Ko 등²¹⁾도 노란콩과 검정콩 식이를 7주간 섭취시킨 실험에서 흰쥐의 식이섭취량이 실험군간에 차이가 없었다고 보고하였는데, 본 연구에서도 실험동물의 체중증가와 식이효율이 실험식의 영향을 받지 않은 것으로 나타났다.

Ko 등²¹⁾은 콩 섭취군에서 분변으로의 중성지방과 담즙산 배설량이 높아졌다고 보고하였고, Song과 Kwon²²⁾도 흰콩과 검정콩을 껍질 채 분쇄하여 흰쥐에게 7주간 급여한바 분변 중의 중성지방과 총지방 함량이 대조군에 비하여 높았다고 보고한 바 있는데, 본 연구의 경우에도 실험 1주차

Table 8. Antioxidant enzyme activities of the rat liver

	Casein		ISP		SH		SS		IS	
SOD (U/mgprotein)	84.85 ±	35.89 ¹⁾	61.84 ±	36.42	100.88 ±	32.68	67.41 ±	30.12	74.57 ±	20.13
GPx (U/mgprotein)	3749.9 ±	1233.2	3833.1 ±	1233.7	4918.8 ±	1798.7	3760.5 ±	1421.0	4196.8 ±	844.3
CAT (IU/mgprotein)	1220.5 ±	457.4	1323.3 ±	435.1	1358.2 ±	440.9	1279.4 ±	338.2	1316.8 ±	252.6

ISP: isolated soy protein, SH: seoritae protein hydrolyzate, SS: soluble soy protein hydrolyzate, IS: insoluble soy protein hydrolyzate, SOD: superoxide dismutase, GPx: glutathione peroxidase, CAT: Catalase

1) Mean ± S.D.

에 분리대두단백군에서 분변으로의 지질배설량이 카제인군보다 높았다.

Choi와 Lee⁶⁾는 대두단백질이 체내에서 가수분해될 때 생성되는 peptides가 담즙산 배설을 촉진시키며 대두 단백질의 혈청 콜레스테롤 감소효과는 변으로 총 스테롤 배설량 증가와 관련이 있다고 보고하였다. Chen 등²³⁾의 연구에서도 성장기 Wistar쥐에 대두단백 분획물을 급여한 바 변으로 콜레스테롤과 담즙산 배설이 증가되었다고 보고하였다. 본 연구에서는 담즙산의 배설량은 측정하지 않았으나, 실험 4주차에 불용성 대두가수분해물군에서 콜레스테롤 섭취량보다 배설량이 증가하는 경향을 확인할 수 있었다.

콩단백의 혈액 지질 저하 효과와 관련된 연구에서 Potter 등²⁴⁾은 콩단백질 중 soy peptides, globulins, isoflavones, saponin 등이 지질 저하 효과가 크다고 보고하였다. Kim 등²⁵⁾은 성장기 흰쥐에 natto를 4주간 급여하자 혈청 콜레스테롤과 중성지질이 감소되었다고 보고하였고, Chen 등²³⁾은 성장기 Wistar 쥐에 대두단백 분획물 (10%)을 급여하였을 때 콜레스테롤 및 중성지질이 감소하였다고 보고하였다. 본 연구에서도 불용성과 서리태가수분해물 및 분리대두단백군에서 혈액 중성지방이 감소하는 효과를 보였다. 본 연구에서 대두단백분해물들 중 특히 불용성가수분해물이 수용성가수분해물보다 중성지질저하에 효과적인 것으로 나타났는데 불용성단백가수분해물은 물에 잘 용해되지 않고 불투명하므로, 앞으로 기능성 대두가수분해물을 상품화할 때 떡의 콩고물이나 파우더보충제형태로 사용하는 것이 적합할 것으로 사료된다.

선행연구에서 Terpstra 등²⁶⁾은 고콜레스테롤혈증 쥐에서 콩 단백질이 혈장 콜레스테롤 농도를 낮추는 효과가 있다고 보고하였고, 흰쥐와 햄스터를 대상으로 한 다른 동물 실험에서는 대두 단백질과 대두의 알콜 추출물이 혈청 LDL-cholesterol을 낮추는 효과가 있다고 보고하였다.^{27,28)} 본 연구에서는 실험기간이 4주로 길지 않아서 혈액 총 콜레스테롤의 유의적인 감소효과는 나타나지 않았으나, 대두가수분해물군들이 카제인군보다 HDL-콜레스테롤은 높아지고, LDL-콜레스테롤은 낮아지는 경향이어서 동맥경화지수 (AI)가 카제인군보다 현저히 감소한 것으로 나타났다.

대두식이 가 간 지질에 미치는 영향을 살펴 본 연구에서 Ko 등²¹⁾은 콩 식이군이 간 중성지질은 낮추었지만 간의 콜레스테롤 함량은 대조군과 차이가 없었다고 하여서 본 연구의 간지질 감소 추세와 비슷한 경향을 보였다. 한편, 다른 연구에서 탈피탈지 노란콩가루를 흰쥐에 7주간 섭취시켰을 때에는 간의 중성지방과 콜레스테롤이 둘 다 효과적으로 저하되었다는 보고도 있어서 콩 식이를 섭취시키는 기간이 지질 저하 정도에 영향을 미치는 것으로 사료된다.^{26,29)}

Pratt 등³⁰⁾은 대두단백가수분해물에서 항산화 효과를 나타내는 물질로 이소플라본을 지목하였다. Kim³¹⁾은 청태, 서리태, 쥐눈이, 수박태, 유태, 흑태, 수입콩 등에서 isoflavone 함량을 분석한 결과 각각 330~730 mg/100 g으로 품종 간에 차이가 큰 것으로 보고하였고, 그 중 서리태의 이소플라본함량이 730 mg/100 g으로 가장 높았다. 본 연구에서 서리태가수분해물군의 총항산화력이 다른 군들보다 높고, 간의 항산화효소활성도가 증가한 것으로 나왔는데 그 이유 중의 일부는 서리태의 이소플라본 함유량이 높은 것과 관련이 있을 것으로 사료된다. 한편, 콩의 짙은 색소성분인 anthocyanin이 항산화효과가 높다는 보고가 있으며 특히 색이 짙은 검정콩과 소립검정콩등이 노란콩보다 항산화효과가 뛰어나다는 보고가 있는데,³²⁾ 서리태의 경우에도 검은 껍질 부분에 안토시아닌 색소가 많이 들어있을 것으로 사료된다. 앞으로 서리태의 항산화 효과의 원인물질을 규명하고 분리추출하면 기능성식품등의 제조에 많이 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

요 약

본 연구는 대두단백가수분해물의 섭취가 소화흡수율, 지질대사 및 항산화에 미치는 영향을 살펴보고자 흰쥐를 카제인, 분리대두단백 (ISP) 또는 대두단백가수분해물 (서리태단백분해물 (SH), 수용성단백분해물 (SS) 또는 불용성단백분해물 (IS)군으로 나누어 4주간 사육한 후 생리활성의 변화를 살펴보았으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 지질소화흡수율은 실험 1주차에서 분리대두단백군 (ISP군)이 다른 군보다 유의적으로 낮았다. 불용성가수분

해물군 (IS군)은 실험 4주차에서 다른 군들보다 콜레스테롤의 소화흡수율이 낮은 경향이였다.

2) 혈액 중성지방은 불용성가수분해물군 (IS군)이 카제인군보다 유의적으로 낮았고, 서리태가수분해물군과 ISP군도 낮은 경향이였다. 총 콜레스테롤도 중성지방과 마찬가지로 불용성가수분해물군이 가장 낮았고 다른 대두가수분해물군들과 ISP군도 카제인군보다 낮은 경향이였다. 대두가수분해물군들이 카제인군보다 HDL-cholesterol은 높이고, LDL-cholesterol은 낮추어서 동맥경화지수는 불용성, 수용성, 서리태가수분해물의 순으로 낮았다.

3) 총항산화력은 군 간에 유의적인 차이가 없었으나 서리태가수분해물군 (SH군)이 다른 군들에 비해 높은 경향이였다. 간의 항산화효소활성은 각 군 간에 유의적인 차이는 없었으나 서리태가수분해물군의 superoxide dismutase, glutathione peroxidase 및 catalase 활성이 카제인군과 다른 실험군들에 비해 높은 경향이였다.

결론적으로, 대두단백가수분해물군들은 카제인군보다 혈액 중성지방, 총콜레스테롤, LDL-cholesterol과 동맥경화지표 (AI)를 낮추어서 심혈관질환예방에 바람직한 것으로 나타났는데, 이러한 효과는 특히 불용성단백가수분해물군에서 뛰어났다. 한편, 항산화활성의 경우 총항산화력과 항산화효소활성이 서리태가수분해물군에서 높은 경향으로 나타나 앞으로 서리태의 항산화 효과의 원인물질을 규명하고 분리추출하는 등의 연구를 통해 우리나라의 전통 콩의 우수한 면모를 밝히는 연구가 더 필요하다고 사료된다.

Literature cited

- 1) Korea National Statistical Office, Annual report of mortality statistics, Seoul: 2005
- 2) Ministry of Health and Welfare, Report on 2005 National Health and Nutrition Survey, Seoul: 2006
- 3) Nagata Y, Imaizumi K, Sugano M. Effects of soya-bean protein and casein on serum cholesterol levels in rabbits. *Br J Nutr* 1989; 4: 113-121
- 4) Potter SM. Overview of proposed mechanism for the hypocholesterolemic effect of soy. *J Nutr* 1995; 125: 606S-611S
- 5) Forsythe WA. Dietary protein, cholesterol and thyroxine: a proposed mechanism. *J Nutr Sci Vitaminol* 1992; 36: 595-593
- 6) Choi YS, Lee SY. Cholesterol lowering effects of soybean products (curd or curd residue) in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 1993; 22: 673-677
- 7) Kwon TW, Song YS. Health functions of soybean foods. Proceeding of IUFOST 96 regional symposium on non-nutritional health factors for future foods; 1996 Sep 13; Seoul: 1996
- 8) Shin MK, Han SH. Effects of soybean extract on serum lipid contents in fed fat diet rats. *Korean J Food Sci Technol* 1999; 31(3): 809-814
- 9) Barnes S, Grubbs C, Setchell KDR, Carlson J. Soybeans inhibit mammary tumors in models of breast cancer. In: Pariza M, Liss A, editors. *Mutagens and carcinogens in the diet*. New York: Wiley Liss; 1990. p.239
- 10) Messina MJ, Persky V, Setchell KDR, Barnes S. Soy intake and cancer risk, a review of in vitro and in vivo data. *Nutr Cancer* 1994; 21: 113
- 11) Wei H, Cai Q, Rahn RO. Inhibition of UV light and Fenton-induced oxidative DNA damage by the soybean isoflavone genistein. *Carcinogenesis* 1996; 17: 73-77
- 12) Ritter MA, Morr CV, Thomas RL. In vitro digestibility of phytate-reduced and phenolics-reduced soy protein isolates. *J Food Sci* 1987; 52: 325-341
- 13) Kim WJ. Soybean health and utilization. Seoul: Hyoilbooks; 2006
- 14) Kim HYP, Han YH, Kim MH, Kim KS. Effects of different kinds of korean soybeans on body lipids and lipid peroxidation in rats. *Korean J Nutr* 2007; 40(3): 229-234
- 15) Bligh EG, Dyer WJ. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol* 1959; 37: 911-917
- 16) Floher L, Becker R, Brigelius R, Lengfelder E, Otting F. Convenient assays for superoxide dismutase. In: Miquel J, Quintaniha AT, Weber H, editors. *CRC handbook of free radicals and antioxidants in biomedicine*; 1992. p.287-288
- 17) Winterbourn CC, Hawkins RE, Brian M, Carrell RW. The estimation of red cell superoxide dismutase activity. *J Lab Clin Med* 1975; 35: 337-341
- 18) Johansson LH, Hankan BLA. A spectrophotometric method of determination of catalase activity in small tissue samples. *Anal Biochem* 1988; 174: 331-336
- 19) Paglia DE, Valentine WM. Studies on the quantitative and qualitative characterization of erythrocyte glutathione peroxidase. *J Lab Clin Med* 1967; 70(1): 158-169
- 20) Lee HJ. Effects of dietary casein, soyprotein and mixed protein on body lipid components of rats. [masters thesis]. Seoul: Sungshin women's university; 1986
- 21) Ko MK, Kwon TW, Song YS. Effects of yellow and black soybeans on plasma and hepatic lipid composition and fecal lipid excretion in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 1998; 27(1): 126-131
- 22) Song YS, Kwon TW. Hypocholesterolemic effect of soybean and soy products. *Food Industry Nutr* 2000; 5(2): 36-41
- 23) Chen JR, Chiou SF, Suetsuna K, Yang HY, Yang SC. Lipid metabolism in hypercholesterolemic rats affected by feeding cholesterol-free diets containing different amounts of non dialyzed soybean protein fraction. *Nutrition* 2003; 19: 676-680
- 24) Potter SM, Baum JA, Teng H, Stillman RJ, Shay NF, Erdman JW. Soy protein and isoflavones: their effects on blood lipids and bone density in postmenopausal women. *Am J Clin Nutr* 1998; 68: 375s-1379s
- 25) Kim BN, Kim JD, Ham SS, Lee SY. Effects of spice added natto supplementation on the lipid metabolism in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 1995; 24: 121-126
- 26) Terpstra AH, van Tintelen G, West CE. The hypocholesterolemic effects of dietary soy protein in rats. *J Nutr* 1982; 112: 810-817
- 27) Balmir F, Staack R, Jeffrey E, Jimenez MD, Wang L, Potter SM.

- An extract of soy flour influences serum cholesterol and thyroid hormones in rats and hamsters. *J Nutr* 1996; 126: 3046-3053
- 28) Sirtori CR, Gatti E, Mantero O, Conti F, Agradi E, Tremoli E, Sirtori M, Fraterrigo L, Tavazzi L, Kritchevsky D. Clinical experiment with the soybean protein diet in the treatment of hypercholesterolemia. *Am J Clin Nutr* 1979; 32: 1645-1658
- 29) Carroll KK, Kurowska EM. Soy consumption and cholesterol reduction: Review of animal and human studies. 1st International Symposium on The Role of Soy in Preventing & Treating Chronic Disease. 1994 Feb 20; Mesa, Arizona; 1994
- 30) Pratt DE, Pietro C, Porter W, Giffey W. Phenolic antioxidants of soy protein hydrolyzates. *J Food Sci* 1981; 47: 24
- 31) Kim MJ. Studies on functional compositions and physicochemical characteristics of korean traditional soybeans. [masters thesis]. Yongin: Yongin university; 2004
- 32) Bae EA, Moon GS. A study on the antioxidative activities of Korean soybeans. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 1997; 26(2): 203-208