

고지방식이를 급여한 흰쥐의 패류식이 급여 효과

김은미 · 김영명 · 최진호*

한국식품개발연구원, 고려대학교 생명과학대학원*

The Effects of Dietary Shellfish on Lipid Metabolism in Rats Fed High-Fat Supplement

Kim, Eun Mi · Kim, Young Myung · Choi, Jin Ho

Korea Food Research Institute, Songnam 463-420, Korea
Department of Biotechnology,* Korea University, Seoul 136-701, Korea

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effects of shellfish on lipid metabolism in rats fed high fat supplements. Male sprague-dawley rats weighting approximately 165g were fed a basal diet, a high fat diet, or a high fat diet plus shellfish for 4 weeks. The shellfishes on the were oyster, hard-shelled mussel, little neck clam, and march clam. After 4 weeks high fat diet, supplementation of 20% lard significantly increased plasma GOT, GPT, γ -GTP, and liver triglyceride(TG). Plasma GOT, GPT, γ -GTP, triglyceride, and total cholesterol levels were significantly lower in shellfish groups than in basal and high-fat groups regardless of high-fat supplementation($p < 0.05$). The total lipid and cholesterol content in liver showed similar results($p < 0.05$). There were no differences in glucose, HDL-cholesterol in plasma and total cholesterol and total lipid in liver between basal and high-fat supplemented diets. Long chain fatty acids, specific components of shellfishes group, were exclusively higher than in basal and high-fat diets, and were most well-reflected in liver and plasma. From the above results, the hypolipidemic effects of shellfish were detected in the process of inducing hyperlipidemia by high-fat supplement. (*Korean J Nutrition* 31(8) : 1217~1225, 1998)

KEY WORDS : shellfish · high-fat supplement · GOT · GPT · γ -GTP · total cholesterol.

서 론

최근 가공식품의 소비패턴이 기능화 및 편의화 됨에 따라 이러한 소비욕구에 부합되는 새로운 제품개발이 요구되고 있다. 특히 현대문명의 발달이 급속화됨에 따라, 환경오염과 스트레스, 운동부족 등으로 인한 각종 성인병이 야기되고 있어 이들의 치료 및 예방책의 일환으로 식생활에 대한 관심이 모아지고 있다. 식품에 대한 관심은 영양적 측면을 고려한 1차적 기능과 기호성을 고려한 2차적인 기능보다 그 기능성에 중점을 둔 채택일 : 1998년 10월 15일

3차적인 기능에 집중되고 있으며 질병의 예방 및 치료가 인공적인 약물에 의존하기보다 일상적으로 접할 수 있는 천연의 식품으로 이루어진다면 醫食同原을 실현할 수 있을 것으로 본다.

특히 최근에 육상생물에 소량 또는 없는 성분이 수산생물인 연체류와 갑각류에는 다량 존재하는 것으로 알려져 있는 일부성분이 지방간 예방, 지방성 비만 예방, 설사, 과칼륨혈증 및 acidosis 예방, 생체막의 안정화, cholesterol의 저하작용, 면역증강작용, 항산화작용, 혈압강화 및 항부정맥작용, 해독작용, 각종 조직의 흥분성 조절 등 매우 다양한 생리기능효과가 있는 것으로 보고되고 있다. 따라서 이러한 기능 특성을 이용하여

천연 소재물 또는 건강지향식품등 다양한 활용을 기대할 수 있다⁴⁾. 이와 함께 국내에서 비교적 다량 양식되고 있는 굴, 홍합, 바지락, 재첩 등에는 다량의 taurine, betaine, ω3지방산 등의 지질대사개선에 효과가 있는 물질을 다량 함유하고 있어 이들 패류내의 성분들간의 상호작용에 의하여 체내 지질대사에 어느 정도 효과가 있을 것으로 추정된다.

그러나 아직까지 이에 대한 실험이 진행된 바가 없으며 민간요법으로 간접적으로 확인하면 어촌에 사는 사람의 평균수명이 내륙지방 사람에 비해 실제로 길다는 일부의 보고와 무관하지 않다고 볼 수 있다⁵⁾.

따라서 본 연구에서는 국내에서 비교적 다량 양식되고 있는 굴, 홍합, 바지락, 재첩과 같은 패류와 고지방 급여식이와의 관련성을 조사하여 체내 지질대사에 대한 패류의 식품학적 가치를 영양 생리적으로 확인코자 실시되었다.

재료 및 방법

1. 재 료

원료 굴은 여수 (주)동원산업에서 수출용으로 제조하는 급속 동결굴을 다량 구매하여 사용하였으며 원료 홍합, 바지락, 재첩 등은 서울 소재 가락동농수산물시장에서 구매하여 사용하였다.

가락동농수산물 시장에서 구매한 원료 홍합, 바지락, 재첩은 수세한 후 해금을 위해 홍합, 바지락은 2% 염수에, 재첩은 담수에 4시간 정도 담근 다음 수세하고 껍질 채로, 굴은 냉동상태로 -20℃ 냉동고에 보관하며 필요시에 일정량을 꺼내어 사용하였다.

2. 실험설계, 실험동물의 사육과 식이

실험군은 총 6군으로 기초 식이군, 고지방 식이군, 실험군(4군) 등으로 분류하여 실시하였으며 1군당 6마리의 쥐를 사용하였다. 총실험기간은 5주로 1주간의 적응시기를 지난 후부터 실험을 실시하였다.

실험동물은 평균체중 165g, 7주령 수컷 흰쥐(Sprague-Dawley rat, male : 대한실험동물센터)를 이용하였으며, 이들 실험동물은 30×30×30cm의 cage(대중상사, 서울)에 개별 수용하여 매일 일정시간에 사육관리를 하였다. 사육실의 체온은 22±2℃로 유지하였으며 물과 사료는 자유로이 먹을 수 있도록 하였다. 기타 사육은 일반사육관리에 준하여 실시하였다.

사료의 처리방법은 -20℃ 냉동고에 보관된 사료를 -2℃에서 해동시킨 후 탈각한 다음 동결건조를 실시하였다. 건조시료를 전자분쇄기로 분쇄한 다음 100mesh 체를 통과시키고, 통과하지 않은 시료는 다시 분쇄하여

mesh를 통과시킨 시료와 합하여 -70℃ 동결고에 보관한 다음 실험시료를 배합하기전 6~24시간 동안 풍건시킨 후 실험시료로 사용하였다. 실험시료에 사용된 패류의 일반조성은 Table 1과 같으며 실험시료의 배합표 및 실험설계는 Table 2와 같다.

전체 실험군의 에너지를 일정하게 조정하는 과정에서 지질저하효과를 갖는 cellulose양이 각 실험군마다 다르게 조절되어 이를 일정량, 즉 3%로 동일하게 하고 silicic acid양으로 전체에너지를 동일하게 조절하였다. Silicic acid는 생리적으로 영향이 없는 물질로 알려져 있어 주로 다른 비타민, 무기성분의 부형제로 사용되어 온 성분이다.

3. 체중 및 식이 효율의 측정

사육기간중 실험동물의 체중은 2일에 한번씩 일정시간에 측정하였으며 사료효율(feeding efficiency : FE)은 최 등⁶⁾(1992)의 방법에 따라 4 주간의 총사료 섭취량 대한 체중의 증가량의 비로써 다음식에 따라 계산하였다

$$FE = \text{Body weight gain(g)} / \text{Food intake(g)}$$

4. 실험동물의 처리

식이섭취량은 매일 오전 사료잔량을 측정하여 산출하였다. 실험사육 4주간의 최종일은 12시간 절식시킨 뒤 에테르로 흡입마취 시킨 후 21gauge의 일회용 주사기를 사용하여 심장천자법으로 채혈하였다. 혈액은 약 1시간 빙수중에 방치시킨 후 1500g에서 15분간 원심 분리하

Table 1. Approximate analysis of shellfishes

Item	Sample (dry basis)			
	Oyster	Hard-shelled mussel	Little neck clam	March clam
Protein	41.97	51.03	61.09	46.04
Lipid	10.73	11.59	8.20	9.52
Ash	24.52	20.56	20.32	13.86
NF ¹⁾	22.77	16.82	10.40	30.57
Total amino acid(mg%)	41,690	50,654	60,287	45,100
Taurine(mg%)	1,478	2,906	1,972	1,348
Betaine(mg%)	828	1,478	1,009	1,185
Total ω3	17.60	21.65	24.35	24.45
Total ω6	17.07	13.54	8.06	13.32
Total ω9	38.87	41.05	34.31	38.73
SFA ²⁾	26.47	23.76	33.28	23.50
MUFA ³⁾	43.74	44.42	37.91	42.23
PUFA ⁴⁾	29.79	31.82	28.81	34.27

1) Nitrogen free extract

2) Saturated fatty acid

3) Monounsaturated fatty acid

4) Polyunsaturated fatty acid

Table 2. Composition of basal and experimental diet

(g/100g)

Ingredient	Basal	High fat	Oyster	Hard-shelled mussel	Little neck clam	Marsh clam
Glucose	62.25	42.00	38.00	39.00	39.00	39.00
Casein	17.00	17.00	14.00	13.00	12.00	13.00
Shellfish ¹⁾	-	-	7.00	7.00	7.00	7.00
Lard ²⁾	10.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Mineral mix ³⁾	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Vitamin mix ³⁾	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
TCP ⁴⁾	2.70	2.70	1.80	1.80	1.80	1.80
DL-methionine	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	1.30
Choline chloride	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Sodium chloride	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Cellulose	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Silicic acid	-	10.25	11.15	11.15	12.15	11.15
Analytical values						
Crude protein, %	15.24	15.97	15.57	15.18	15.09	15.21
Crude fat, %	9.97	19.84	20.31	19.97	20.00	20.61
AME ⁵⁾ , Kcal/Kg	3,723	3,778	3,799	3,793	3,755	3,785

1) Shellfish powdered after freeze dried in intact ones

2) Stabilized by adding BHT(Chungang Chem Co. Ltd. Korea, Seoul) at level of 0.0125% of the Lard

3) AIN-76A(except for NaCl), Harlan, Madison, WI

4) Tricalcium-phosphate

5) Apparent Metabolizable Energy

여 혈청을 분리하였다. 간장은 무게를 측정된 후 생리식염수로써 문맥을 통해 관류, 탈혈한 다음 여과지로써 물기를 제거하여 무게를 측정하였다.

5. 혈청중의 콜레스테롤, 중성지방의 분석

혈청의 총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, 중성지질, 포도당 함량, BUN, Ca, P의 함량은 Kobas Mira(Roche Co)의 혈액자동분석기로 분석하였다.

6. 혈청중 GOT, GPT, γ -GGT 활성

혈청 중의 GOT(aspartic aminotransferase, AST), GPT(alanine aminotransferase, ALT) 및 γ -GTP(gamma glutamyl transferase, GGT)의 측정은 Reitman-Franke 등(1957)의 방법에 따라 AM 101-K kit(Asan Pharm. Co. Ltd)를 사용한 효소법으로 측정하고 Kalmen단위로 나타내었다.

7. 간의 콜레스테롤, 중성지방, 혈청 및 간의 지방산 조성

간 시료의 콜레스테롤과 중성지방의 추출은 Folch와 Sloan-Stanley⁷⁾의 방법을 수정한 방법으로 Wako kit을 사용하여 측정하였다.

간의 지방산 조성은 Lapage와 Roy⁸⁾의 방법과 Chee 등⁹⁾의 방법을 변형하여 사용하였다. Internal standard로는 heptadecanoic acid(17:0, Nucheck Co.)를 사용하였다. Internal standard를 40mg/100ml isooctane에 녹인 후 반응 시험관에 100 μ 씩 분주하여 냉동 보관하였다.

Table 3. Operating conditions for the analysis of fatty acid by GC

Instrument : Hewlett Packard 5890 Series II
Column : PAG column
ID 0.25mm, 30M (Supelco. Co.)
Detector : Flame ionization detector
Injector temperature : 250 $^{\circ}$ C
Detector temperature : 270 $^{\circ}$ C
Carrier gas : He, 20cm/sec

혈액과 간에서 추출한 지방은 200~500 μ 정도를 미리 internal standard가 있는 반응시험관에 넣은 후 용매는 모두 질소로 휘발시켰다. 여기에 metanol : benzene(4 : 1, V/V)용액 2ml 가한 후 acetylchloride 용액 200 μ 첨가하여 시험관내를 질소로 충전한 후 80 $^{\circ}$ C에서 40분간 반응시켰다. 반응이 끝나면 상온으로 식힌 후, isooctane 1ml와 6% potassium carbonate 10ml를 첨가하여 원심분리 후 상등액을 gas chromatography에 주입하여 분석하였다. 이때 gas chromatography의 조건은 Table 2에서와 같다.

간의 중성지방은 kit(Behringer Mannheim Co. LTD)를 사용하여 spectrophotometer로 분석하였다.

8. 실험결과의 처리

실험결과는 Mean \pm S.D.로 표시하였으며 분석치에 대한 유의성 검정은 ANOVA를 사용하였다. 분석결과에 대해서는 p<0.05의 수준에서 Duncan의 다중 검정

법에 의해 각처리구간의 평균치에 대한 유의적 차이를 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 실험동물의 식이섭취량, 체중증가량, 식이효율

일반식이, 고지방식이 및 고지방+패류식을 급여한 실험동물의 식이섭취량, 체중증가량 및 식이 효율은 Table 4와 같다. 각 처리구간 식이섭취량은 비슷한 경향을 보였으며 체중증가량은 고지방 식이군과 일반식이군간에는 유의차는 없었으나 일반식이군 보다는 고지방+패류식이군이 38%(채첩)~49%(굴)정도 높은 것으로 나타났다($p < 0.05$). 따라서 식이 효율은 패류식이군, 일반식이군, 고지방식이 순으로 높은 것으로 나타났다.

본 실험결과에서 패류식이군의 식이 효율이 다른 군보다 우수한데, 이는 패류의 식품조성 즉 아미노산 및 무기질 비타민 등의 성분 특히 아미노산 조성이 패류가 고지방식이에 혼합되며 영양적 균형이 향상되어 나타난 결과로 상대적으로 고지방식이의 식이 효율은 낮게 나타난 것으로 생각된다. 따라서 일반식보다 고지방식이에 패류를 첨가한 식이가 영양적 균형이 우수하다고 볼 수 있다.

2. 혈청중의 Cholesterol, Triglyceride

Table 5는 일반식이군, 고지방식이군 및 고지방+패류식이군의 혈청중의 총콜레스테롤, 중성지방 함량 및 HDL 콜레스테롤/총콜레스테롤 비율을 나타낸 것이다.

혈청중의 중성지방함량은 Kim의 결과¹⁰⁾와 같이 일반식이군이 고지방식이군보다 낮게 나타났으며 패류식이군에서는 일반식이군에 비하여 채첩식이군과 굴식이군은 비슷하게, 홍합과 바지락 식이군은 낮게 나타내어 전체적으로 고지방 식이군보다는 낮은 경향을 보였다 ($p < 0.05$).

일반적으로 혈청중의 중성지방함량은 가족성 고리포단백혈증, 당뇨, 동맥경화증시에 증가하며 β 리포단백질 결핍증, 간·담도질환시에는 감소하는 물질로 패류식이군이 고지방식이에 7%의 패류를 첨가한 식이군임을 감안할 때 패류의 급여가 혈액내 중성지방함량을 저하시키는 효과가 어느 정도 있다고 볼 수있다. 그러나 패류가 복합구성물이므로 어떤 성분이 이와 같은 결과를 가져 왔다고 결론 내리기는 어려우나 김⁴⁾의 결과에 의하면 식이 중의 1~2% 타우린 첨가가 중성지방수준을 대조군보다 20~40% 정도 낮춰준다고 하였다.

혈액중의 콜레스테롤 함량은 일반식이군, 고지방식이군, 홍합식이군은 비슷하게 나타났으나 이외의 굴식이군, 바지락식이군, 채첩식이군은 앞의 3식이군 보다는 낮게 나타났다. 그러나 패류식이군이 고지방식이에 7%의 패류를 첨가한 식이군임을 감안할 때 홍합식이군도 콜레스테롤 함량을 저하시키는 효과가 있다고 볼 수있다.

이와 같은 결과는 중성지방함량과 마찬가지로 패류 성분중 여러 물질 즉 특정아미노산, 타우린, 베타인 및 $\omega 3$ 지방산과 같은 성분들이 관여할 것으로 예측된다 (Table 1). 예를 들면 굴과 바지락과 같은 패류에 다량 함유되어 있는 타우린의 경우 담즙대사에 관여하여¹¹⁾¹²⁾

Table 4. Food consumption, weight gain, feeding efficiency ratios fed the experimental diets for 4 weeks¹⁾

Group	Food Consumption(g/day)	Weight gain(g/day)	Food efficiency ratio
Basal	9.27 ± 0.53	3.50 ± 0.41 ^a	0.38 ± 0.07 ^a
High fat	9.39 ± 0.30	3.36 ± 0.41 ^a	0.34 ± 0.04 ^a
Oyster	9.69 ± 0.31	5.02 ± 0.21 ^b	0.52 ± 0.02 ^b
High fat +			
Hard-shelled mussel	10.10 ± 0.54	5.23 ± 0.55 ^b	0.52 ± 0.05 ^b
Little neck clam	9.61 ± 0.34	4.94 ± 0.36 ^b	0.51 ± 0.04 ^b
Marsh clam	9.07 ± 0.47	4.83 ± 0.37 ^b	0.53 ± 0.02 ^b

1) Means carrying different letters in the same column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test

Table 5. Concentration of total cholesterol, triglyceride and ratio of HDL cholesterol/total cholesterol in serum of rats fed the experimental diets for 4 weeks¹⁾

Group ¹⁾	Serum Triglyceride (mg/dl)	Total cholesterol (mg/dl)	HDL Chol./Total Chol.
Basal	84.5 ± 11.4 ^{ab2)}	104.53 ± 17.79 ^a	0.76 ± 0.06 ^a
High-fat	147.3 ± 63.2 ^a	101.80 ± 15.54 ^a	0.69 ± 0.02 ^a
Oyster	86.8 ± 63.7 ^{ab}	72.53 ± 17.15 ^b	0.94 ± 0.31 ^b
High fat +			
Hard-shelled mussel	61.6 ± 13.6 ^b	108.60 ± 23.52 ^a	0.68 ± 0.11 ^a
Little neck clam	34.8 ± 5.37 ^c	79.10 ± 15.12 ^b	0.90 ± 0.20 ^b
Marsh clam	96.7 ± 50.8 ^{ab}	86.05 ± 19.10 ^b	0.72 ± 0.19 ^a

1) Means carrying different letters in the same column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test

혈청중의 콜레스테롤 함량을 저하시켰다고 볼 수 있다. 즉, 담즙염 중 tauroglycin은 글리신과 타우린의 결합 물질로 생체내 지질의 유효작용을 위하여 담즙염의 형태로 분비되는데 담즙이 간에서 콜레스테롤로부터 합성된 것이므로 콜레스테롤을 체외로 배출시키는 간접적인 역할을 한다고 볼 수 있다¹²⁾.

한편, HDL cholesterol/Total cholesterol의 비율은 채첩식이군을 제외하고는 총cholesterol과 반대 경향은 보였으며 굴과 바지락 식이군이 고지방식이군과 다른 패류식이군보다 높은비율을 보였다($p < 0.05$). 한편 타우린을 식이에 1.5% 이상 첨가하여야 HDL-cholesterol 증가효과를 볼 수 있다고 한 Kim의 연구⁴⁾에 의하면 위와 같은 결과가 패류식이의 타우린의 영향으로 보기는 어렵다고 할 수 있다. 그러나 굴과 바지락의 일부성분이 HDL-cholesterol과의 친화도를 증가시킨 데서 기인하지 않았는가 추정된다.

3. 혈청중의 GOT, GPT 및 γ -GTP 활성

Table 6은 고지방식에 의한 간장의 손상정도를 알아보기 위하여 각 처리구의 혈청내 GOT, GPT 및 γ -GTP를 측정된 결과이다. 일반적으로 GOT, GPT와 γ -GTP는 간장의 손상정도를 확인하는 효소 관련검사법으로 간에서 활성이 매우 높아 적은 양이라도 검출이 가능하여 혈청 중에서 검출되며 특히 간염이나 알코올성 간장질환, 일반 간질환을 판정하는 생화학적 검사방법으로 실행되고 있다.

혈청중의 GOT(aspartic aminotransferase, AST)는 일반식이군(110.50U/L)과 비교했을 때 바지락 식이군이 가장 낮은 95.00U/L, 그 다음 굴식이군이 113.50U/L로 나타나($p < 0.05$) 어느 정도 개선된 것으로 나타났다. 패류식이군중 혼합식이군과 채첩식이군은 고지방식이군보다는 GOT값이 낮게 나타났으나 유의차는 인정되지 않아 GOT 수치면에서 개선효과가 없는 것으로 나타났다.

혈청중의 GPT(alanine aminotransferase, ALT) 값은 GOT값과는 달리 모든 식이군이 고지방식이군보

다는 낮게 나타나($p < 0.05$) 전 패류식이가 개선효과가 있는 것으로 나타났다. 특히 바지락 식이군이 가장 낮은 36.00U/L를 나타내었으며 일반식이군과 다른 3종의 패류식이군은 서로 차이가 없는 것으로 나타났는데 패류식이 고지방식과 같은 조성에 패류를 첨가한 식이임을 감안할 때 개선효과가 큰 것으로 볼 수 있다.

한편 20%라아드를 급여한 고지방 식이군의 GOT, GPT값이 증가하고 타우린 1.5%, 2%첨가식이군은 감소하는 경향을 보인 Kim⁴⁾의 연구에 의하면 본 실험에서는 패류성분 중 타우린이 이와 같은 결과를 가져올 수 있다고 볼 수 있으나 본 실험의 설계와 식이의 타우린 함량으로 볼 때 타우린 이외의 다른 성분의 영향도 배제할 수 없다고 본다. 그러나 Hiramatsu 등¹³⁾은 자동 산화된 linoleate의 경구투여량이 증가할수록, 항산화제의 함량이 부족하고 이때 혈청중의 GOT, GPT의 활성이 유의적 증가한다고 하였다. 이 결과는 Kim⁴⁾의 연구로 보면 타우린이 항산화능에 의하여 GOT, GPT의 활성이 어느 정도 저하될 수 있음을 추론할 수 있으나 본 실험에서는 설계상 다른 성분의 영향도 배제할 수 없다고 본다. 한편, Huxtable¹⁴⁾에 의하면 타우린의 기능이 식이성 타우린의 섭취에 의해서 이루어지게 되므로 식이 중의 타우린 함량은 체내 타우린 대사를 좌우하는 가장 큰 요인으로 볼 수 있다고 하여 타우린 함량이 높은 식품의 장점을 강조하였다. 본 실험에서 혈액의 γ -GTP(ALT)값은 GPT값과 같이 일반식이군을 포함한 모든 식이군이 고지방식이군보다는 낮게 나타나($p < 0.05$) 전 패류식이가 개선효과가 있는 것으로 나타났다. 특히 혼합식이군을 제외한 3종의 패류식이군의 γ -GPT가 일반식이군 보다도 낮게 나타났는데 이 결과도 패류식이군이 고지방식에 패류를 첨가한 식이임을 감안할 때 패류첨가에 의한 간기능 개선효과가 크다고 볼 수 있다.

4. 혈청 중의 지방산 조성

식이로 특정지방을 급여하면 체내조직의 지방산 조성에 영향을 주는 것으로 알려져 있다⁶⁾. 본 실험에서도

Table 6. Value of GOT, GPT and γ -GTP in serum of rats fed the experimental diets for 4 weeks¹⁾

Group ¹⁾	GOT(U/L)	GPT(U/L)	γ -GTP(U/L)
Basal	110.50 ± 25.68 ^{ab}	49.50 ± 21.02 ^{ab}	31.90 ± 1.25 ^b
High-fat	159.25 ± 37.28 ^a	60.00 ± 13.58 ^a	37.03 ± 1.69 ^a
Oyster	113.50 ± 14.25 ^{ab}	46.25 ± 7.37 ^{ab}	23.90 ± 1.32 ^c
High fat +			
Hard-shelled mussel	131.25 ± 30.07 ^a	48.00 ± 1.63 ^{ab}	25.13 ± 0.93 ^c
Little neck clam	95.00 ± 8.76 ^b	36.00 ± 2.83 ^b	29.58 ± 1.34 ^b
Marsh clam	141.50 ± 28.59 ^a	44.00 ± 7.12 ^{ab}	24.58 ± 1.28 ^c

1) Means carrying different letters in the same column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test

급여식이 조적내 혈액내 지방산에 조성에 미치는 영향을 조사하였으며 그 결과는 Table 7과 같다.

포화지방산(SFA)의 비율은 실험들 기간에 유의차가 나타나지 않았다. 다가불포화지방산(MUFA)함량은 고지방식에 패류를 첨가한 식이군이 고지방식이군이나 일반식이군에 비해 유의적으로 낮게 나타났다. 특히 패류첨가식이군에서도 굴과 홍합첨가군이 가장 낮게 나타났으며 이는 굴과 홍합의 지방산조성(Table 1)과 관련이 있을 것으로 생각된다.

반면 고도 불포화 지방산함량(PUFA)의 경우 단일불포화(MUFA)지방산 함량과는 반대의 경향을 보여 고지방식이군과 일반식이군이 고지방식에 패류를 첨가한 식이군 보다 유의적으로 낮은 함량을 보였다. 그러므로 고도불포화/포화지방산(P/S)의 비율은 고지방식에 패류를 첨가한 식이군이 고지방식이나 일반식이군에 비해 높게 나타났다.

ω6계 지방산 함량비율은 고지방식에 패류첨가식이군이 다른식이군 즉 고지방식과 일반식이군에 비해

유의적으로 낮았으며, 반면에 ω3계 지방산의 비율은 고지방식에 패류를 첨가한 식이군이 고지방식이군과 일반식이군에 비해 유의적으로 높은 것으로 나타났다. 즉 식이내 패류첨가로 혈장내 DHA(22 : 6)와 EPA(20 : 5)의 함량 비율을 다른식이군에 비해 유의적으로 높게 나타났고 상대적으로 ω6계열의 지방산 함량비율은 유의적으로 낮게 나타났다고 볼 수있다.

일반적으로 인간과 동물에게 ω3지방산 함량이 높은 어류를 급여하면 혈액내 ω3계 지방산의 비율 즉 EPA(20 : 5ω3), DHA(22 : 6ω3)함량이 증가되는 반면 arachidonic acid(20 : 4ω6)함량은 감소되는 것으로 보고¹⁶⁾¹⁷⁾¹⁸⁾되고 있는데 본 실험결과도 이와 유사한 경향을 보여 패류첨가군이 고지방식이나 일반식이군에 비해 EPA(20 : 5ω3), DHA(22 : 6ω3)함량이 증가하고 arachidonic acid(20 : 4ω6)도 감소하는 경향을 보였다. 이와 같은 결과는 맛조개를 실험쥐에 급여하여 혈액의 지방산 조성을 살펴본 Teruyosh¹⁵⁾의 보고와도 비슷한 결과로 본 실험의 혈장내 지방산 조성은 패류의 ω3계

Table 7. Fatty acid composition in serum obtained from rat fed the experimental diets for 4 weeks (Unit : %)

Group Fatty acid	Basal	High-Fat	High-fat +			
			Oyster	Hard-shelled mussel	Little neck clam	March clam
C14 : 0	1.40±0.13	1.30±0.13	0.74±0.25	0.84±0.04	0.99± 0.29	1.05±0.22
C14 : 1ω7	0.17±0.99	-	-	-	0.21± 0.29	0.16±0.08
C15 : 0	0.31±0.14	0.37±0.14	0.37±0.03	0.37±0.01	0.37± 0.05	0.39±0.04
C16 : 0	21.69±0.74	22.08±0.74	23.82±0.64	23.01±0.77	24.04± 1.82	23.50±1.14
C16 : 1ω7	6.62±0.33	4.26±0.33	3.22±0.52	3.92±0.39	3.71± 0.64	4.30±0.41
C17 : 0	0.54±0.12	0.76±0.12	0.72±0.06	1.13±0.58	0.86± 0.22	0.65±0.07
C18 : 0	9.75±0.58	13.16±0.58	11.69±0.71	11.20±0.17	13.08± 1.59	12.36±0.60
C18 : 1ω9	40.33±0.61	38.71±0.61	24.28±3.61	28.12±2.51	27.87± 7.99	32.84±4.48
C18 : 2ω6	6.73±0.49	9.22±0.49	9.99±1.09	8.90±0.40	8.31± 1.43	9.06±1.22
C18 : 3ω3	0.20±0.08	0.33±0.08	-	-	0.31± 0.14	0.29±0.14
C20 : 0	0.22±0.11	0.24±0.11	0.38±0.11	0.26±0.04	0.34± 0.21	0.27±0.12
C20 : 1ω9	0.35±0.07	0.33±0.07	-	0.19±0.07	0.21± 0.10	0.34±0.18
C20 : 2ω6	0.27±0.12	0.27±0.12	0.35±0.02	0.29±0.05	0.30± 0.07	0.22±0.13
C20 : 3ω6	0.32±0.03	0.28±0.03	0.33±0.06	0.24±0.08	0.41± 0.36	0.27±0.12
C20 : 4ω6	6.91±0.43	4.38±0.43	1.67±1.54	2.51±0.38	4.43± 1.61	4.06±0.97
C20 : 5ω3	0.38±0.21	0.28±0.22	7.19±0.05	5.75±1.17	3.23± 3.36	1.45±0.31
C22 : 0	0.31±0.05	0.28±0.05	0.49±0.12	0.44±0.08	0.37± 0.11	0.29±0.18
C22 : 1ω9	0.66±0.20	0.61±0.20	-	0.36±0.14	1.05± 1.52	1.07±0.29
C22 : 5ω3	0.34±0.11	0.25±0.11	1.78±0.11	1.80±0.14	0.75± 0.26	0.77±0.28
C22 : 6ω3	1.40±0.28	1.75±0.28	10.49±0.69	8.81±1.37	7.48± 3.31	5.32±1.75
C24 : 0	0.54±0.05	0.48±0.05	1.08±0.16	0.82±0.24	0.66± 0.22	0.57±0.19
C24 : 1ω9	0.91±0.14	0.65±0.14	1.40±0.22	1.03±0.26	1.03± 0.41	0.76±0.25
SFA	35.28±0.79	39.49±2.11	40.93±2.43	39.29±2.16	42.04± 4.58	40.01±2.83
MUFA	49.03±0.54 ^a	44.56±1.45 ^a	28.89±4.72 ^b	33.62±3.37 ^{ab}	34.07±10.78 ^{ab}	39.47±5.68 ^a
PUFA	16.56±0.51 ^a	16.76±1.76 ^a	31.82±3.70 ^b	28.31±3.59 ^a	25.22±10.54 ^{ab}	21.45±4.91 ^b
Totalω3	2.32±0.48 ^a	2.61±0.69 ^a	19.47±0.99 ^a	16.36±2.68 ^a	11.77± 7.07 ^c	7.83±2.48 ^b
Totalω6	14.23±0.46	14.15±1.08	12.35±2.71	11.95±0.91	13.45± 3.47	13.62±2.44
Totalω9	42.24±0.62	40.30±1.03	25.68±4.20	29.70±2.98	30.16±10.03	35.00±5.20

1) Means carrying different letters in the same column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test

열의 지방산 함량에 의한 영향으로 볼 수 있다(Table 1). 한편, 고지방식이와 일반식이군을 비교하면 고지방식이와 일반식이군에서 고도불포화/포화지방산의 차이가 나타나지 않은 것은 일반식이군의 식이와 고지방식이의 지방산 조성은 동일한 급원으로 그 양만 달리 급여하였으므로 동일한 지방산조성을 나타낸 것으로 본다.

이상의 결과로 혈장은 섭취하는 식이지방산 조성의 영향을 받는 것을 알 수 있으며, 이는 건강한 성인 남성을 대상으로 ω 3계 고도 불포화 지방산인 EPA와 DHA가 다량 함유된 어유캡슐을 복용시켰더니 혈장내 EPA와 DHA가 다량 증가되었다는 결과보고¹⁷⁾와 일치하며 돼지를 대상으로한 연구¹⁸⁾에서 고등어유를 섭취시켰더니 혈장내 ω 3계 지방산의 비율이 증가하고 ω 6계 지방산의 비율이 감소되었다는 결과와도 부합된다.

5. 간의 무게, 총지방, 콜레스테롤 및 중성지방

각 급여식이가 간장의 무게, 총지방, 총콜레스테롤 및 중성지방 함량에 미치는 영향을 조사하였으며 그 결과는 Table 8과 같다.

간장의 무게는 각 실험군간의 차이가 없는 것으로 나타났다. 그러나 간장의 총지방 함량은 패류식이군이 대조군과 고지방식이군보다 낮은 함량을 보였으며 ($p > 0.05$) 일반식이군과 고지방 식이군 간에는 차이가 없게 나타났다.

Choi의 연구⁶⁾에 의하면 조직의 무게 또는 크기는 지방의 축적에 의해서 좌우되며 어유를 급여하면 간장의 무게가 대략 10% 정도 감소하는 것으로 보고되었다. 본 연구에서 혈장과 간장의 지방산 조성이 ω 3지방산 계열의 비율이 높게 나타났으나 전체적인 섭취량이 낮아 실험군간의 간장 무게가 차이가 나타나지 않은 것으로 생각된다. 다시말해 패류는 복합식품으로 어유와는 달리 ω 3 계열지방산 함량이 낮아 상대적인 섭취량도 낮은 것으로 생각되며 이와 함께 간조직이 패류의 아미노산 공급에 의한 단백질 합성속도의 변화도 패류식이지방의 영향을 덜 받게 한 것으로 생각된다.

간장의 중성지방함량도 총지방 함량과 마찬가지로 패류식이군이 일반식이군과 고지방식이군보다 낮게 나

타났으며 일반식이군도 고지방식이군보다 낮게 나타났다. 특히 총콜레스테롤함량은 총지방이나 중성지방함량과 마찬가지로 결과를 보였으나 이들 실험치 보다 실험군간의 차이가 크게 나타났다. 따라서 단기실험(4주)내에서는 식이의 고지방에 의하여 간장에 지방 특히 중성지질과 콜레스테롤이 축적되는 것으로 나타났으며 이는 패류를 급여함으로써 어느 정도 개선시킬 수 있는 것으로 나타났다.

이와 같은 결과는 패류에 다량 함유된 taurine, betaine, ω 3지방산과 기타 미지의 물질에 상호간의 복합적인 효과로 생각되는데 실제로 ω 3 지방산만을 급여할 경우 혈액내 콜레스테롤이나 지질 등의 저하효과가 나타나지 않고 특징적으로 체중의 감소를 유발할 수 있다는 Choi의 연구²⁰⁾와 taurine만을 일반식이에 첨가하여 급여할 경우 혈중 콜레스테롤, 지질 등의 저하효과와 체중증가를 유발하거나 영향을 주지 않는다는 Kim의 연구⁴⁾로 어느 정도 예측할 수 있다. 그러나 생리 실험에는 여러 요인들이 관여할 가능성이 크므로 확실히 결론을 내리기는 어렵다고 본다.

한편 본 실험에서는 측정하지 않았으나 Kim의 결과⁴⁾에 의하면 2% 타우린 섭취식이군에서 실험동물의 부고환 주위의 지방세포크기가 대조군에 비해 18% 작게 나타나 지방세포의 부피를 증가시키는 단순비만의 경우 타우린으로 어느 정도 억제할 수 있음을 시사하였다.

6. 간의 지방산 조성의 변화

식이로 특정지방을 급여하면 특정조직의 지방산 조성에 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 본 실험에서도 급여식이가 조직 지방산에 미치는 영향을 조사키 위하여 간장내 지방산 조성을 조사하였으며 그 결과는 Table 9와 같다

간장의 지방산 조성은 혈장의 지방산 조성구 유사하였다. 즉 포화지방산 (SFA)의 경우 혈장과 마찬가지로 고지방식이에 패류를 첨가한 식이군이 기초 식이군과 고지방식군에 비해 낮게 나타났다. 그러나 어유를 직접 첨가하여 간장이나 혈액에 지방산조성을 살펴본 연구³⁾에서는 어유첨가군과 일반식이군과의 포화지방산에서

Table 8. Concentration of total cholesterol and triglyceride in liver of rats fed the experimental diets for 4 weeks¹⁾

(Wet basis)

Group	Liver weight (g/100g wt)	Total lipid (%)	Triglyceride (mg/g)	Total cholesterol (mg/g)
Basal	5.75±0.18	3.86±0.15 ^a	2.72±0.27 ^b	1.71±0.14 ^a
High-fat	5.82±0.23	3.91±0.12 ^a	3.06±0.21 ^a	1.86±0.07 ^a
Oyster	5.77±0.18	3.17±0.01 ^b	1.56±0.22 ^c	1.26±0.07 ^b
High-fat +				
Hard-shelled mussel	5.77±0.16	3.17±0.02 ^b	1.62±0.28 ^c	1.24±0.06 ^b
Little neck clam	5.82±0.24	3.23±0.05 ^{ab}	1.66±0.28 ^c	1.28±0.07 ^b
Marsh clam	5.59±0.49	3.21±0.06 ^b	1.79±0.21 ^c	1.27±0.07 ^b

1) Means carrying different letters in the same column are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test

Table 9. Fatty acid composition of liver from rats fed the experimental diets for 4 weeks¹⁾

(Unit : %)

Fatty acid	Basal	High-Fat	High-fat +			
			Oyster	Hard-shelled mussel	Little neck clam	March clam
C14 : 0	0.14±0.01	0.17±0.02	0.24±0.06	0.17±0.01	0.19±0.01	0.20±0.07
C14 : 1ω7	0.47±0.23	0.70±0.20	0.26±0.04	0.25±0.02	0.22±0.04	0.23±0.01
C15 : 0	0.13±0.06	0.16±0.05	0.06±0.02	0.08±0.01	0.04±0.01	0.06±0.03
C16 : 0	12.29±0.23	9.22±0.54	12.02±0.32	12.46±0.26	12.49±0.59	12.53±0.12
C16 : 1ω7	1.60±0.32	0.95±0.06	0.95±0.05	1.03±0.04	1.13±0.09	1.23±0.10
C18 : 0	21.31±1.81	23.80±1.30	19.05±0.45	19.27±0.36	19.45±0.44	19.41±0.20
C18 : 1ω9	40.55±1.60	44.81±1.19	38.00±0.40	40.12±0.50	37.75±1.25	41.31±0.64
C18 : 2ω6	10.55±0.67	7.75±0.44	7.29±0.30	8.40±0.08	7.40±0.44	8.44±0.20
C18 : 3ω3	0.58±0.09	0.37±0.19	1.18±0.08	0.93±0.06	1.10±0.08	0.91±0.06
C20 : 0	0.11±0.03	0.12±0.01	0.15±0.02	0.16±0.01	0.21±0.05	0.21±0.05
C20 : 1ω9	0.32±0.04	0.25±0.06	0.27±0.04	0.41±0.02	0.37±0.09	0.41±0.02
C20 : 2ω6	0.38±0.03	0.31±0.07	0.45±0.04	0.44±0.03	0.42±0.02	0.43±0.04
C20 : 3ω6	0.48±0.07	0.36±0.06	0.43±0.05	0.43±0.03	0.41±0.05	0.43±0.05
C20 : 4ω6	6.14±0.26	5.82±0.60	3.59±0.31	3.30±1.91	3.58±0.18	4.59±0.26
C20 : 5ω3	0.10±0.02	0.09±0.01	4.26±0.23	3.41±0.19	4.53±0.04	2.19±0.27
C22 : 5ω3	-	-	0.53±0.09	0.33±0.05	0.60±0.09	0.23±0.03
C22 : 6ω3	0.24±0.02	0.16±0.02	6.40±0.62	4.37±0.23	6.16±0.42	3.15±0.11
C24 : 0	0.10±0.01	0.15±0.00	0.14±0.03	0.16±0.03	0.16±0.03	0.15±0.02
C24 : 1ω9	0.09±0.03	0.16±0.02	0.13±0.02	0.16±0.04	0.15±0.04	0.14±0.02
SFA	34.42±2.04	34.16±1.47	31.86±0.28	32.46±0.40	32.71±0.75	32.73±0.29
MUFA	42.69±1.59 ^{ab}	46.32±1.14 ^a	39.41±0.38 ^b	41.79±0.47 ^{ab}	39.43±1.17 ^b	43.14±0.59 ^a
PUFA	18.47±0.81 ^b	14.85±0.85 ^c	24.12±0.67 ^a	21.60±1.90 ^{ab}	24.20±0.75 ^a	20.36±0.67 ^{ab}
Totalω3	0.92±0.08 ^a	0.62±0.22 ^a	12.37±0.55 ^d	9.04±0.18 ^c	12.39±0.49 ^a	6.47±0.25 ^b
Totalω6	17.55±0.74 ^a	14.23±0.70 ^{ab}	11.75±0.27 ^b	12.57±1.86 ^{ab}	11.81±0.36 ^b	13.89±0.45 ^{ab}
Totalω9	40.97±1.60 ^b	45.21±1.15 ^a	38.40±0.42 ^b	40.68±0.49 ^{ab}	38.26±1.22 ^b	41.85±0.64 ^{ab}

1) Means carrying different letters in the same row are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test

유의차가 없는 것으로 나타났다. 따라서 이러한 차이는 패류의 지방에 의한 결과보다는 실험에 사용된 패류가 어유와는 달리 복합 식이 성분이므로 이들 성분의 상호 작용으로 나타날 수 있다고 본다.

Oleic acid(18 : 1)비율은 Kim의 연구⁴⁾의 어유첨가 식처럼 고지방+굴과 바지락 첨가군이 함유비율이 다른 실험군에 비해 유의적으로 낮게 나타났다. 한편 C 18 : 0는 일반식이군과 고지방+패류첨가군보다 고지방식이군이 높게 나타났는데 이 지방산은 알코올 섭취로 C18 : 1, C18 : 2ω6과 함께 특이적으로 증가하는 지방산이다²¹⁾. 만성 알코올 섭취는 장기적인 포화지방산 섭취와 마찬가지로 간장 불포화지방산 특히 C16 : 1, C18 : 1, C18 : 2, C20 : 4, C22 : 6 등의 비율을 저하시키는데 이는 본 실험의 고지방식이군의 결과와 유사하게 나타났다. 이는 알코올이 순수한 에너지원으로 1g당 7 kcal를 생성하는데 만성적 알코올섭취는 알코올을 에너지원으로 이용되지 않고 지방합성 경로에 이용되어 고지방을 섭취한 결과를 가져온 듯하다²²⁾.

고도불포화/포화지방산(P/S)의 비율 또한 고지방+패류식이군이 높게 나타났으나 혈장의 비율보다는 낮게

나타났다. 전반적으로 총ω6와 총ω9지방산 비율은 일반식이군과 고지방식이군이 고지방+패류식이군보다 높게 나타났으며 총ω3비율은 고지방+패류식이군이 고지방식이와 일반식이군보다 높게 나타났다(p>0.05).

식이로 특정지방을 급여하면 뇌, 간장, 혈장 등의 조직의 지방산 조성에 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 이와 같은 이행은 지방산 종류마다 체내 각조직마다 특이성이 있어 각기 다른 것으로 알려져 있다. 특히 뇌의 경우 다른 조직에 비해 축적률이 낮은 것으로 알려져 있다³⁾. 그러나 소량의 어유만을 급여하여도 각 조직 특히 이행률이 낮은 뇌에도 축적된다는 연구⁴⁾를 토대로 보면 본 실험의 결과도 불포화지방산의 이행측면에서 어느 정도 부합된 것 같다. 그러나 이와는 반대로 어유를 식이의 9%를 첨가하여도 혈청의 지방산 조성이 일반식이군과 유의차가 없었다는 보고도 있다⁵⁾.

요 약

원료패류 4종을 동결건조 시킨 후 분쇄한 다음 라이드가 20% 함유한 고지방식이에 7%정도 혼합하여 다

른식이군과 동일한 에너지와 질소함량을 갖도록 조절 한 다음 수컷흰쥐에 1 주간의 적응기간후 4 주간 급여 하였다.

4주간의 식이효율은 패류첨가 식이군이 일반식이군 과 고지방식이군보다 높게 나타났으며 패류첨가군이 고 지방식이군에 비해 혈중 중성지방, 총콜레스테롤이 감소하고 HDL콜레스테롤/총콜레스테롤의 비율은 재첩 을 제외한 모든 패류식이군이 높게 나타났다($p < 0.05$). 간기능과 관련된 혈중 GOT, GPT, γ -GTP 등의 효소 활성은 패류첨가군이 고지방식이군보다 감소하여 패류 식이가 고지방식에 의한 체내지질대사치를 어느 정도 저하시키는 것으로 나타났다.

간장의 무게는 모든식이군이 비슷하였으나 총지질 량, 중성지방 및 총콜레스테롤함량은 패류첨가군이 고 지방식이군보다 낮은 함량을 나타내어($p < 0.05$) 패류 성분이 간장내 지질관련물질의 축적을 어느 정도 저하 시키는 것으로 나타났다.

전반적으로 이러한 효과는 특히 굴과 바지락첨가군 이 혼합과 재첩첨가군보다 큰 것으로 나타났으며 혈액 과 간의 지방산 조성은 패류첨가군이 고지방식기와 일 반식이군 보다 고도불포화지방산 함량의 비율이 높고 포화지방산 비율이 낮은 것으로 나타났다.

Literature cited

- 1) John EK. Seafoods and fish oils in human health and disease. *Academic press*. 1987
- 2) Kim KS. Comparison of food composition in the raw, cooked meat and cooked meat extracts of cockle shell. *Bull Korean Fish Soc* 26(2) : 111-119, 1993
- 3) Kim MJ. Effect of DHA and environmental enrichment on brain fatty acid composition and acetylcholinesterase activity, Master's Degree Thesis, Kook Min University, 1994
- 4) Kim EJ. Physiological effects of the taurine supplemented diet on rats fed on the high fat diet compared to spontaneous hypertensive rats, Master's Degree Thesis, Pukyong National University, 1998
- 5) John EK. seafoods and fish oils in human health and disease. Marcel Dekker, Inc. New York and Basel, 1987
- 6) Choi JH. A study on fatty acid pattern in brain and liver tissues of developing chicken embryos, Master's Degree Thesis, Korea University, 1992
- 7) Folch JML, Sloan-Stanley GH. A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissues. *J Biol Chem* 226 : 497-509, 1957
- 8) Lepage G, Roy CC, Direct transesterification of all classes

- of lipid in a one-step reaction. *J Lipid Res* 27 : 114, 1989
- 9) Chee KM, Gang XJ, Rees DMG, Meydani M, Ausman L, Johnson J, Singuel EN, Schaefer E. Fatty acid content of marine oil capsules. *Lipids* 25 : 523, 1990
- 10) Kim YK. Changes in the lipid composition and some enzyme activities in the rat liver as affected by diets. *Korea J Nutr* 6(1) : 15-29, 1973
- 11) Sarwar G, Peace RW, Botting HG. Dietary cysteine/methionine ratios and taurine supplementation : Effect on rat growth, amino acids and bile acids. *Nutrition Research* 11 : 355-365, 1991
- 12) Zimniak P, Radomska A, Lester R, Taurine-conjugated bile acid act as Ca^{2+} ionophores. *Bochemistry* 30 : 8598-8604, 1991
- 13) Hiramatsu N, Kishida T, Natake M. Effect of dietary panthethine level on drug-metabolizing system in the liver of rats orally administered varying amounts of autoxidized linoleate. *J Nutr Sci Vitaminol* 35 : 303-305
- 14) Huxtable RJ. Physiological action of taurine. *Physiological Reviews* 72(1) : 101-162, 1992
- 15) Teruyoshi Y, Noriyuki E, Kyosuke Y. Cholesterol-Lowering effect of agemaki, a kind of shellfish, in mice. *J Nutr Sci Vitaminol* 37 : 311-318, 1991
- 16) Morson LA, Clandinin MT. Diets varying in linoleic and linolenic acid content alter liver plasma membrane lipid composition and glucagon-stimulated adenylate cyclase activity. *J Nutr* 116 : 2355-2364, 1986
- 17) Von Schacky C, Weber PC. Metabolism and effects on platelet function of the purified eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids in humans. *J Clin Invest* 76 : 2446-2453
- 18) Sander TAB, Hinds A. The influence of a fish oil high in docosahexaenoic acid on plasma lipoprotein and vitamin E concentration and haemostatic function in healthy male volunteers. *Br J Nutr* 68 : 163-173, 1992
- 19) Ruitter A, Jongbloed AW, van Gent CM, Danse LHJC, Metz SHM. The influence of dietary mackerel oil on the condition of organs and on blood lipid composition in the young growing pig. *Am J Clin Nutr* 31 : 2159-2166, 1979
- 20) Choi IS. Effect of dietary fish oil and casein on lipid metabolism of plasma and tissues in young chicks. Doctor's Degree Thesis, Sookmyung Women's University, 1988
- 21) Arai M, Gordon ER, Gottlieb LS. The ultrastructure of fatty liver induced by prolonged ethanol ingestion. *Am J Path* 48 : 535-537, 1966
- 22) Ryu SY. Effect of chronic feeding and 2-acethylaminofluorene treatment on hepatic mitochondrial ATPase activity and membrane lipid composition in rats, Master's Degree Thesis, Seoul Woman's University, 1991