J. Korean Soc. Food Nutr.
23(1), 38 ~ 43(1994)

크릴과 카드뮴이 콜레스테롤 식이 흰쥐의 혈장지질에 미치는 영향

손미예 · 정문호 · 박석규*† · 조영숙*
서울대학교 보건대학원
*순천대학교 식품영양학과

Effects of Krill and Cadmium on Lipid Composition of Plasma in Cholesterol-Fed Rats

Mi-Yae Shon, Moon-Ho Chung, Seok-Kyu Park*† and Young-Sook Cho*
Graduate School of Public Health, Seoul National University, Seoul 110-460, Korea
**Dept. of Food and Nutrition, Sunchon National University, Sunchon 540-742, Korea*

Abstract

To investigate the effects of krill and cadmium on lipid composition of plasma in cholesterol-fed rats, male Sprague-Dawley rats were raised for 4 weeks with 8 experimental diets. The cholesterol, β-lipoprotein, phospholipid and triglyceride concentration of plasma in rats fed krill diets containing below 5% (w/w) krill were not significant differences in comparison with those of control diet. The ingestion of cadmium caused a significant increase in free cholesterol (1.6-fold), triglyceride (1.6-fold), β-lipoprotein (1.4-fold) and total cholesterol (1.3-fold) level, and then HDL-cholesterol concentration of cadmium diet was 1.6-fold lower than that of control diet. The krill supplement of cadmium diet rather resulted in a increase in total cholesterol, free cholesterol, β-lipoprotein and triglyceride concentration of plasma.

Key words : krill, cadmium, lipid composition of plasma

서 론

식생활 양식의 변화로 인해 심근경색, 뇌혈전 및 동맥경화 등과 같은 만성적인 심순환계 질환의 증가와 산업발달로 인해 유해성 중금속에 의한 환경오염과 이로 인한 식품오염이 증가 추세에 있으며, 이에 대한 대처 방안이 절실히 요구되고 있다[1]. 이들 심순환계 질환에 미치는 인자는 여러 가지로 매우 다양한데, 그 중 HDL-콜레스테롤 농도의 감소와 LDL-콜레스테롤 농도의 증가는 중요한 위험인자로 지적되고 있다[2]. 이들 콜레스테롤 양에 영향을 미치는 것으로는 식이에 포함된 지질의 종류와 양, 식이단백질의 종류와 아미노산 균형, 탄수화물의 종류, 섬유질, 기타 무기질 등으로 알려져 있는데 최근에는 일상 섭취하는 자연식품 중에서 혈중의 LDL-콜레스테롤을 감소시키고 HDL-콜레스테롤을 증가시키기 위한 자연식이 요법의 개발에 관한 연구로서 각종 식물성 유지[3], 미역[4], 율무쌀[5], 토룡분[6], 홍삼 및 도라지분말[7] 등에 관한 것이 있다.

Cd는 Itai-Itai병의 원인물질로 매우 독성이 강한 중금속으로서 인체내에 흡수된 후 metallothionein단백질과 결합되어 주로 간과 신장에 축적되는데 신장에 더욱 많이 축적된다고 알려져 있다[8]. 또한 갑상선, 췌장, 부신 등에도 소량 축적되어 체내 호르몬대사에 영향을 미치기도 하며[9], 가장 대표적인 중독증세는 osteopathy와 renal dysfunction이고, 빈혈, 고혈압, 체중감량, 당 및 단백뇨, 골연화증, 중추신경계 장해 등도 나타난다[10]. 특히 가용성 카드뮴을 섭취하였을때의 증상으로 구토, 설사, 복통, 의식불명 등이 있다. Cd중독은 식품 중의 Cd함량 외에 다른 식이인자의 영향을 크게 받는데, 특히 Ca, Fe, Zn, Se 등의 무기질이 Cd흡수를 억제시키고, 간과 신장 조직내의 Cd축적을 감소시킨다고 하며[11], 특히 단백질과 Ca, Fe가 부족한 식이를 공급할 경우 Cd중독의 피해가 증가되었다는 보고들이 있다[11,12].

본 연구에서는 이런 점을 고려하여 아미노산 조성이

†To whom all correspondence should be addressed

우수하고 단백질 및 고도불포화지방산이 풍부한 크릴 분말과 유독성 중금속인 카드뮴이 콜레스테롤 식이 흰쥐의 혈장 지질조성에 어떠한 영향을 미치는 가에 대한 기초적인 조사를 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 식이로 사용한 남빙양산 크릴, *Euphansia superba*(체장 3.5~5.2cm, 체중 0.4~1.3g)은 동방원양으로 부터 구입한 다음, 해동시켜 수돗물로 세척하여 소금을 제거한 후 재동결건조하여 40mesh로 분말화 시켜 사용하였다.

크릴의 일반성분, 지방산 및 아미노산 분석

사용한 크릴의 일반성분은 AOAC법[13]에 따라 분석하였고, 지방산 분석은 $CHCl_3$-methanol (2 : 1, v/v)용액으로 총지방을 추출하여 5% H_2SO_4-methanol로 metyl ester화 시켜, gas chromatograph로 Table 1과 같은 조건으로 실시하였으며, 구성아미노산의 분석은 크릴분말 5mg을 6N-HCl 10ml를 가하여 질소충전하여 밀봉하고 110°C에서 24시간 분해시킨 후, 분해액을 여과·감압건조하여 염산을 제거하고 최종적으로 0.2N-sodium citrate buffer(pH 2.2)로 25ml되게 정용한 다음 일정량을 취하여 아미노산분석기 (LKB4150, ALPHA)로 아미노산 양을 정량하였다.

Table 1. The operating conditions of GLC for analysis of fatty acids from Antarctic krill powder

Instrument	Hewlett-Packard 5890A series II
Column	Fused silica capillary SP-2340 30m×0.25mm I.D.
Detector	Flame Ionization Detector
Column temp.	90°C(5min), 6°C/min to 230°C, 230°C(18min)
Injector temp.	230°C
Detector temp.	250°C
Carrier gas(He)	25ml/min
Attenuation	$10^{-11}\times 2$

식이조성 및 실험군

초기체중 200±10g인 Sprague-Dawley계의 수컷 흰쥐 48마리를 환경적응을 시키기 위하여 7일동안 고형사료로 예비사육한 후, 평균 체중이 비슷한 것끼리 난괴법으로 6마리씩 8군으로 나누어서 4주간 자유섭식으로 사육하였다. 식이조성은 Table 2와 같으며 mineral 및 vitamin mix는 AIN-76기준에 따랐으며, 실험군은 표준식이군(S), 대조식이군(G_0), 크릴식이군(G_1, G_3, G_5), 크릴무첨가 카드뮴 투여군(G_0Cd) 및 크릴첨가 카드뮴 투여군(G_3Cd, G_5Cd)의 8 group으로 나누었다.

채혈 및 지질분석

각 실험군의 실험동물을 해당식이로 4주간 사육하고 희생시키기 전 16시간 절식시킨 후 ethyl ether로 가볍게 전신마취시키고 복부를 개복하여 심장에서 주사기로 채혈하였다. EDTA로 처리한 원심관에 담고 냉동원심분리(3000rpm, 30min)한 후 혈장을 채취하고 냉동고에 보관하여 실험에 사용하였다. 혈장중의 β-지단백, 총콜레스테롤, 유리콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, 중성지질 및 인지질 분석은 각각 β-lipoprotein reagent set(국제화학, 일본), Cholestezyme-V(이하의 시약은 영연화학, 일본), Freecholestezyme-V_{555}, HDL-C_{555}, Triglyzyme-V, Plzyme 효소법으로 실시하였다.

Table 2. Composition of the experimental diets (unit : %)

Ingredients	Standard	Control	Krill diet			Cadmium diet		
	S	G_0	G_1	G_3	G_5	G_0Cd	G_3Cd	G_5Cd
Casein	22	22	22	22	22	22	22	22
Shortening	9	9	9	9	9	9	9	9
Corn oil	1	1	1	1	1	1	1	1
Mineral mix*	4	4	4	4	4	4	4	4
Vitamin mix*	1	1	1	1	1	1	1	1
Cholin bitatrate	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Cholesterol	–	1	1	1	1	1	1	1
Na-cholate	–	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Sucrose	10	10	10	10	10	10	10	10
Corn starch	52.85	51.6	50.6	48.6	46.6	51.6	48.6	46.6
Krill	–	–	1	3	5	–	3	5
Cadmium(ppm)	–	–	–	–	–	100	100	100

*AIN-76™

통계처리

분석결과의 통계처리는 oneway ANOVA의 분석방법 중 Duncan's multiple range test ($p<0.05$)로 하였다[14].

결과 및 고찰

크릴의 일반성분, 지방산 및 아미노산 조성

식이성분으로 사용된 크릴의 일반성분은 조단백질과 조지방이 상당히 많았으며 상대적으로 탄수화물의 양은 매우 적었다(Table 3). 遠藤[15]은 크릴 중의 단백질과 지방질은 어획시기에 따라 많은 함량차이가 난다고 하였는데, 대체로 전자는 67~72.3% (건조중량), 후자는 2.9~16.8% 정도이며, 탄수화물, 회분 및 chitin은 거의 변화가 없다고 하였다. 본 실험에 사용된 크릴은 다른 보고자의 경우[16,17]보다 단백질의 함량은 높고 지질과 조회분은 약간 낮았다.

지방산조성에서 포화 및 불포화지방산은 각각 30.02%, 66.16%로 후자가 2배 이상 함량이 많았다(Table 4). 포화지방산은 palmitic acid, myristic acid가 주였으며, 불포화지방산은 oleic acid, eicosapentaenoic acid (EPA) 및 docosahexaenoic acid (DHA)가 다량 함유되어 있었는데, 遠藤[15]과 이 등[17]의 보고와 비슷한 패턴의 지방산조성이었다. 고도불포화 및 포화지방산은 각각 30.02, 35.24%로 P/S율이 1.17이었다.

아미노산조성은 glutamic acid > aspartic acid > tyrosine > lysine 함량 순이었으며, 필수아미노산의 비율이 전체 약 40%를 차지하였다(Table 4). 遠藤[15]은 크릴의 아미노산조성이 cysteine과 methionine의 함량이 적은 것을 제외하면 거의 계란의 표준구성비와 유사하였다고 보고한 바 있는데, 본 실험에 사용한 크릴도 약간의 차이는 있지만 대체로 고른 아미노산 분포를 나타내었다.

한편, 동물성단백질이 식물단백질보다 혈청콜레스테롤의 양이나 심장순환기 질환의 유발에 더 영향을 미친다고 하였으며, 그 아미노산중에서도 methionine, serine, glutamic acid는 체내 지방축적을 방지하고, histidine은 반대현상을 나타낸다는 보고도 있다[18]. 본 실험에 사용된 크릴은 methionine, serine, glutamic acid 및 lysine의 함량이 138mg/g으로 전체 아미노산중의 약 30%를 차지하였다.

혈장의 총콜레스테롤 및 HDL-콜레스테롤 농도

혈장중의 총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤 농도와

Table 3. Proximate components of Antarctic krill used in experimental diets (%, w/w)

Moisture	Crude protein*	Crude lipid**	Total sugar	Crude ash
5.3	61.1	15.8	3.2	12.5
	(64.5)	(16.7)	(3.4)	(13.2)***

* Total N×6.25 ** Ether-extracted *** On dry matter basis

Table 4. Fatty acid and amino acid composition of Antarctic krill used in experimental diets

Fatty acid	Area, %	Amino acid	mg/g**
14 : 0*	9.77	Lysine	36.25
16 : 0	18.42	Histidine	18.57
16 : 1	8.95	Arginine	33.28
17 : 1	2.13	Aspartic acid	45.97
18 : 0	1.36	Threonine	17.15
18 : 1	19.84	Serine	16.64
18 : 2	2.31	Glutamic acid	65.32
18 : 3	2.04	Proline	25.10
20 : 0	0.47	Glycine	32.60
20 : 2	0.86	Alanine	28.62
20 : 4	0.98	Valine	26.04
20 : 5	19.73	Methionine	19.82
22 : 6	9.32	Isoleucine	31.77
Others	3.82	Leucine	33.91
		Tyrosine	40.46
SFA***	30.02	Phenylalanine	30.62
MUFA	30.92		
PUFA	35.24	Total AA	502.12
P/S	1.17	EAA	214.13
		EAA/Total AA	0.43

* Figures represents the number of carbon atoms and the number of double bonds
** On dry matter basis
*** SFA, Saturated fatty acid ; P/S, SFA/PUFA
MUFA, Monounsaturated fatty acid ; AA, Amino acid
PUFA, Polyunsaturated fatty acid
EAA, Essential amino acid (Thr + Val + Met + Ile + Leu + Phe + His + Lys)

Table 5. Contents of total cholesterol, HDL-cholesterol, ratio of HDL-cholesterol to total cholesterol and atherosclerotic index in plasma of rats fed the experimental diets for 4 weeks (mg/dl)

Group	Total cholesterol (A)	HDL cholesterol (B)	(B)/(A) ×100(%)	Atherosclerotic index*
STD	45.8± 5.0[a]	38.2±6.9[b]	83.4	0.2
G_0	88.1±10.8[b]	35.6±4.9[b]	40.4	1.5
G_1	79.7± 9.1[b]	36.1±5.7[b]	45.3	1.2
G_3	75.0± 8.0[b]	36.1±4.7[b]	48.1	1.1
G_5	81.7± 6.9[b]	36.6±5.7[b]	44.8	1.2
G_0Cd	113.1±16.0[c]	22.4±3.5[a]	19.8	4.1
G_3Cd	116.4±11.5[c]	26.3±4.1[a]	22.6	3.4
G_5Cd	135.8±10.4[d]	23.0±4.6[a]	16.9	4.9

* (Total cholesterol-HDL-cholesterol)/HDL-cholesterol[2]
** Values represent mean±standard deviation (n=6)
*** Values in the same column with different superscript letters are significantly different ($p<0.05$)

그 비율 및 동맥경화지수는 Table 5와 같으며, 총콜레스테롤의 농도에서 크릴식이군(G_1~G_5)은 standard군보다는 유의적으로 높았고(1.6~1.8배), 대조식이군과는 유의적인 차이가 없었다. 또한 크릴농도별 총콜레스테롤 저하효과의 경우, 식이에 크릴분말 5%이하 첨가로는 4주사육기간까지 농도간 유의적인 차이가 없었다. 카드뮴 투여군은 그외의 실험군에 비하여 총콜레스테롤 농도에서 유의적으로 높은 수치를 나타내었고, 카드뮴투여 대조군(G_0Cd)은 대조군(G_0)에 비하여 1.3배, 크릴식이군에 비하여 약 1.5배 정도 총콜레스테롤 농도가 유의적으로 높게 나타났으며 크릴의 함량(G_3Cd, G_5Cd)이 증가됨으로 오히려 더 많이 축적되는 유의적인 차이의 현상을 나타내었는데 크릴자체의 콜레스테롤 함량탓인지 아니면 카드뮴과 크릴의 상승작용인지는 알 수가 없었다. 크릴 5%첨가 카드뮴 식이군(G_5Cd)은 대조군, 카드뮴식이대조군에 비하여 1.2배, 1.5배정도 유의적으로 높은 함량차이를 나타내었다. Calandra 등[19~21]은 Cd투여에 의한 혈장내 총콜레스테롤 농도상승은 Cd가 콜레스테롤에스테르를 형성하는 lecithin-cholesterol acyltransferase (LCAT)의 활성을 억제하고, 또한 *hepatic cholesterol 7α-hydroxylase*활성을 떨어뜨려 간에서 homeostasis를 위한 콜레스테롤의 혈중방출에 있다고 하였다.

HDL-콜레스테롤 농도는 대조군(G_0)과 크릴식이군들(G_1, G_3, G_5)의 비교에서 유의적인 차이가 없었고, 또한 Cd 100ppm첨가군들도 크릴첨가에 따라 유의적인 차이는 없었다. 그러나 카드뮴식이군들은 크릴식이군들보다는 대체로 HDL-콜레스테롤이 1.4~1.6배 정도 낮은 농도로서 유의적인 차이를 나타내었다. 다른 천연식품재료에 의한 혈청 HDL-콜레스테롤 농도에 대한 보고로는 일부 버섯[22], 미역[4], 토롱분[6] 등이 있으나 고농도로 식이에 첨가하지 않는 한 아직 크게 향상된 결과는 없었다. 한편 김 등[21]은 카드뮴 40ppm을 8주간 흰쥐에 투여했을때 혈청총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤 농도는 대조군과 유의적인 차이가 없었다고 하였는데 본 실험의 결과와는 차이가 있었다.

총콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤의 비율의 경우, 크릴식이군은 표준식이군에 비해 유의적으로 낮지만, 크릴첨가의 농도별 효과는 유의적인 차이가 없었다.

카드뮴식이군은 표준식이군과 크릴식이군들보다는 유의적으로 낮은 수치를 나타내었다.

동맥경화지수는 카드뮴식이군은 3.4~4.9로 상당히 높은 수치였고, 크릴식이군은 대조군에 비하여 약간 낮게 나타났다.

혈장의 유리콜레스테롤 및 콜레스테롤 에스테르 농도

혈장중 유리콜레스테롤, 콜레스테롤 에스테르의 농도 및 총콜레스테롤에 대한 콜레스테롤 에스테르의 비율은 *Table 6*과 같은데, 유리콜레스테롤의 농도는 표준식이군에 비하여 실험군 모두 유의성 있게 높았다. 크릴식이군은 대조식이군에 비하여 유리콜레스테롤 농도에서 유의적인 차이가 없었으며 카드뮴식이군에 비해서는 유의하게 낮은 함량이었다.

콜레스테롤 에스테르의 농도의 경우, 크릴 및 카드뮴첨가 식이군이 표준식이와 비교하여 볼 때 유의적으로 높게 나타내었으며, 또한 크릴첨가식이군은 카드뮴식이군에 비하여 유의적으로 낮은 함량을 나타났다. 콜레스테롤 에스테르는 조직내에서 cholesterol ester synthetase에 의해 합성되는 경우와 LCAT중재로 혈청내에서 합성되는 경우가 있는데, 거의 대부분의 혈청 콜레스테롤 에스테르는 후자의 경로로 통해 합성되며 이는 lecithin의 두번째 탄소에 결합된 지방산이 직접 콜레스테롤로 이전된다.

총 콜레스테롤에 대한 콜레스테롤 에스테르의 비율은 대체로 사람에게는 64~72%가 정상적인 비율로 알려져 있는데, Myaant[23]는 간장기능의 장애가 있을때는 간장에서 LCAT 합성이 저해되어 농도비가 저하한다고 하였다. *Table 6*에서의 크릴실험군은 그 농도비가 77~81% 수준으로 높았으며, 카드뮴식이군도 총콜레스테롤은 높으나 그 농도 비는 70~78%로 크릴실험보다 약간 낮게 나타났다.

혈장중의 지단백 농도

혈장중의 지단백(β-lipoprotein, LDL) 농도는 Table

Table 6. Contents of free cholesterol and cholesteryl ester in plasma of rats fed the experimental diets for 4 weeks

(mg/dl)

Group	Free cholesterol	Cholesteryl ester	Ratio(%)*
STD	8.1±1.6[a]	37.7±4.0[a]	82.3
G_0	20.0±4.4[bc]	68.1±6.5[bc]	77.1
G_1	18.1±3.8[b]	61.5±7.8[b]	77.3
G_3	14.3±2.3[b]	59.6±8.6[b]	80.9
G_5	16.1±2.8[b]	64.8±6.1[b]	80.3
G_0Cd	31.0±6.6[d]	77.1±9.9[cd]	72.6
G_3Cd	25.7±5.0[cd]	85.7±8.7[de]	77.9
G_5Cd	41.2±9.5[e]	94.6±3.9[e]	69.7

*(Total cholesterol-free cholesterol)/Total cholesterol

**Values represent mean±standard deviation (n=6)

***Values in the same column with different superscript letters are significantly different ($p<0.05$)

7에 나타난 바와 같이 표준식이군에 비해 모든 실험군은 유의하게 높은 값을 보였으며, 대조식이군과 크릴식이군(G_1~G_5)사이에는 지단백농도에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 크릴식이군(G_3Cd, G_5Cd)은 카드뮴대조군(G_0Cd)에 비하여 지단백 농도가 상당히 유의한 높은 수치를 나타내었으며, 크릴함량의 증가로 지단백농도가 유의적으로 증가현상을 나타내었는데 이는 카드뮴과 크릴의 상호작용인지 크릴자체의 성분 때문인지는 그 이유를 알 수 없었다. Kovanen 등[24]은 콜레스테롤 급이시 LDL의 증가는 콜레스테롤식이에 의하여 간세포내 콜레스테롤농도가 높아지고 세포표면에 있는 LDL receptor의 생성이 감소됨에 따라 혈장 LDL의 농도가 높아진다고 하였다.

혈장의 인지질 및 중성지질 농도

혈장중의 인지질 및 중성지질의 농도는 Table 8과 같은데, 인지질의 농도는 각 식이군과 서로간 유의한 차이를 보이지는 않았다. 중성지질의 농도는 크릴식이군이 표준식이군이나 대조식이군 보다 유의한 차이는 없었지만 대체로 낮은 농도를 나타내고 있으며, 카드뮴크릴투여군의 중성지질 농도는 대조군(G_0)과 카드뮴대조군(G_0Cd)보다 각각 1.7~2.0배, 1.1~1.3배 정도 유의하게 더욱 높았다. 식이콜레스테롤은 중성지질, 인지질과 더불어 chylomicron을 형성하여 임파계를 통하여 혈류로 유입되며 이때 모세혈관벽에 있는 lipoprotein lipase (LPL)에 의해 중성지질은 가수분해되며, Fielding[25]은 유리콜레스테롤의 농도가 낮은 수준에서는 중성지질의 가수분해도 감소한다고 하였다. Cd급이군에서 중성지질농도의 상승은 Cd에 의한 간장손상으로 담즙분비가 감소되고 간장의 중성지질이 혈중으로 방출된 결과로 사료된다. 노와 김[7]은 홍삼 · 도라지 분말 5%를 첨가한 식이가 흰쥐의 혈청 인지질이나 중성지질의 저하작용이나 상승작용을 나타내지 않았다고 하였다. 加藤 등[26]은 *Spirulina* 급여시 지질의 농도가 대조식이군보다 예방 및 치료 식이군이 모두 낮았다고 하였다.

Table 7. Contents of β-lipoprotein in plasma of rats fed the experimental diets for 4 week

(mg/dl)

Group	β-Lipoprotein
STD	26.7± 9.1[a]
G_0	208.5±14.8[b]
G_1	164.4± 8.6[b]
G_3	151.6±12.0[b]
G_5	154.9±10.2[b]
G_0Cd	293.2±25.0[c]
C_3Cd	379.5±28.9[d]
C_5Cd	472.5±17.5[e]

*Values represent mean±standard deviation (n=6)
**Values in the same column with different superscript letters are significantly different ($p<0.05$)

Table 8. Contents of phospholipid and triglyceride in plasma of rats fed the experimental diets for 4 weeks

(mg/dl)

Group	Phospholipid	Triglyceride
STD	85.3± 6.7[a]	78.7±3.3[d]
G_0	101.1± 7.7[abc]	72.4±6.0[a]
G_1	94.4± 4.9[ab]	70.3±3.8[a]
G_3	96.3± 3.6[abc]	63.2±2.7[a]
G_5	95.1± 4.3[ab]	63.3±6.2[a]
G_0Cd	113.4± 7.4[bc]	114.4±2.3[b]
C_3Cd	102.3± 5.2[abc]	128.4±5.1[c]
C_5Cd	118.7± 9.5[c]	145.7±7.5[d]

*Values represent mean±standard deviation (n=6)
**Values in the same column with different superscript letters are significantly different ($p<0.05$)

요 약

크릴 및 카드뮴이 콜레스테롤 식이 흰쥐의 혈장 지질성분에 미치는 영향을 조사하기 위하여, Sprague-Dawley계의 숫쥐를 8식이군으로 나누어 4주간 사육하였다. 혈장중 콜레스테롤, 인지질 및 중성지질 농도에서 5%이하의 크릴식이첨가군은 대조군과 유의적인 차이가 없었다. 카드뮴투여군은 대조군에 비하여 혈장중 중성지질(1.6배), 유리콜레스테롤(1.6배), 지단백(1.4배) 및 총콜레스테롤(1.3배)의 농도가 증가되었으며, HDL-콜레스테롤 농도는 약 1.6배 정도 낮았다. 카드뮴식이군에서 크릴첨가는 혈장의 총콜레스테롤, 유리콜레스테롤, 지단백 및 중성지질의 농도를 오히려 증가시키는 결과를 초래하였다.

문 헌

1. 김상인, 김진규 : 심맥질환의 임상병리검사. 대한의학협회지, **28**, 441 (1985)
2. Goldstein, J. L. and Brown, M. S. : The low-density lipoprotein pathway and its relation to atherosclerosis. *Annu. Rev. Biochem.*, **46**, 897 (1977)
3. Kobatake, Y., Kuroda, K. and Jinnouchi, H. : Differential effects of dietary eicosapentaenoic and docosahexaenoic fatty acids on lowering of triglyceride and cholesterol levels in the serum of rats on hypercholesterolemic diet. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **30**, 357 (1984)
4. 한재금, 고진복 : 미역첨가급식이 흰쥐의 간 및 혈청의 지질농도에 미치는 영향. 한국영양식량학회지, **15**, 17 (1986)

5. 박양자, 이영선, 영목평광 : 율무쌀이 쥐의 혈장콜레스테롤 및 지질대사에 미치는 영향. 한국영양학회지, **21**, 88 (1988)
6. 백정희, 고진복 : 토룡분 첨가급식이 흰쥐의 성장 및 혈액 성분에 미치는 영향. 한국영양식량학회지, **13**, 136 (1984)
7. 노경희, 김을상 : 홍삼 및 도라지 분말이 흰쥐의 혈장 및 간 지질에 미치는 영향. 한국영양식량학회지, **13**, 413 (1984)
8. Shaikh, Z. A. and Lucis, O. J. : Cadmium and zinc binding in mammalian liver and kidneys. *Arch. Environ. Health*, **24**, 419 (1972)
9. Morita, S. : Defense mechanisms against *cadmium* toxicity. I. A biochemical and histological study of the effects of pretreatment with cadmium on the acute oral toxicity of cadmium in mice. *Japan. J. Pharmacol.*, **35**, 129 (1984)
10. Murakami, M., Cain, K. and Webb, M. : Cd-metallothionein *induced nephropathy* : a morphological and autoradiographical study of Cd distribution, the development of tubular damage and subsequent cell *regeneration. J. Appl. Toxicol.*, **5**, *237* (1983)
11. Kojima, S. : Effects of three proteins on absorption of Cd in rats. *Toxicology*, **34**, 161 (1985)
12. Revis, N. M. and Osborne, T. R. : Dietary protein effects on Cd and metallothionein accumulation in the liver and kidney of rats. *Envioron. Health Perspect*, **54**, *83* (1984)
13. A.O.A.C. : *Official methods of analysis*. 15th ed., Associaction of official analytical chemists. Washington, D.C.(1990)
14. 조재성, 이광전 : 생물농업실험실통계학. 선진문화사, 서울, p.132 (1983)
15. 遠藤 宣成 : ナンキヨクオキアミの生態. 食の科學, **139**, 46 (1989)
16. 박영호, 이응호, 이강호, 변재형, 류홍수, 최수안, 김선봉 : 남대양산 크릴의 이용에 관한 연구, 1. 크릴의 식품영양학적인 성상. 한국수산학회지, **12**, 191 (1979)
17. 이응호, 차용준, 오광수, 구재근 : 크릴을 원료로 한 식품가공용 중간소재(크릴페이스트)가공에 관한 연구. 한국수산학회지, **18**, 195 (1985)
18. Huff, M. W. and Carroll, K. K. : Effects of dietary protein *on turnover, oxidation and absorption* of cholesterol and on steroid excretion in rabbits. *J. Lipid Res.*, **21**, 546 (1980)
19. Calandra, S., Martin, M. J. and Mcintyre, N. : Plasma lecithin cholesterol acyltransferase activity in liver disease. *Eur. J. Clin. Invest.*, **1**, 352 (1971)
20. Kaseki, H. and Kim, E. Y. : Effect of on oral dose of vitamin E on the cholesterol content of tissues of the vitamin E-deficient rat. *J. Nutr.*, **112**, 1631(1986)
21. 김혜진, 조수열, 박종민 : 카드뮴 투여 흰쥐의 혈청 및 간장성분에 미치는 식이성 비타민 E와 단백질의 영향. 한국영양식량학회지, **19**, 27(1990)
22. 김군자, 김한수, 정승용 : 고콜레스테롤증 유발 흰쥐에 있어서 버섯류가 지질성분에 미치는 영향. 한국영양식량학회지, **21**, 131 (1992)
23. Myaant, N. B. : *The transport and turnover of the plasma cholesterol in plasma lipoprotein*. Smellie, R. M. S. (ed.), Academic Press, New York, p.*782* (1971)
24. Kovanen, P. T., Bilheimer, D. W., Goldstein, J. L., Jaramillo, J. J. and Brown, M. S. : Regulatory role for hepatic low density *lipoprotein receptors in vivo* in the dog. *Pro. Nat. Acad. Sci.*, **78**, 1194 (1981)
25. Fielding, C. J. : Human lipoprotein lipase inhibition of *activity by cholesterol*. *Biochim. Biophys. Acta*, **218**, 221 (1970)
26. 加藤敏光, 竹本和夫, 片山博雄, 桑原洋子 : ラットの食餌性 高コレステロル血症に及ぼすスピルリナ (*Spirulina platensis*) 影響. 日本營養食糧學會誌, **37**, 323 (1984)

(1993년 5월 1일 접수)