

ORIGINAL ARTICLE

남빙양 krill이 흰쥐의 혈청 지질성분 및 알부민/글로불린 비에 미치는 영향

오다영 · 진동혁 · 강동수¹⁾ · 이영근 · 김한수*

부산대학교 식품공학과, ¹⁾전남대학교 해양바이오식품학과

Influences of Antarctic Ocean Krill (*Euphausia superba*) on Lipid Components and A/G Ratio in Rats

Da-Young Oh, Dong-Hyeok Jin, Dong-Soo Kang¹⁾, Young-Geun Lee, Han-Soo Kim*

Department of Food Science and Technology, Pusan National University, Miryang 50463, Korea

¹⁾Department of Marine Bio Food Science, Chonnam National University, Yeosu 59626, Korea

Abstract

The aim of the study were to investigate the influences of krill (*Euphausia superba*) meal on the body weight, lipid metabolism functional improvement, blood glucose level, protein component in the sera of rats which fed experimental diets for 5 weeks. Serum concentrations of total cholesterol, Low-Density Lipoprotein (LDL)-cholesterol, free cholesterol, triglyceride (TG), phospholipid (PL) and blood glucose were higher in the control diet group (G1 group) than the control diet plus 10% krill meal group (G2 group), the control diet plus 20% krill meal group (G3 group), the control diet plus 30% krill meal group (G4 group), and a general dose and time independent one-way analysis of variance was performed to assess efficacy. Conversely depending on the content of krill meal for the High-Density Lipoprotein (HDL)-cholesterol level, it showed higher results. The concentrations of total protein, albumin and globulin in sera, there were not significant difference among the groups ($p < 0.05$). The results indicate that a krill meal diet effectively inhibited increases in lipid elevation, blood glucose level in the sera of rats.

Key words : Antarctic krill (*Euphausia superba*), Lipid level, Blood glucose, Albumin, Globulin

1. 서론

최근 식생활 변화와 환경적 요인에 의하여 심혈관계 질환이 증가하고 있는 실정으로, 사회적인 문제가 되어 이에 대한 대처 방안이 요구되고 있다. 이상지질혈증 (dyslipidemia)은 심혈관계질환(CVD, cardiovascular disease) 및 비만, 당뇨에 영향을 미치는 인자 중 하나이

며(Williams et al., 2008), 혈중 중성지질(triglyceride, TG), 총 콜레스테롤(Total cholesterol, T-CHO) 및 Low Density Lipoprotein (LDL)-콜레스테롤(LDL-CHO)의 농도가 높은 수준과 동시에 High Density Lipoprotein (HDL)-콜레스테롤(HDL-CHO)의 농도가 낮은 상태에서 발생하는 것으로 알려져 있다(Assmann et al., 1997). 또한 TG-rich lipoprotein은 동맥경화를 일으키는 LDL

Received 3 July, 2018; Revised 27 August, 2018;

Accepted 6 September, 2018

*Corresponding author: Han-Soo Kim, Department of Food Science and Technology, Pusan National University, Miryang 50463, Korea

Phone : +82-55-350-5351

E-mail : kimhs777@pusan.ac.kr

The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

입자를 가지고 있으며 CVD 위험 증가의 원인이 된다고 보고되어 있다(Izumi-Nagai et al., 2008). 높은 TG 수준에 의한 심혈관계 질환을 예방하는 방법 중 하나는 long-chain polyunsaturated fatty acid (LC-PUFA), eicosapentaenoic acid (EPA), docosapentaenoic acid (DPA) 및 docosahexaenoic acid (DHA)와 같은 다불포화지방산(polyunsaturated fatty acid, PUFA)을 섭취할 경우 체내의 HDL-CHO/LDL-CHO 비율을 증가시켜 심혈관계 질환을 예방할 수 있는 것으로 알려져 있다(Muriuki et al., 2012). 이에 혈액 중의 HDL-CHO를 증가시키고, LDL-CHO를 감소시키는 생리활성물질 탐색이 활발히 진행되고 있다. 남빙양 크릴(*Euphausia superba*)은 난바다곤쟁이목에 속하는 갑각류로 주로 남대양에 서식하며 해양 생태계를 유지하는데 중요한 역할을 하고 어획량이 400 만톤으로 매우 풍부하며 양질의 지질과 단백질 함량이 높고 인지질(phospholipid, PL), LC-PUFA 및 필수 아미노산이 다량 함유되어 식품 및 가공품으로 활용도가 높을 것으로 보고되고 있다(Suh et al., 1991; Kim et al., 2014; Kim et al., 2014). 반면 이 점에도 불구하고 어획 후 가공, 자가소화효소에 의한 흑변과 육질의 가수분해, 갑각에 내포된 높은 불소 함량 등의 이유로 크릴은 아직 국내 식품 가공품 개발에 성공하지 못하고 있는 실정이다(Rhee and Kim, 1999; Gigliotti et al., 2011). 이에 국내외적으로 크릴의 식용화를 위하여 독성(Berge et al., 2015), 불소 함량(Yoshitomi et al., 2007), 안정성(Robertson et al., 2014), 기능성(Kim et al., 2000) 등의 연구가 진행되고 있는 실정이다. 본 연구는 남빙양 krill meal 첨가 급여가 흰쥐의 혈청 단백질 및 지질조성에 미치는 영향에 관한 기초적 조사를 위하여 실시하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험재료

본 실험에 사용된 krill meal은 국립수산물과학원으로부터 동결건조시킨 후 처리된 것을 제공받아 사용하였다.

2.2. 실험 동물

평균 체중 200±10 g인 7주령된 Sprague Dawley 계 수컷 흰쥐(DAEHAN BIOLINK Co., LTD, Chungcheongbukdo, Korea)를 7% 콩기름(Ottagi,

soybean oil, Gyonggido, Korea)을 함유하는 기초식으로 1주일간 예비 사육하여 적용시킨 후 난교법(randomized complete block design)에 의해 6마리씩 4군으로 metabolic cage (JD-C-71, Jeongdo, Korea)에 나누어 5주간 실험 사육하였다. 실험 사육실의 온도는 20±1℃ 및 습도 50±10%는 일정하게 유지시켰고, 명암은 12시간(7:00~19:00) 주기로 조명하였다. 예비사육 및 실험사육 등 동물실험은 부산대학교 동물실험윤리위원회의 승인(PNU-2012-0004)과 관리 감독 하에 실시되었다.

2.3. 식이조성 및 실험군

식이조성 및 실험군은 Table 1과 같다. 기본 식이를 섭취시킨 대조군(control)인 G1군, 기본식이에 10%(G2군), 20%(G3군), 30%(G4군) krill meal을 첨가하여 섭취시켰다.

2.4. 실험 동물의 처리

실험 사육 최종일에 7시간 동안 절식시키고 에테르 마취하에 심장채혈법으로 혈액을 취하여 4℃에서 1시간 방치한 후 분당 3,000 cycle로 20분간 원심분리하여 혈청을 얻어 실험에 사용하였다. 실험사육 시작일과 최종일에 체중을 측정하였으며, 사료섭취량은 매일 사료 잔량을 측정하여 식이효율을 산출하였다(Kim et al., 2014).

2.5. 장기 중량

간, 심장, 폐, 뇌, 신장, 비장 및 고환 등 주요 장기 조직의 중량은 체중(Body Weight, BW)에 대한 상대 중량비(g/100 g BW)를 구하여 나타내었다.

2.6. 지질성분 및 혈당 농도의 정량

혈청 중의 총 콜레스테롤(T-CHO), HDL-콜레스테롤(HDL-CHO), LDL-콜레스테롤(LDL-CHO) 및 중성지질(TG) 농도는 효소법(enzymatic)에 의해 조제된 시약(Eiken, Tokyo, Japan)을 사용하였고, 인지질(PL)의 측정은 효소법으로 조제된 측정용 시약(SICDIA PL, Eiken, Tokyo, Japan)을 사용하였으며, 유리 콜레스테롤(Free-CHO) 측정은 유리 콜레스테롤(Eiken, Tokyo, Japan) 시약을 사용하여 생화학분석기(Hitachi 7150, Tokyo, Japan)로 측정하였다. 혈당 농도는 효소법에 의해 조제된 시약(Eiken, Tokyo, Japan)을 이용하여 생화학

Table 1. Compositions of experimental diet and experimental groups (%)

Ingredient	Control	Krill meal		
	G1 ¹⁾	G2 10%	G3 20%	G4 30%
Casein	22.00	14.10	6.20	1.50
Corn starch	50.95	48.85	46.75	41.45
Sucrose	10.00	10.00	10.00	10.00
Cellulose	5.00	5.00	5.00	5.00
Mineral Mix ²⁾	3.50	3.50	3.50	3.50
Vitamin Mix ³⁾	1.00	1.00	1.00	1.00
Soybean oil	7.00	7.00	7.00	7.00
L-systine	0.30	0.30	0.30	0.30
Choline bitartrate	0.25	0.25	0.25	0.25
Krill meal	-	10.00	20.00	30.00
Total	100.0	100.0	100.0	100.0

¹⁾G1 : control diet, G2 : control diet+10.0% krill meal, G3 : control diet+20.0% krill meal, G4 : control diet+30.0% krill meal. ²⁾According to AIN-93G diet composition.

³⁾AIN-93G-VX vitamin mixture (MP Biomedicals, LLC, Illkirch, France).

분석기(Hitachi 7150, Tokyo, Japan)로 측정하였다 (Kim, 2006).

2.7. 총 단백질, 알부민 및 글로불린 농도의 정량

총 단백질, 알부민 및 글로불린의 혈청 중 농도는 효소법에 의해 조제된 시약(Eiken, Tokyo, Japan)을 사용하여 생화학분석기(Hitachi, 7150, Tokyo, Japan)로 측정하였다.

2.8. 통계 처리

분석 결과의 통계처리는 실험군 당 평균치의 표준편차를 표시하였고, 군간의 유의적인 차이는 one-way ANOVA로 분석 한 뒤 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test에 의하여 각 실험군 간의 유의성을 검증하였다. 통계처리에 대한 프로그램은 IBM SPSS statistic ver. 22를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 체중 증가량 및 식이효율

기본 식이를 급여한 대조군(G1), 10%, 20%, 30% krill meal을 식이를 급여한 G2, G3, G4군에 있어서 5주간

사육한 흰쥐의 체중 증가량 및 식이 섭취량, 식이 효율은 Table 2와 같다. 체중 증가량은 G1군이 150.83±18.82 g 으로 가장 높게 나타났으며, G2군(135.83±23.75 g), G3군(125.83±22.45 g), G4군(122.50±24.85 g)순으로 낮았으며 식이에 krill meal 비중이 높아짐에 따라 감소하는 경향이 관찰되었다. 식이 섭취량은 G1군이 (844.66±28.07 g)으로 다른 군들에 비하여 높았고, G2군(809.52±58.40 g), G4군(800.09±50.15 g), G3군(764.80±64.01 g) 순으로 식이효율의 결과를 보았을 때 G1군(17.90±2.51), G2군(16.79±2.67), G3군(16.67±4.14), G4군(15.38±3.29) 순으로 나타나 krill meal 첨가량이 높을수록 체중이 감소되는 것을 관찰할 수 있었다. Krill 오일과 xanthigen에 의한 고지방식으로 유도된 비만 흰쥐의 개선 효과 실험에서 krill 오일이 지방세포 분화 억제 및 분해를 촉진과 더불어 혈중 TG 함량을 낮춘다는 보고(Lee et al., 2015)된 바 있다. 따라서 본 실험의 결과도 krill meal 함량이 높은 식이에서 체중이 감소되는 것으로 확인되었다.

3.2. 장기 중량

Krill meal을 첨가한 식이를 5주간 섭취시켜 최종일 7시간 단식시킨 흰쥐의 장기 및 조직의 중량은 Table 3과

Table 2. Body weight gain, food intake and FER of the rats fed experimental diet for 5 weeks

Group	Body weight gain (g)	Food intake (g)	FER ¹⁾
G1	150.83 ± 18.82 ²⁾	844.66 ± 28.07 ^a	17.90 ± 2.51 ^a
G2	135.83 ± 23.75 ^a	809.52 ± 58.40 ^a	16.79 ± 2.67 ^a
G3	125.83 ± 22.45 ^a	764.80 ± 64.01 ^a	16.67 ± 4.14 ^a
G4	122.50 ± 24.85 ^a	800.09 ± 50.15 ^a	15.38 ± 3.29 ^a

¹⁾Food efficiency ratio. ²⁾The values are means±SD (n=6). Values with the different letters in the same column are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range tests.

Table 3. Weight of liver, heart, lung, brain, kidney, spleen and testes in the experimental rats (g/100g BW¹⁾)

Group	Liver	Heart	Lung	Brain	Kidney	Spleen	Testes
G1	3.38 ± 0.20 ²⁾	0.35 ± 0.02 ^a	0.53 ± 0.10 ^a	0.41 ± 0.04 ^a	0.65 ± 0.03 ^a	0.21 ± 0.03 ^a	0.99 ± 0.06 ^a
G2	3.28 ± 0.23 ^a	0.33 ± 0.03 ^a	0.46 ± 0.05 ^a	0.46 ± 0.03 ^a	0.62 ± 0.03 ^a	0.19 ± 0.02 ^a	1.01 ± 0.05 ^a
G3	3.20 ± 0.24 ^a	0.34 ± 0.02 ^a	0.49 ± 0.06 ^a	0.45 ± 0.03 ^a	0.62 ± 0.04 ^a	0.19 ± 0.02 ^a	1.04 ± 0.11 ^{ab}
G4	3.38 ± 0.18 ^a	0.35 ± 0.03 ^a	0.49 ± 0.03 ^a	0.45 ± 0.03 ^a	0.68 ± 0.05 ^a	0.20 ± 0.02 ^a	1.12 ± 0.07 ^b

¹⁾Body weight. ²⁾The values are means±SD (n=6). Values with the different letters in the same column are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range tests.

같다. 뇌와 고환을 제외한 장기 중량에서 G2군, G3군에서 krill meal을 첨가하지 않은 식이를 급여한 G1군의 중량보다 낮은 것으로 관찰되었으며, G4군의 경우 간장, 심장, 신장의 중량이 G1군과 비슷하거나 높은 것으로 나타났다. 뇌와 고환에서의 중량은 대조군인 G1군에서 보다 중량이 높았으며, 고환의 중량에서 krill meal 첨가량에 따라 점차 중량이 증가하여 30% krill meal을 첨가한 식이를 급여한 G4군에서 유의적인 차이(p<0.05)를 보였지만, 뇌의 경우 G2군에서 가장 높았으나 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다(p<0.05). 흰쥐에게 키토산 올리고당 및 키토산 함유하는 식이를 급여하면 간장, 심장, 심장, 비장 등 여러 장기 중량 감소나 뇌의 중량 증가는 식이섭취량에 따른 체중 증가량 등 여러 복합적 요인이 영향을 준다는 것으로 알려져 있다(Lee et al., 2000; Kim and Yoon, 2008; Kim et al., 2009).

3.3. 혈청 중의 지질성분과 혈당 농도

혈청 중의 지질성분 및 혈당 농도는 Table 4와 같다. T-CHO의 농도는 기본식이를 급여한 대조군인 G1군(84.5±2.8 mg/dL)이 krill meal을 첨가한 식이를 급여한 다른 군에 비해 유의적으로(p<0.05) 높았으며, krill meal의 함량이 증가함에 따라 감소하는 경향이 관찰되

었다. HDL-CHO의 농도는 G1군(22.8±1.3 mg/dL)과 G4군(25.5±1.3 mg/dL)이 유의적 차이(p<0.05)를 보이며 krill meal 식이 급여군에서 HDL-CHO 농도가 높은 것으로 나타났다. LDL-CHO와 free-CHO, TG 및 PL의 농도는 T-CHO에서와 마찬가지로 대조군인 G1군과 krill meal 식이 급여군에서 유의적인 차이(p<0.05)를 보이며 감소하였으며, krill이 콜레스테롤 식이 흰쥐의 혈장에 미치는 결과(Shon et al., 1994)와 본 실험의 결과가 유사한 것으로 나타났다. 혈당 농도의 경우 G1군보다 krill meal 식이 급여군에서 유의적으로(p<0.05) 감소하였으며 krill meal의 함량에 따른 감소는 관찰되지 않았다. 고지혈증은 세포내 glucose가 유입되는 것을 억제하여 혈당의 항상성 유지를 방해하여 당뇨병을 유발하는 것과 관련이 있는 것으로 알려져 있으며(Frost et al., 2001), 동맥경화, 심근경색과 같은 심혈관계 질환의 위험을 증가 시킬 수 있다고 보고되어 있다(Leebmann et al., 2013). 따라서 본 실험결과 krill meal 급여는 고지혈증 및 혈당 기능의 예방 및 개선 효과가 있는 것으로 나타났다.

3.4. 혈청 중의 총 단백질, 알부민 및 글로불린 농도

혈청 중의 총 단백질, 알부민, 글로불린 및 알부민/글로

Table 4. Effects of krill (*Euphausia superba*) meal on concentrations of total cholesterol, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol, free-cholesterol, triglycerid, phospholipid and blood glucose in serum of rats fed the experimental diet for 5 weeks (mg/dL)

Group	G1	G2	G3	G4
T-CHO ¹⁾	84.5±2.8 ^{b2)}	71.8±2.3 ^a	71.3±2.2 ^a	68.0±2.4 ^a
HDL-CHO	22.8±1.3 ^a	23.9±0.9 ^{ab}	23.7±1.1 ^{ab}	25.5±1.3 ^b
LDL-CHO	41.4±2.3 ^c	37.5±2.5 ^{bc}	35.0±2.2 ^{ab}	32.5±2.4 ^a
Free-CHO	22.5±1.1 ^b	20.6±0.7 ^{ab}	18.8±1.3 ^a	18.7±1.1 ^a
TG	67.2±1.8 ^c	58.3±2.0 ^b	56.3±1.7 ^b	50.8±2.1 ^a
PL	123.0±1.7 ^c	119.6±1.3 ^b	117.0±1.5 ^{ab}	116.2±1.6 ^a
Blood glucose	124.1±2.7 ^b	118.7±2.5 ^a	116.5±2.6 ^a	117.6±2.7 ^a

¹⁾T-CHO : total cholesterol, HDL-CHO : high-density lipoprotein cholesterol, LDL-CHO : low-density lipoprotein cholesterol, Free-CHO : free cholesterol, TG : triglyceride, PL : phospholipid.

²⁾The values are means±SD (n=6). Values with the different letters in the same row are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range tests.

Table 5. Total protein, albumin, globulin concentrations and A/G ratio in serum of experimental rats

Group	Total protein (g/dL)	Albumin (g/dL)	Globulin (g/dL)	A/G ¹⁾
G1	6.80±0.06 ^{a2)}	3.26±0.02 ^a	3.54±0.08 ^a	0.92±0.03 ^a
G2	6.82±0.19 ^a	3.25±0.07 ^a	3.57±0.15 ^a	0.91±0.03 ^a
G3	6.83±0.25 ^a	3.26±0.12 ^a	3.57±0.13 ^a	0.91±0.01 ^a
G4	7.00±0.18 ^a	3.37±0.10 ^a	3.63±0.08 ^a	0.93±0.01 ^a

¹⁾Albumin/globulin ratio. ²⁾The values are means±SD (n=6). Values with the different letters in the same column are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range tests.

불린(Albumin/Globulin ratio, A/G) 비는 Table 5에 나타내었다. 대조군인 G1군의 총 단백질은 6.80±0.06 g/dL로 가장 낮은 값으로 나타났으며, G2군, G3군, G4군에서 krill meal 함량에 따라 점차 증가하는 경향을 보였으나 유의적인 차이(p<0.05)는 관찰되지 않았다. 알부민과 글로불린도 마찬가지로 G1군(3.26±0.02, 3.54±0.08 g/dL), G2군(3.25±0.07, 3.57±0.15 g/dL), G3군(3.26±0.12, 3.57±0.13 g/dL), G4군(3.37±0.10, 3.63±0.08 g/dL)에서 krill meal 함량에 따른 증가세를 보였으나 유의적 차이(p<0.05)는 없는 것으로 나타났다. A/G의 결과 또한 대조군인 G1군과 다른 군 간의 유의적 차이는 없는 것으로 관찰되었다. 알부민은 간에서 합성되는 수용성 단백질로 교질삼투압 유지, 생체 내 화학물 운반, 유독물질이나 노폐물 운반과 같은 기능을 하여 만성 간질환 검사의 지표로 유효한 것으로 알려져 있다(Kim, 2008). 또한 글로불린은 간의 손상됨에 따라 증가하며

질환이 있을 경우 간 손상 지표로 사용된다고 보고되어 있다(Kim, 2009). 본 실험에서 기본식을 급여한 G1군과 krill meal 급여군에서 총 단백질, 알부민, 글로불린의 결과를 보았을 때, krill meal 함량이 증가하여도 간 기능 손상에 크게 관여하지 않는 것으로 판단된다.

4. 결론

Krill (*Euphausia superba*) meal이 Sprague Dawley 계 수컷 흰쥐의 체중 및 장기 중량, 혈청 지질성분 및 단백질 농도에 미치는 영향을 조사하기 위하여 기본식을 급여한 대조군인 G1군을 비롯하여 기본식에 10%(G2군), 20%(G3군), 30%(G4군)의 krill meal을 첨가한 식이군으로 4군의 급여군으로 나누어 5주간 실험사육하여 본 실험을 행하였다. 흰쥐의 체중은 식이의 krill meal 함량이 증가함에 따라 감소하였고, 각 장기 무게의 변화는

krill meal 함량에 따라, 고환 무게가 증가하는 것을 제외하고는 유의적 차이($p < 0.05$)가 없었다. 혈청 중의 총 콜레스테롤(T-CHO), LDL-콜레스테롤, 유리 콜레스테롤, TG 및 PL 농도 또한 krill meal 함량이 증가함에 따라 감소하였고, HDL-CHO 농도는 증가하는 것으로 관찰되었다. 또한 혈당 농도는 대조군인 G1군보다 krill meal 첨가군에서 더 낮은 것으로 확인되었다. 혈청 중 총 단백질, 알부민, 글로불린, 알부민/글로불린(albumin/globulin ratio) 비는 각 군에서 유의적 차이($p < 0.05$)가 없는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과로 미루어 보았을 때, krill meal은 간 기능에 대해 krill meal 함량에 따라 큰 영향이 없는 것으로 사료되며, 흰쥐의 체중 및 지질성분 개선에 효과가 있어 비만과 혈중 지질성분 조절에 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

REFERENCES

- Assmann, G., Schulte, H., Cullen, P., 1997, New and classical risk factors--the Münster heart study (PROCAM), *European J. Med. Res.*, 2(6), 237-242.
- Berge, K., Robertson, B., Burri, L., 2015, Safety assessment of Superba™ krill powder: Subchronic toxicity study in rats, *Toxicol. Rep.*, 2, 144-151.
- Frost, R. J., Otto, C., Geiss, H. C., Schwandt, P., Parhofer, K. G., 2001, Effects of atorvastatin versus fenofibrate on lipoprotein profiles, low-density lipoprotein subfraction distribution, and hemorheologic parameters in type 2 diabetes mellitus with mixed hyperlipoproteinemia, *Am. J. Cardiol.*, 87(1), 44-48.
- Gigliotti, J. C., Davenport, M. P., Beamer, S. K., Tou, J. C., Jaczynski, J., 2011, Extraction and characterisation of lipids from antarctic Krill (*Euphausia superba*), *Food Chem.*, 125(3), 1028-1036.
- Izumi-Nagai, K., Nagai, N., Ohgami, K., Satofuka, S., Ozawa, Y., Tsubota, K., Ohno, S., Olike, Y., Ishida, S., 2008, Inhibition of choroidal neovascularization with an anti-inflammatory carotenoid astaxanthin, *Investigative Ophthalmol. Visual Sci.*, 49(4), 1679-1685.
- Kim, D. S., Do, J. R., Park, I. S., Rhee, S. K., 2000, Study on the manufacturing of chitosan using Krill (*Euphausia superba* Dana) and quality characteristics, *J. Kor. Soc. Appl. Biol. Chem.*, 43(4), 309-313.
- Kim, H. S., 2006, Effects of the *Saururus chinensis* Baill hot-water extract intake on the lipid components and metabolic enzyme activities in hyperlipidemic rats, *Kor. J. Exercise Nutr.*, 10(2), 99-106.
- Kim, H. S., Kim, M. A., Duan, Y., Jang, S. H., Kang, D. S., Lee, W. K., Lee, C. S., Ryu, J. Y., 2014, Fatty acid compositions, mineral and vitamin contents of the antarctic Krill (*Euphausia superba*), *J. Environ. Sci. Int.*, 23(1), 47-52.
- Kim, H. S., Kim, M. A., Duan, Y., Kang, D. S., Jang, S. H., Ryu, J. Y., Lee, C. S., Lee, W. K., 2014, Studies on the nutritional components and amino acid compositions of krill (*Euphausia superba*), *J. Environ. Sci. Int.*, 23(2), 165-170.
- Kim, H. S., Kim, M. A., Jang, S. H., 2014, Influences of Korean haw (*Crataegus pinnatifida* Bunge) on lipid concentration in hypercholesterolemia, *J. Environ. Sci. Int.*, 23(5), 793-800.
- Kim, H. S., Seong, J. H., Lee, Y. G., Xie, C. L., Choi, W. S., Kim, S. H., Yoon, H. D., 2009, Effect of low-molecular-weight collagen peptide extract isolated from scales of the Flathead Mullet (*Mugil cephalus*) on lipid metabolism in hyperlipidemic rats, *Kor. J. Food Preserv.*, 16(6), 938-945.
- Kim, H. S., Yoon, H. D., 2008, Effects of the chitosan oligosaccharide intake on the improvement of serum lipid level in hypercholesterolemic rats, *J. Life Sci.*, 18(12), 1686-1692.
- Kim, K. A., 2009, Understanding and application of liver function tests, *Kor. J. Med.*, 76(2), 163-168.
- Kim, Y. J., 2008, Interpretation of liver function test, *Korean J. Gastroenterol.*, 51(4), 219-224.
- Lee, K. H., Yoon, S. Y., Kim, H. K., 2000, Effect of crab shell powder on lipid metabolism in diet-induced hyperlipidemic rats, *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.*, 29(3), 453-459.
- Lee, M. F., Lai, C. S., Cheng, A. C., Hou, J. S., Badmaev, V., Ho, C. T., Pan, M. H., 2015, Krill oil and xanthigen separately inhibit high fat diet induced obesity and hepatic triacylglycerol accumulation in mice, *J. Funct. Foods*, 19, 913-921.
- Leebmann, J., Roseler, E., Julius, U., Heigl, F., Spitthoever, R., Heutling, D., Breitenberger, P., Maerz, W., Lehmacher, W., Heibges, A., Klingel, R., 2013, Lipoprotein apheresis in patients with

- maximally tolerated lipid lowering therapy, Lp (a)-Hyperlipoproteinemia and progressive cardiovascular disease: prospective observational multicenter study, *Circulation*, 128, 2567-2576.
- Muriuki, M., Purdie, N., Dumancas, G., 2012, Quantification of the major ω -3, ω -6 PUFAs using the Purdie assay and their ratios in different cholesterol types and the effects of gender and cholesterol on PUFA levels, *Trends Anal. Chem.*, 31, 157-164.
- Rhee, S. K., Kim, D. S., 1999, The effective utilization techniques of Krill resources in antarctic ocean as new protein food, *J. Kor. Prof. Eng. Assoc.*, 32(1), 90-98.
- Robertson, B., Burri, L., Berge, K., 2014, Genotoxicity test and subchronic toxicity study with Superba™ Krill oil in rats, *Toxicol. Rep.*, 1, 764-776.
- Shon, M. Y., Chung, M. H., Park, S. K., Cho, Y. S., 1994, Effects of krill and cadmium on lipid composition of plasma in cholesterol-fed rats, *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.*, 23(1), 38-43.
- Suh, H. L., Kim, S. A., Soh, H. Y., 1991, Distribution and abundance of the antarctic Krill (*Euphausia superba*): A brief overview, *Kor. J. Polar Res.*, 2(2), 29-49.
- Williams, K., Tchernof, A., Hunt, K. J., Wagenknecht, L. E., Haffner, S. M., Sniderman, A. D., 2008, Diabetes, abdominal adiposity, and atherogenic dyslipoproteinemia in women compared to men. *Diabetes.*, 57(12), 3289-3296.
- Yoshitomi, B., Aoki, M., Oshima, S., 2007, Effect of total replacement of dietary fish meal by low fluoride Krill (*Euphausia superba*) meal on growth performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in fresh water, *Aquaculture*, 266(1), 219-225.