

가시발새우 키토산 식이가 식이성 고지혈증 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향

정계환·김봉섭·허종확*·정승용*

경상대학교 식품공학과

*경상대학교 식품영양학과

Effect of Dietary Lobster Shrimp Chitosan on Lipid Metabolism in Diet-Induced Hyperlipidemic Rats

Gea-Hwan Chung, Bong-Sub Kim, Jong-Wha Hur[†] and Seung-Yong Chung*

Dept. of Food Science and Technology, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

*Dept. of Food and Nutrition, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

Abstract

This study was designed to investigate effects of lobster shrimp chitosan on serum and liver lipid levels in rats fed high fat and cholesterol diets. Male Sprague-Dawley rats of 4-weeks old, weighing $70 \pm 5g$, were fed experimental diets for 3 weeks: basal diet + 5% cellulose (group 1), high lipid diet + 5% cellulose (group 2, control group), high lipid diet + 5% balloon flower root (group 3), high lipid diet + 5% commercial chitosan (group 4), high lipid diet + 5% lobster shrimp chitosan (group 5). Concentrations of total cholesterol, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol, free cholesterol, cholesteryl ester, triglyceride, phospholipid in serum and liver were determined. The results obtained were as follows: Serum total cholesterol concentration were significantly reduced in all supplemented group compared with control. HDL-cholesterol concentrations were higher in groups 1, 4, and 5 and the ratios of HDL-cholesterol to total cholesterol concentration were higher in groups 1, 4, while the atherogenic-indices were lower in groups 1, and 4 than control. Concentrations of LDL, LDL-cholesterol and free cholesterol, cholesteryl ester were significantly lower in all supplemented groups than the control group. Concentrations of phospholipid and triglyceride were lower in groups 3, 4, 5, while activities of GPT and GOT were significantly lower in groups 4, 5 than the other groups. Blood glucose concentration was lower in all supplemented groups than in the control group. Concentrations of calcium, magnesium and phosphorus were high in all treatment groups compared to the control group. Liver contents of total cholesterol, free cholesterol and cholesteryl ester were lower in the groups 1, 3, 4, and 5 than in the control group, especially lower in groups 1, and 5. Liver triglyceride and phospholipid concentrations were significantly lower in the groups 1, and 5 than in the other groups. The results from the data suggested that the experimental diet containing 5% lobster shrimp chitosan was effective to reduce the serum and liver lipids.

Key words: lobster shrimp, chitosan, hyperlipidemic, lipid metabolism, cholesterol

서 론

요즘들어 우리나라에서는 고지혈증, 동맥경화증, 심근경색증 및 뇌혈전증 등 심장순환기계 질환으로 인한 사망율이 증가하고 있는 추세이다. 이러한 질환의 요인으로는 유전적인 인자, 고혈압, 당뇨, 비만, 운동부족, 고지혈증 및 스트레스 등(1-7)을 들 수 있는데, 그

중 혈청 콜레스테롤과 중성지방 농도의 증가에 의해 영향을 받는다는 것이 밝혀지면서 혈청 콜레스테롤 수 준을 효과적으로 저하시키기 위한 의약품 및 자연건강 식품에 관한 연구가 발표되고 있다(8,9).

Sugano 등(10)은 0.5% 콜레스테롤을 함유한 고콜레스테롤 사료에 키토산 분말을 5% 첨가하여 20일간 쥐를 사육한 결과, 섭취량 및 생육에는 영향을 미치지

[†]To whom all correspondence should be addressed

않았지만 혈청 콜레스테롤 농도 및 간장 콜레스테롤 농도가 저하하였으며, 또한 0.5%의 키토산을 무콜레스테롤 사료에 첨가하여 80일간 쥐에 급여한 결과, 식이섭취량, 체중 증가, 간장 중 콜레스테롤 함량은 키토산 무급여군과 차이는 없었지만, LDL(low density lipoprotein)의 농도는 저하하였고, HDL(high density lipoprotein)의 농도는 상승하였다고 보고 한 바 있다.

또한 Sugano 등(10)은 기초식이에 20~40mesh 키토산을 2%, 5% 및 10%를 첨가한 식이를 급여한 결과 5%, 10% 첨가 급여군에 있어 혈장 및 간장의 총 콜레스테롤 농도를 유의적으로 저하시켰다고 하였다. 汁(11)은 고콜레스테롤 식이 흰쥐에 5% 키토산 및 5% 키토산 첨가식을 급여한바 5% 키토산 식이급여군이 혈청 콜레스테롤 농도 저하 효과와 HDL-콜레스테롤 농도 상승효과가 보다 컸다고 보고한바 있다.

본 연구에서는 최근 환경오염원이 되고 있는 갑각류 껍질 폐기물에서 키토산을 추출하였으며, 이것을 원료로 키토산을 제조하였다. 이렇게 제조한 가시발 새우 키토산이 성인병의 원인이 되는 고지혈증의 치료효과를 구명하고자 식이성 고지혈증 흰쥐에 급여하여 혈청 및 간장의 지질 개선효과에 미치는 영향을 실험하였다.

재료 및 방법

실험재료

키토산 시료는 가시발 새우 껍질을 이용하여 No와 Meyers(12)의 방법으로 제조하여 약 60mesh 분말로 만들어 공시하였다. 도라지는 23년근으로 경남 진양군 명석면 용산리에서 구입하여 세척한 후 건조시켜 약

60mesh의 분말로 만들어 사용하였으며, 시판용 키토산은 일본에서 의약품으로 시판되고 있는 것을 구입하여 식이실험에 사용하였다.

실험동물 및 식이의 조제

평균 체중이 70±5g의 4주령된 Sprague-Dawley (S.D)계 숫 흰쥐를 20% casein을 함유한 기초식이로서 1주간 예비사육한 후 체중이 비슷한 것끼리 6마리씩 7군으로 나누어 사육상자에 한마리씩 넣어 3주간 실험사육하였다. 사육기간 중 식이와 물은 자유로이 섭취시켰고 사육실의 온도는 22±2°C, 습도는 50±10%를 유지하였으며, 명암은 12시간(07:00~19:00) 주기로 조명하였다.

기초식이 및 실험식은 Table 1과 같으며, 실험식은 고지질 식이에 각 시료를 5.0%씩 첨가하여 조제하였다. 즉, cholesterol 0.75%, Na-cholate 0.25%, 지질 18.0%(돈지, 일본설인유업(주)제, 15%+옥수수유, 동방유량제, 3.0%)를 첨가하여 고지질 식이를 조제하였다.

Table 1에서 1군은 기초식이로서 cellulose분말 5.0%를 첨가 조제하였고, 2군은 고지질식이에 cellulose 분말 5.0%를 첨가한 것으로 이를 대조군으로 하였다. 3군은 고지질 식이에 도라지 건조분말 5.0%를 첨가하였고 4군과 5군은 각각 고지질 식이에 시판 키토산 5.0%와 가시발 새우 키토산 5.0%를 첨가하여 조제하였다.

실험동물의 처리

실험 사육 기간 중에 체중은 오전 중에 측정하였고,

Table 1. Compositions of basal and experimental diet

(%)

Ingredient	Group				
	1 ²⁾	2	3	4	5
Casein	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Mineral mixture ¹⁾	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Vitamin mixture ¹⁾	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Choline bitartrate	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Cellulose powder	5.0	5.0	—	—	—
Lard	7.0	15.0	15.0	15.0	15.0
Corn oil	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Sucrose	60.3	51.3	51.3	51.3	51.3
Cholesterol	—	0.75	0.75	0.75	0.75
Na-cholate	—	0.25	0.25	0.25	0.25
Balloon flower root	—	—	5.0	—	—
Market-chitosan	—	—	—	5.0	—
Lobster shrimp chitosan	—	—	—	—	5.0

¹⁾AIN-76TM(30), ²⁾Basal diet

식이 섭취량은 매일 식이 잔량을 측정하여 산출하였다. 실험사육 최종일에는 7시간 절식시킨 후 에테르 마취하에 심장채혈법으로 채혈하였으며, 1시간 빙수 중에 방치한 후 3,000rpm, 15분간 원심분리하여 혈청 (serum)을 얻어 실험에 사용하였다. 간장(liver)은 무게측정 후 0.9% 식염수로서 탈혈한 후 여과지로 수분을 제거하고 동결보존하면서 공시하였다.

콜레스테롤의 정량

혈청 중의 총 콜레스테롤 농도는 총 콜레스테롤 측정용 kit시약(cholestezyme-V, Eiken), 유리콜레스테롤 농도는 유리콜레스테롤 측정용 kit시약(free-cholestezyme-V555, Eiken)으로 측정하였으며, 콜레스테롤 에스테르 농도는 총 콜레스테롤 농도에서 유리콜레스테롤 농도를 뺀 값으로 표시하였다. HDL-콜레스테롤 농도는 HDL-콜레스테롤 측정용 kit시약(HDL-C555, Eiken)으로 측정하였다.

그리고 혈청 LDL 농도는 LDL 측정용 kit시약(β -lipoprotein C-Test Wako)으로 측정하였으며, LDL콜레스테롤 농도는 β -lipoprotein 중에 함유되어 있는 LDL콜레스테롤이 34.96%이므로 LDL 농도에 0.35를 곱한 값으로 표시하였다.

간장의 총 콜레스테롤 함량은 간 조직 0.5g을 chloroform : methanol(2 : 1, v/v) 혼합액으로 지질을 추출하여 50ml로 정용한 다음, 일정량을 취하여 건조시킨 후 혈청과 같은 방법으로 측정하여 산출하였다.

혈청 transaminase활성의 측정 및 혈당의 정량

혈청 중 GOT(glutamic oxaloacetic transaminase) 및 GPT(glutamic pyruvic transaminase) 활성은 혈청 transaminase 측정 시약 set(Eiken)로 측정하여 혈청 1ml당 Karmen unit로 표시하였다. 그리고 혈청 중의 혈당 농도는 혈당 측정용 kit시약(GLzyme 'Eiken')으로 측정하였다.

혈청중의 Ca, Mg 및 P의 분석

혈청 중의 Ca(II)의 농도는 칼슘 측정용 kit시약(아산제약), Mg 농도는 마그네슘 측정용 시액(아산제약), 그리고 P의 농도는 무기인 측정용 시액(아산제약)으로 측정하였다.

중성지질과 인지질의 정량

혈청의 중성지질 농도는 중성지질 측정용 kit시약(Triglyzyme-V, Eiken)으로 측정하였고, 인지질 농도는 인지질 측정용 kit시약(PLzyme, Eiken)으로 측정하였다.

간장의 중성지질 및 인지질 농도는 chloroform : methanol 혼합 지질추출액 일정량을 취하여 건조시킨 후, 중성지질 측정용 kit시약과 인지질 측정용 kit시약으로 각각 측정하여 산출하였다.

통계처리

분석 결과의 통계처리는 실험군당 평균치와 표준오차를 계산하였으며, $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test로 실험군간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

증체량, 식이 효율 및 간장의 중량

3주간 실험사육한 흰쥐의 체중 증가량, 굵이 섭취량, 식이 효율을 Table 2에 나타내었다. 식이 섭취량은 3군이 낮았고, 그 외의 군은 다소 높게 나타났다. 한편, 체중 증가량은 식이 섭취량이 낮은 시판 키토산 굵이군(3군)이 유의적으로 낮았고 그외의 실험군들은 모두 높게 나타났다. 실험군 중에서 도라지 분말 굵이군이 식이 섭취량 및 체중 증가량이 낮은 것은 도라지의 특이한 냄새와 쓴맛 때문인 것으로 여겨지며, 굵이 효율은 기초 굵이군(1군), 가시발새우 키토산 굵이군(5군)

Table 2. Body weight gain, food intake and FER of rats fed the experimental diets for 3 weeks

Group ¹⁾	Body weight gain(g)	Food intake(g)	FER ²⁾
1	125.1 ± 11.2 ³⁾	291.7 ± 10.5 ^b	0.43
2	113.8 ± 6.0 ^b	300.5 ± 12.8 ^b	0.38
3	91.9 ± 3.4 ^a	264.4 ± 15.4 ^a	0.35
4	102.3 ± 5.6 ^b	289.3 ± 10.6 ^{ab}	0.35
5	119.7 ± 8.4 ^b	293.6 ± 11.4 ^b	0.41

¹⁾See in the Table 1

²⁾Food efficiency ratio(body weight/food intake)

³⁾Mean ± S.E.(n=6), Means in the same column with different superscript are significantly different($p < 0.05$)

Table 3. Liver weight of rats fed the experimental diets for 3 weeks (g/100g)

Group ¹⁾	1	2	3	4	5
Liver weight	11.3±0.3 ^{b2)}	14.9±0.3 ^d	11.5±0.3 ^b	10.1±0.4 ^a	11.2±0.3 ^b

¹⁾See in the Table 1

²⁾Mean±S.E.(n=6), Means in the same column with different superscript are significantly different(p<0.05)

Table 4. Concentrations of total cholesterol, ratio of HDL-cholesterol to total cholesterol and atherogenic index in serum of rats fed the experimental diets for 3 weeks (mg/dl)

Group ¹⁾	Total cholesterol(A)	HDL-cholesterol(B)	B/A×100(%)	Atherogenic index ²⁾
1	115.7± 2.90 ^{a3)}	39.7±1.90 ^b	34.3±2.10 ^c	1.9
2	232.8±12.40 ^e	25.8±1.86 ^a	11.1±1.30 ^a	8.0
3	119.8± 4.60 ^a	35.5±1.80 ^b	29.6±2.00 ^{bc}	2.4
4	126.4± 5.40 ^b	42.7±3.50 ^c	33.8±2.10 ^c	2.0
5	147.9± 8.40 ^c	38.5±2.10 ^b	26.0±1.70 ^b	2.8

¹⁾See in the Table 1

²⁾(Total chol.-HDL-chole.)/HDL-chole.

³⁾Mean±S.E.(n=6), Means in the same column with different superscript are significantly different(p<0.05)

이 높은 경향을 나타냈다.

간장의 중량은 대조군이 가장 높았으며, 시판 키토산 급이군(4군), 가시발 새우 키토산 급이군(5군), 도라지 분말 급이군(3군)의 순으로 대조군에 비해 전 실험군이 유의성있게 낮게 나타났다(Table 3).

혈청 총콜레스테롤 및 HDL-콜레스테롤의 농도

혈청 중의 총 콜레스테롤 HDL-콜레스테롤 농도와 그 비율 및 동맥경화지수를 Table 4에 나타내었다. 총 콜레스테롤 농도는 대조군(2군) 비해 전 실험군에서 유의적으로 낮았으며, 특히 가시발새우 급이군(5군)과 시판 키토산 급이군(4군)이 더욱 낮았다.

HDL-콜레스테롤의 농도는 대조군(2군)에 비해 전 실험군에서 높았으며, 이 중 시판 키토산 급이군(4군) 더 높게 나타났다. 총 콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤의 농도비는 전 실험군에서 대조군에 비해 유의적으로 높았고, 특히 4군, 3군이 더욱 높았으며, 동맥경화지수는 대조군이 8인데 비해 키토산 급이군은 2.0~2.8 범위로 현저히 낮게 나타났다.

Weiss와 Scott(13) 및 Rotstein 등(14)은 pectin 등의 식물섬유로 흰쥐의 간장이나 혈청의 총 콜레스테롤 농도를 저하시킨다고 하였으며, 한편 Kiriya 등(15)에 의하면 아라비아검, 한천 및 셀룰로스 등은 혈장 콜레스테롤 농도 저하효과가 서로 다르다고 보고한바 있다.

汁(11)은 고콜레스테롤 식이 흰쥐에 5% 키토산 및 5% 키토산 첨가식이를 급이한바 5% 키토산 식이급이군이 혈청 콜레스테롤 농도 저하 효과와 HDL-콜레스테롤 농도 상승효과가 보다 컸다고 보고하였다.

또한 Sugano 등(10)은 기초 식이에 20~40mesh 키토산을 2%, 5% 및 10%를 첨가한 식이를 급이한 결과 5%, 10% 첨가 급이군에 있어 혈장 및 간장의 총 콜레스테롤 농도를 유의적으로 저하시켰다고 하였다.

본 실험결과는 키토산 급이군이 대조군에 비해 총 콜레스테롤 저하 및 HDL-콜레스테롤의 상승효과가 높게 나타나 이들 보고와 흡사한 경향이었다.

혈청 LDL 및 LDL-콜레스테롤의 농도

혈청 중의 LDL과 LDL-콜레스테롤 농도는 Table 5과 같았는데, LDL 및 LDL-콜레스테롤 농도는 대조군(2군)에 비해 전 실험군에서 유의적으로 낮게 나타났으며, 특히 가시발새우 급이군(5군)과 시판 키토산 급이군(3군) 더욱 낮았다. LDL-콜레스테롤은 혈중 콜레스테롤의 주된 운반형이며, 동맥벽이나 말초조직에 콜레스테롤을 운반 축적시킴으로서 동맥경화를 촉진하는 인자로 알려져 있다(16).

Table 5. Concentrations of low density lipoprotein and LDL-cholesterol in serum of rats fed the experimental diets for 3 weeks (mg/dl)

Group	Low density lipoprotein	LDL-cholesterol
1	183.7±7.1 ^{ab2)}	63.3±3.1 ^a
2	286.8±8.1 ^d	102.6±3.2 ^e
3	176.1±3.1 ^a	61.7±1.1 ^a
4	221.2±8.0 ^c	77.4±2.8 ^{cd}
5	195.0±3.9 ^{ab}	68.7±1.0 ^{ab}

¹⁾See in the Table 1

²⁾Mean±S.E.(n=6), Means in the same column with different superscript are significantly different(p<0.05)

혈청 LDL은 세포표면에 있는 수용기에 결합하여 간장과 기타 조직에서 제거되는데(17,18) 유전적 요인으로 LDL-수용기에 결합이 생기거나 식이성 콜레스테롤에 의해 LDL-수용기의 활성이 저하되면 그 수용기에 LDL이 결합하지 못하고 혈중으로 유출되며 따라서 혈청의 LDL 농도가 상승되는 것으로 보고되어 있다(19).

본 실험 결과는 총 콜레스테롤 농도가 낮게 나타난 각종 콜레스테롤 급이군에서 LDL 및 LDL콜레스테롤 농도가 유의적으로 낮았으며, LDL콜레스테롤 농도 변화는 총 콜레스테롤 농도 변화와 유사하다는 Kannel 등(20)의 보고와 비슷하였다. 이들은 혈중 중성지질 농도의 저하는 모세혈관벽에 있는 lipoprotein lipase가 중성지질의 주요 운반체인 chylomicron과 초저지단백질(very low density lipoprotein, VLDL)의 분해를 촉매하기 때문이라고 보고하였다.

혈청 유리콜레스테롤 및 콜레스테롤 에스테르의 농도

혈청 중의 유리콜레스테롤, 콜레스테롤 에스테르 및 총 콜레스테롤에 대한 콜레스테롤 에스테르의 비율을 Table 6에 나타내었다. 유리콜레스테롤 농도는 대조군에 비해서 전 실험군이 유의적으로 낮았으며, 콜레스테롤 에스테르 농도에서는 도라지분말 급이군(3군), 시판 키토산 급이군(4군), 가시발새우 키토산 급이군(5군)의 순으로 대조군에 비해 유의적으로 낮은 값을 나타냈다. 그리고 콜레스테롤 에스테르 농도비는 전 실험군이 78~83로 대체로 높은 수준이었다.

Goodman(21)에 의하면 콜레스테롤은 소장에서 흡수되는 동안 콜레스테롤 에스테르의 형태로 짐막세포로 들어가는데, 그중 80%가 에스테르화된다고 보고하였으며, 또한 Grag 등(22)은 흰쥐에서 콜레스테롤을 급이하였을 때 혈중 유리 콜레스테롤 및 콜레스테롤 에스테르의 농도는 상승된다고 하였다. 한편 인간에 있어 콜레스테롤 에스테르의 농도비는 72%가 정상이

며 간장 기능 장애가 없을 때는 그 농도비가 64% 이하로 저하되는 반면, 고콜레스테롤 혈증일 때는 상승되는 것으로 알려져 있다.

그리고 박과 조(23)에 의하면 4년근 및 22년근 도라지 식물섬유를 흰쥐에 급이한바 혈청 유리콜레스테롤 농도 및 콜레스테롤 에스테르 농도가 대조군에 비해 낮았으며, 이는 김 등(24)의 보고와 유사한 경향을 보였다.

혈청 중성지질 및 인지질의 농도

3주간 실험사육한 흰쥐의 혈청 중의 중성지질과 인지질의 농도는 대조군에 비해 전 실험군에서 낮았으며, 특히 도라지분말 급이군(3군)이 현저히 낮았고, 시판 키토산 급이군(4군), 가시발새우 키토산 급이군(5군)의 순으로 낮게 나타났다. 혈청 중 인지질의 농도는 가시발새우 키토산 급이군(5군), 시판 키토산 급이군(4군), 도라지분말 급이군(3군)이 대조군에 비해 낮았다(Table 7).

Sugano 등(10)에 의하면 기초식이에 20~42mesh 키토산을 2%, 5% 및 10%와 50~100mesh인 cholestyramine 5%를 첨가한 식이를 급이 사육한바, 혈청 중성지질 농도에 있어서 대조군에 비해 약간 낮았다고 보

Table 7. Concentrations of triglyceride and phospholipid in serum of rats fed the experimental diets for 3 weeks (mg/dl)

Group ¹⁾	Triglyceride	Phospholipid
1	146.5±11.7 ^{c2)}	137.3±8.3 ^b
2	191.9±12.8 ^d	142.5±4.9 ^c
3	74.5± 4.0 ^a	135.7±3.7 ^b
4	125.4±10.2 ^{bc}	129.3±4.6 ^a
5	133.7± 8.3 ^c	131.7±5.0 ^b

¹⁾See in the Table 1

²⁾Mean±S.E.(n=6), Mean in the same column with different superscript are significantly different(p<0.05)

Table 6. Concentrations of free cholesterol and cholesterol ester in serum of rats fed the experimental diets for 3 weeks (mg/dl)

Group ¹⁾	Free cholesterol	Cholesteryl ester	Cholesterol ester ratio ²⁾ (%)
1	23.4±0.8 ^{a3)}	92.3±1.3 ^a	79.8±0.6 ^{ab}
2	47.0±1.5 ^e	185.8±5.1 ^c	83.2±3.0 ^{ab}
3	25.8±1.2 ^{ab}	94.0±1.4 ^a	78.7±2.5 ^{ab}
4	27.0±0.9 ^{bc}	99.4±4.1 ^a	78.7±1.5 ^{ab}
5	30.9±0.7 ^d	115.4±3.8 ^b	78.1±1.2 ^a

¹⁾See in the Table 1

²⁾Cholesterol ester/Total cholesterol×100

³⁾Mean±S.E.(n=6), Means in the same column with different superscript are significantly different(p<0.05)

고하였다. 한편 김 등(24)은 고콜레스테롤 식이 흰쥐에게 22년근 도라지분말(약 60mesh)을 5% 첨가하여 3주간 급이 사육한 결과 유의적으로 중성지질 및 인지질 농도저하 효과가 있었다고 보고하였는데, 본 실험에서도 키토산을 급이한 쥐의 중성지질 및 인지질이 낮게 나타나 이들 실험결과가 유사한 경향을 보였다.

혈청 transaminase 활성

혈청 중 GPT 및 GOT 활성은 대조군에 비해 전 실험군에서 유의적으로 낮았으며, 특히 키토산 급이군에서 더욱 낮게 나타났다(Table 8). 간장기능 장애의 지표가 되는 GPT 및 GOT 활성의 증가는 알콜 과잉 섭취와 고지방식이로 인해 지질대사의 저해로 간 실질세포에 장애가 발생하여 혈중으로의 방출이 증가되는 것으로 알려져 있다.

박과 조(23)는 식물섬유의 첨가 급이군에 있어 아미노전이 효소인 AST(aspartate aminotransterase) 및 ALT(alanine amino transterase) 활성이 저하된다고 하였다

으며, Nomura 등(25)도 수용성 식물섬유는 혈중 AST와 ALT 활성을 저하시킨다고 보고하였고, 김 등(24)은 천연 도라지 식물섬유를 고콜레스테롤 혈중 흰쥐에게 3주간 급이한바 AST 및 ALT 활성 저하 효과가 나타났다고 하였다. 본 실험 결과 도라지 및 키토산 급이군에서 활성저하 효과가 있었으며, 이는 이들 보고와 비슷한 경향을 보였다.

혈당의 농도

혈청 중의 혈당의 농도는 Table 9와 같이 대조군에 비하여 전 실험군이 유의적으로 낮았으며, 특히 도라지 분말 급이군(3군)과 시판 키토산 급이군(4군)이 더욱 낮게 나타났다. 당뇨병의 치료효과 실험에서 식물섬유를 사용하였을 때, 식물섬유는 인슐린 필요량과 뇨당 분비량을 감소시켜 당뇨병 치료에 효과가 있는 것으로 보고(16,26-28)되어 있으며, 본 실험 결과에서도 대조군에 비해 전 실험군에 있어 혈당 농도가 낮았는데 이는 키토산이 혈당 저하 효과가 있는 것으로 사료된다.

혈청중의 Ca, Mg 및 P의 농도

혈청 중의 Ca, Mg 및 P의 농도는 Table 10에서와 같이 Ca의 농도는 14.7~20.5mg/dl 범위로 대조군 14.7mg/ml 보다 대체적으로 높게 나타났으며, Mg의 농도는 4.1~5.4mg/dl의 범위로 대조군 3.0mg/dl 보다 역시 높게 나타났다. 그리고 P의 농도도 마찬가지로 대조군 8.5mg/dl 보다 8.5~10.0mg/dl의 범위로 비교적 높은 값을 나타내었는데, 이는 키토산의 기능중에서 금속착체와 관련이 있는 것으로 여겨진다.

Table 8. Activities of GPT and GOT in serum of rats fed the experimental diets for 3 weeks

Group ¹⁾	GPT (Karmen unit/ml)	GOT (Karmen unit/ml)
1	35.6 ^{b2)}	71.5 ^b
2	46.7 ^c	80.2 ^c
3	30.4 ^b	70.7 ^b
4	25.7 ^a	66.3 ^{ab}
5	26.4 ^a	62.2 ^a

¹⁾See in the Table 1

²⁾Mean ± S.E.(n=6), Means in the same column with different superscript are significantly different(p<0.05)

Table 9. Concentrations of blood glucose in serum of the rats fed the experimental diets for 3 weeks (mg/ml)

Group ¹⁾	1	2	3	4	5
Blood glucose	161.3 ± 6.1 ^{a2)}	222.7 ± 5.6 ^c	164.8 ± 8.4 ^a	168.7 ± 6.7 ^a	194.1 ± 7.0 ^b

¹⁾See in the Table 1

²⁾Mean ± S.E.(n=6), Means in the same column with different superscript are significantly different(p<0.05)

Table 10. Concentrations of calcium, magnesium and phosphorous of rats fed the experimental diets for 3 weeks (mg/dl)

Group ¹⁾	Calcium	Magnesium	Phosphorous
1	15.4 ± 0.4 ^{b2)}	4.3 ± 0.1 ^b	8.1 ± 0.2 ^a
2	14.7 ± 0.3 ^{ab}	3.0 ± 0.1 ^a	8.5 ± 0.2 ^a
3	15.4 ± 0.4 ^b	4.1 ± 0.1 ^b	8.9 ± 0.3 ^{ab}
4	17.0 ± 0.4 ^c	4.2 ± 0.2 ^b	10.0 ± 0.4 ^c
5	20.5 ± 0.7 ^d	5.4 ± 0.3 ^c	9.7 ± 0.3 ^{bc}

¹⁾See in the Table 1

²⁾Mean ± S.E.(n=6), Means in the same column with different superscript are significantly different(p<0.05)

Table 11. Concentrations of total cholesterol, free cholesterol and cholesteryl ester in liver of rats fed the experimental diets for 3 weeks (mg/g)

Group ¹⁾	Total cholesterol	Free cholesterol	Cholesteryl ester
1	12.5±2.3 ^{a2)}	3.0±0.4 ^a	9.5±0.4 ^b
2	29.1±2.6 ^{cd}	8.4±0.7 ^c	20.7±1.4 ^{ab}
3	26.4±2.5 ^{bc}	7.4±0.6 ^b	19.0±0.9 ^{ab}
4	25.8±3.0 ^{bc}	5.4±0.3 ^a	20.4±1.2 ^c
5	22.5±2.7 ^b	4.8±0.4 ^a	17.7±1.3 ^a

¹⁾See in the Table 1

²⁾Mean±S.E.(n=6), Means in the same column with different superscript are significantly different(p<0.05)

간장의 총 콜레스테롤, 유리콜레스테롤 및 콜레스테롤 에스테르의 농도

간장(liver) 중의 총 콜레스테롤, 유리콜레스테롤 및 콜레스테롤 에스테르의 농도에서 간장 중의 총 콜레스테롤 농도는 대조군에 비해 전 실험군이 낮았으며, 그 중에서 가시발새우 키토산 급이군(5군)이 더욱 낮았다(Table 11).

유리콜레스테롤 농도는 가시발새우 키토산 급이군(5군)이 다른 실험군에 비해 가장 낮았으며, 콜레스테롤 에스테르 농도는 가시발새우 키토산 급이군(5군)이 다른 실험군에 비해 낮았으며, 대조군은 20.7로 가장 높게 나타났다.

간장의 중성지질 및 인지질의 농도

간장 중의 중성지질과 인지질의 농도는 Table 12에서와 같이 대조군 55.1±6.4에 비해 전 실험군이 23.9±3.6~42.8±5.7로 낮게 나타났으며, 그 중에서 특히 시판 키토산 급이군(4군)과 가시발새우 키토산 급이군(5군)이 더욱 낮았다.

인지질의 농도는 대조군이 38.0±4.7로서 가장 높았으며, 그외 실험군 중에서 가시발새우 키토산 급이군(5군)이 30.8±4.4로 가장 낮은 값을 나타내었다.

Table 12. Concentrations of triglyceride and phospholipid in liver of rats fed the experimental diets for 3 weeks (mg/g)

Group ¹⁾	Triglyceride	Phospholipid
1	13.6±3.5 ^{a2)}	29.2±2.7 ^a
2	55.1±6.4 ^d	38.0±4.7 ^c
3	35.3±4.3 ^c	32.8±4.2 ^{ab}
4	23.9±3.6 ^b	37.6±5.4 ^{bc}
5	27.1±3.4 ^b	30.8±4.4 ^a

¹⁾See in the Table 1

²⁾Mean±S.E.(n=6), Means in the same column with different superscript are significantly different(p<0.05)

요 약

가시발새우 키토산을 제조하여 이를 고지혈증 흰쥐에 식이하였을 때, 흰쥐의 혈청 및 간장의 지질대사에 미치는 영향은 다음과 같았다. 혈청 중 총 콜레스테롤 농도는 대조군(cellulose 분말급이군, 2군)에 비해 도라지분말 급이군(3군)과 시판 키토산 급이군(4군), 제조한 가시발새우 키토산 급이군(5군) 등의 순으로 낮았고, HDL-콜레스테롤 농도는 대조군(2군)에 비해 전 실험군에서 높게 나타났으며, 총 콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤 농도 비율은 대조군(2군)에 비해 4군, 3군, 5군의 순으로 높게 나타났다. 동맥경화지수는 대조군(2군)이 8.0으로 가장 높았고, 그의 실험군은 2.0~2.8 범위로서 키토산 급이군들은 효과가 양호하게 나타났다. 혈청 중의 중성지질 농도는 대조군(2군)에 비해 전 실험군이 낮게 나타났으며, 혈청 중 인지질의 농도는 가시발새우 키토산 급이군(5군) 및 시판 키토산 급이군(4군)이 그의 실험군에 비해 낮았다. 간장 중 총 콜레스테롤 농도는 대조군(2군)에 비해 전 실험군에서 낮았으며, 이중 가시발새우 키토산 급이군(5군)이 효과가 좋았으며, 중성지질의 농도는 대조군(2군)에 비해 전 실험군에서 낮았고, 특히 가시발새우 키토산 급이군(5군)과 시판 키토산 급이군(4군)이 더욱 낮았다. 그리고 인지질 농도는 대조군에 비해 전 실험군에서 대체로 낮은 경향을 보였고, 그 중 가시발 새우 키토산 급이군(5군)이 가장 낮았다. 이상의 결과에서 가시발새우 껍질에서 제조한 키토산의 응용실험으로써 흰쥐에 급이하였을 때, 동물 식이섭유로서 흰쥐의 혈청 및 간장의 지질개선 효과의 우수성이 인정되었다.

문 헌

1. Chen, H., Zhuang, H. and Han, O. : Serum high-density lipoprotein cholesterol and factors influencing its level healthy Chinese. *Atherosclerosis*, **48**, 71(1983)
2. Ernst, N., Fisher, M. and Smith, W. : The association

- of plasma high density lipoprotein cholesterol with dietary intake and alcohol consumption. *Circulation*, **62**(suppl.IV), 41(1980)
3. Goldstein, J. L., Schrott, H. G. and Hazzard, W. R. : Genetic analysis of lipid levels in 176 families and delineation of a new inherited disorder, combined hyperlipidemia. *J. Clin. Invest.*, **52**, 1544(1973)
 4. Kannel, W. B. and McGee, D. L. : Diabetes and cardiovascular disease the framingham study. *JAMA*, **241**, 2035(1979)
 5. Krombout, D. : Body weight, diet and serum cholesterol in 871 middle-aged men during 10 years of follow-up. *Am. J. Clin. Nutr.*, **38**, 591(1983)
 6. Norenz, J. P., Doornen, V. and Orlebeke, K. F. : Stress, personality and serum cholesterol level. *J. Human Stress*, **8**, 24(1982)
 7. Williams, P., Robinson, D. and Bailey, A. : High-density lipoprotein and coronary risk factors in normal men. *Lancet*, **1**, 72(1979)
 8. Harper, A. E. : Dietary and heart disease—a critical evaluation. *Dietary Fat and Health*, **44**, 496(1983)
 9. 이일하 : 한국인의 식생활 양상의 변화가 건강 및 질병 상태에 미친 영향. 한국식문화학회 추계학술대회(1993)
 10. Sugano, M., Fujikawa, T., Hiratsuji, Y., Nakashima, K., Fukuda, N. and Hasegawa, Y. : A novel use of chitosan as a hypocholesterolemic agent in rats. *Am. J. Clin. Nutr.*, **33**, 787(1980)
 11. 汁啓介 : ヒトにおけるキトサンの中 コレステロール-低下作用. 食品工業, 9月, p.50(1993)
 12. No, H. K. and Meyers, S. P. : Crawfish chitosan as a coagulant in recovery of organic compounds from seafood processing streams. *J. Agric. Food Chem.*, **37**, 580(1989)
 13. Weiss, F. G. and Scott, M. L. : Effect of dietary fiber, fat and total energy upon plasma cholesterol and other parameters in chickens. *J. Nutr.*, **109**, 693(1979)
 14. Rotstein, D. D., Kay, R. M., Wayman, M. and Strasberg, S. M. : Prevention of cholesterol gallstones by lignin and lactulose. *Gastroenterology*, **81**, 1098(1981)
 15. Kiriya, S., Okazaki, Y. and Yoshida, A. : Hypocholesterolemic effect of polysaccharide and polysaccharide-rich foodstuffs in cholesterol-fed rats. *J. Nutr.*, **97**, 382(1969)
 16. Smith, E. B. : The relationship between plasma and tissue lipid in human atherosclerosis. *Adv. Lipid Res.*, **11**, 1(1974)
 17. Goldstein, J. L. and Brown, M. S. : The LDL receptor defect in familial hypercholesterolemia : Implications for pathogenesis and therapy. *Med. Clin. North Am.*, **66**, 335(1983)
 18. Kesaniemi, Y. A., Tarpila, S. and Miettinen, T. A. : Low vs high dietary fiber and serum, biliary and fecal lipids in middle-aged men. *Am. J. Clin. Nutr.*, **51**, 1007(1990)
 19. Williams, P., Robinson, D. and Bailey, A. : High-density lipoprotein and coronary risk factors in normal men. *Lancet*, **1**, 72(1979)
 20. Kannel, W. B., Castell, W. P. and Gordon, T. : Cholesterol in the prediction of atherosclerotic disease. *Ann. Intern. Med.*, **90**, 85(1979)
 21. Goodman, D. S. : The turnover of plasma cholesterol in man. *Physiol. Rev.*, **45**, 747(1964)
 22. Grag, M. L., Thomson, B. R. and Clandinin, M. T. : Effect of dietary cholesterol and 1 or ω 3 fatty acids on lipid composition and Δ^5 -desaturase activity rat liver microsome. *J. Nutr.*, **118**, 661(1988)
 23. 박미리, 조수열 : 식이성 섬유소가 콜레스테롤 식이 흰쥐의 혈청 및 간장지질에 미치는 영향. 한국영양식량학회지, **14**, 223(1985)
 24. 김소영, 김한수, 김성희, 김희숙, 서인숙, 정승용 : 도라지 및 더덕 첨가식이 흰쥐의 혈청 및 간장의 지방산 조성에 미치는 영향. 한국영양식량학회지, **22**, 524(1993)
 25. Nomura, M., Nakajima, Y. and Ahe, H. : Effects of long-term administration of indigestible dextrin as soluble dietary fiber on lipid and glucose metabolism. *J. Japanese Soc. Nutr. Food Sci.*, **45**, 21(1992)
 26. Castelli, W. P., Garrison, R. J., Wilson, P. W. F., Abbott, R. D., Kalousdian, S. and Kannel, W. B. : Incidence of coronary heart disease and lipoprotein cholesterol levels. *JAMA*, **256**, 2835(1986)
 27. Nicoll, A., Miller, N. E. and Lewis, B. : High density lipoprotein metabolism. *Adv. Lipid Res.*, **17**, 53(1980)
 28. Williams, P., Robinson, D. and Bailey, A. : High-density lipoprotein and coronary risk factors in normal men. *Lancet*, **1**, 72(1979)

(1996년 3월 12일 접수)