

지방의 종류가 다른 식이에 L-카르니틴을 첨가했을 때 흰쥐의 혈청과 간의 지질성분과 항산화계에 미치는 영향*

원 향 례
상지대학교 식품영양학과

Effect of Dietary L-carnitine Supplementation on Serum and Liver Lipid Composition and Antioxidant Defense System in Rats fed with Different Types of Fat

Won, Hyang Rye
Department of Food and Nutrition, Sangji University, Wonju, Korea

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the effects of L-carnitine on the components of serum and liver and the effects on the anti-oxidant system. For this purpose, five experimental groups were setup. For fat source, perilla oil enough with unsaturated fatty acid and beeftallow enough with saturated fatty acid were supplemented together with L-carnitine to the rats. Five experimental groups kept eight Sprague-Dawley rats respectively. They were CO group supplemented with basic diet of AIN-93, PO group supplemented with perilla oil, POC group supplemented with perilla oil and L-carnitine, BT group supplemented with beeftallow, and BTC group supplemented with beeftallow and L-carnitine. The results are. 1) Weight gain, food intake and FER were not different significantly among the experimental groups. 2) Significant difference was observed in serum total lipid($P<0.05$), serum triglyceride($P<0.05$), serum total cholesterol ($P<0.05$) and serum LDL cholesterol($P<0.05$). Serum total lipid and serum triglyceride were significantly low in the groups supplemented with L-carnitine. Serum total cholesterol showed difference with the supplementation of L-carnitine in BTC only. LDL cholesterol showed no significant difference with the supplementation of L-carnitine, but total values of LDL-cholesterol were high in groups supplemented with beeftallow. 3) Total cholesterol in liver was low in POC group with the supplementation of L-carnitine however, there was no difference in BTC group with the supplementation of L-carnitine.

In summary, dietary L-carnitine did not influence the weight gain, food intake and food efficiency ratio among the experimental groups, but had an effect of lowering the serum total lipid and triglyceride significantly in both groups which were supplemented with L-carnitine. The effect of lowering of serum total cholesterol with the supplementation of L-carnitine in beeftallow group(BTC) only. The effect of lowering of liver total cholesterol with the supplementation of L-carnitine in perilla oil group(POC) only.

Key words: L-carnitine, serum lipid, liver lipid, antioxidant system

접수일: 2004년 1월 27일 채택일: 2004년 2월 10일

* 본 연구는 2002년도 상지대학교 교수 논문 연구비 지원에 의해 수행된 것임.

Corresponding Author: Won, Hyang Rye Tel: 82-33-730-0496

Fax: 82-33-730-0403 E-mail: hrwon@mail.sangji.ac.kr

I. 서 론

카르니틴은 포유동물의 세포내에서 장쇄 지방산이 대사되어 에너지를 생성하기 위해 세포질에 있는 장쇄지방산을 미토콘드리아로 운반하는 과정에 관여하며(Diaz et al. 2000; Evangeliou · Vassopoulos 2000; Muller et al. 2002; Singh · Aslam 1998), 지방과산화물의 지표로 알려진 malondialdehyde의 생성을 낮추는 것으로 알려져 있다(Laster · Bohm 2001). 따라서 동맥경화의 시발인자로 알려져 있는 지방과산화물을 감소시키는 효과도 연구 보고되고 있다(Dayanandan et al. 2001; Singh · Aslam 1998). 혈청 콜레스테롤을 낮춘다는 연구결과(Arslan et al. 2003; Bell et al. 1992; Diaz et al. 2000; Maccari et al. 1987; Raymond et al. 1987)와 고콜레스테롤 식이에 카르니틴을 첨가하였을 때 지단백성분과 apolipoprotein의 패턴을 정상으로 회복시킨다는 연구결과도 보고하였다(Bell et al. 1992; Ji et al. 1996; Mondola et al. 1988; Ruggiero et al. 1990). 또한 뇌에서의 acetyl donor로서의 acetyl-L-carnitine은 노화에 의해 변화된 미토콘드리아 세포막의 인지질 성분을 교정시켜 회복시키는 효과를 지닌 phosphate carrier의 활성을 촉진하는 것이 보고하였고(Fernandez et al. 1989; Paradies et al. 1992), 선천적 대사 이상인 사람에

게 축적되는 화학물질들을 제거해 주는 약리작용을 하는 것으로도 알려져 있다(Shill · Young 1994). 그 외에도 비만치료 (Brandsch · Eder 2002; Celik · Ozturkcam 2003; Owen et al. 2001; Xu et al. 2003), 운동효과 증진(Bacurau et al. 2003; Song et al. 2002)에 관한 보고도 있다. 우리나라도 비만 이환율의 증가와 함께 사망원인의 주요 질병으로 알려져 있는 (National Statistical Office 1997) 순환기계 질환이 특히 지방대사와 관련성이 높은 것으로 알려져 있고, 특히 혈청 콜레스테롤 농도의 과다한 증가는 관상동맥질환(coronary artery disease: CAD)과 관련된 위험요인으로 지적되어 왔다(Khor 1997; Willet 1990). 본 연구는 지방의 급원으로 포화지방산이 풍부한 쇠기름과 불포화 지방산이 풍부한 들기름이 급여된 식이에 카르니틴을 첨가하여 구성하고 있는 지방이 다른 식이에 카르니틴을 첨가하였을 때 쥐의 혈청과 간의 지질 성분의 변화와 항산화계에 미치는 효과를 보고자 하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험동물 및 식이

체중 약 250g의 Sprague-Dawley 종 숫컷 흰쥐를 환경조절된 실험동물 사육실 (온도 22±2℃,

Table 1. Composition of experimental diets(g/diet kg)

Goups ¹⁾ Ingredients	CO	PO	POC	BT	BTC
Casein	140.0	140.0	137.0	140.0	137.0
Sucrose	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Soy -oil	40.0	—	—	—	—
Perilla-oil	—	100.0	100.0	—	—
Beefallow	—	—	—	100.0	100.0
Cellulose	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
Mineral mix(AIN-93)	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0
Vitamin mix(AIN-93)	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
L-cystine	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
Choline Chloride	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
THBQ	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
L-carnitine	—	—	3.0	—	3.0
Starch	620.62	560.62	560.62	560.62	560.62
Total	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0

¹⁾ CO:Control group, PO:Perilla-oil supplemented group, POC:Perilla and carnitine supplemented group, BT:Beefallow supplemented group, BTC:Beefallow and carnitine supplemented group

상대습도 65±5%, 조명 06:00 a.m.~06:00 p.m.)에서 stainless-steel wire cage에 한 마리씩 분리 사육 하였으며 실험군은 체중에 따라 각 실험군당 8마리씩 임의 배치하였다. 실험군은 AIN-93 기본 식이를 공급한 대조군과 지방 급원을 식물성이면서 n-3계 지방산의 함량이 많은 들기름과 포화지방산을 많이 함유하고 있는 동물성 지방인 쇠기름 2종류로 하고 여기에 L-카르니틴을 첨가한 군과 무첨가군으로 나누어 모두 5군으로 하였다.

대조군을 제외한 모든 실험군은 식이지방의 함량을 식이중량의 10%로 하였다.

실험군과 실험식은 Table 1 과 같다.

2. 시료 수집 및 분석 방법

4주간 실험식을 급여하고 18시간 절식시킨 후 ether로 마취하여 경동맥혈을 채취하였고, 채취한 혈액은 냉장고에서 하루 동안 방치한 후 3000rpm에서 20분간 원심분리하여 혈청을 분리한 후 HDL-cholesterol을 즉시 분석하였고 다른 지질성분은 분석 전까지 -70℃에서 냉동보관하였다. 혈청과 간의 총지질, 중성지질, 총콜레스테롤 농도는 Fringe과 Dunn(1970)의 방법, Biggs 등(1975)의 방법, Zlatkis와 Zak(1969)의 방법을 사용하였고 혈청의 HDL-cholesterol 농도는 효소법을 이용한 kit(영동제약)를 사용하였다. 혈청 LDL-cholesterol은 Friedwalt식(1972)을 이용하여 산출하였다. 간의 microsome에서의 TBA(thiobarbituric acid reactive substance)측정은 Ohkawa 등(1979)의 방법으로 측정하였고, 간의 cytosol에서의 glutathione peroxidase(GPx)의 활성도는 Levander 등(1983)의 방법으로 측정하였다.

3. 통계분석

실험결과는 SAS Program을 이용하여 평균±표준오차로 나타내었으며 군 간의 차이를 ANOVA test와 Duncan's multiple range test에 의해 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 최종체중, 체중증가량, 식이섭취량 및 사료 효율

실험식이 섭취에 따른 최종체중, 체중증가량, 식이섭취량 및 식이효율은 Table 2와 같다.

실험군에 따라 체중 증가량, 식이 섭취량과 식이효율(FER)은 차이가 없는 것으로 나타났다. 카르니틴 첨가와 체중과의 관련성을 보고한 몇몇 연구를 보면 Owen 등(2001)은 수유기, 성장기, 성장완료기의 돼지에게 카르니틴을 첨가한 식이를 급여하였는데 체중증가량은 차이가 없다고 하였다. Celik 등(2003)은 브로일러 닭에 카르니틴을 음용수로 공급하였을 때 공급 첫 3주째 식이섭취량이 증가하였으나 4주째부터는 차이가 없다고 보고하였고, Celik과 Ozturkcan(2003)은 고온(34-36℃)의 사육조건에서 브로일러 닭에게 L-카르니틴을 공급하였을 때는 증체량이 증가하였으나 중간온도 (20-22℃)의 사육조건에서는 카르니틴 첨가가 증체량을 감소시켰다고 보고하고 사육 온도에 따른 체중증가의 변화를 보고하고 있다. Torreale 등(1993)은 catfish에 카르니틴을 급여하였을 때 사료효율이 높았는데 이는 카르니틴이 단백질 절약작용을 촉진시킨 결과라고 보고하고 있다. Barker와 Sell(1994)은 브로일러 닭과 어린 칠면조에 저지방식과 고지방식에 카르니틴을 첨

Table 2. Final body weight, weight gain, food intake and FER

Groups	Final body weight(g)	Weight gain(g)	food intake(g)	FER ¹⁾
CO	316.0±24.1 ²⁾	70.4±27.7	438.9±46.8 ³⁾	0.16±0.02
PO	303.5±25.2	52.0±32.3	412.0±43.2 ^a	0.12±0.04
POC	298.9±36.8	47.3±29.6	376.4±44.5 ^{ab}	0.12±0.02
BT	296.9±26.1	44.4±23.0	342.4±90.2 ^b	0.12±0.02
BTC	297.7±24.7	46.0±28.1	432.0±65.6 ^a	0.10±0.02

¹⁾ FER : weight gain/food intake

²⁾ Mean± SE

³⁾ Values with different superscript are significantly different at P<0.05

가하였으나 체중 증가도 사료효율도 아무런 차이가 없었음을 보고하였다. 본 연구와 위에서 살펴본 연구에서의 결과를 관련지어 살펴보면 실험에 사용된 동물의 종, 나이, 공급된 식이성분, 공급된 카르니틴의 양, 사육환경 조건등이 다양하기 때문에 사양실험의 결과도 다양한 것으로 여겨진다.

2. 혈청중의 지질조성

혈청중의 총지방, 중성지방, 총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, LDL-콜레스테롤 농도는 Table 3과 같다.

혈청중의 총지방, 중성지방, 총 콜레스테롤, LDL 콜레스테롤 농도가 실험군간 유의한 차 ($p<0.05$)가 있는 것으로 나타났다. 총지방은 들기름군과 쇠기름군 모두 카르니틴 첨가에 따라 낮아지는 결과를 보여주고 있고($p<0.05$), 혈청 중성지방도 들기름군과 쇠기름군 모두 카르니틴 첨가에 따라 낮아지는 결과를 보여주고 있다 ($p<0.05$). 총 콜레스테롤은 들기름군에서는 카르니틴 첨가에 따른 차이가 없는 것으로 나타났고 쇠기름군에서 카르니틴 첨가에 따라 감소한 결과가 나타났다($p<0.05$). LDL 콜레스테롤은 카르니틴 첨가에 따른 유의성은 없었으나 전체적으로 들기름군보다 쇠기름군이 높게 나타났다($P<0.05$). HDL 콜레스테롤은 실험군간 유의차를 보이지 않았다. Arsalin 등(2003)은 carnitine chlorhydrate를 오리에게 음용수로 (0~200mg/L) 공급시 혈청 콜레스테롤, 총지방, 중성지방은 변화가 없었으나 복부지방의 전체 포화지방산의 함량은 유의하게 감소했다고 하였다.

Lien과 Horng(2001)은 브로일러 닭에 0~16mg/

kg diet을 6주간 공급한 결과 혈청 중성지방과 비에스테르화 지방산 (nonesterified fatty acid)는 감소했고 혈청 콜레스테롤, 인지질, 지단백 패턴은 차이가 없었다고 보고하였다. 또한 전체적인 carnitine palmitoyl- transferase 활성이 카르니틴 공급군에서 높은 것은 카르니틴 공급이 지방산 이동에는 영향을 끼치나 지방산 기능, 체성분에는 영향을 끼치지 못한 결과로 해석하였다. Diaz 등(2000)은 고지방식에 카르니틴을 급여하였을 때의 콜레스테롤 저하효과가 있었음을 보고하면서 이는 카르니틴이 VLDL 과 LDL의 phospholipid로서의 구조를 안정화시키는 콜레스테릴에스터 (cholesteryl ester)를 파괴시키는 것과 관련성이 있다고 보고하였다.

이러한 연구 결과들은 본 연구에서 혈청 중성지방과 혈청 총 콜레스테롤이 감소한 결과와 일치하고 있었다. Bell 등(1992)은 토끼에게 L-카르니틴 40mg/kg diet/day을 21일간 공급한 결과 혈청 콜레스테롤과 VLDL이 유의하게 감소하였고 HDL 과 LDL, IDL의 단백질이 증가하였다고 하였다. Raymond 등(1987)은 유전적으로 고지혈증이 있는 토끼에 카르니틴을 공급하였을 때 혈청의 VLDL과 HDL이 감소하였고 VLDL과 LDL에서 중성지방은 감소하고 단백질과 인지질은 증가하였으나 카르니틴 첨가가 지질의 전기적인 이동성과 apolipoprotein 구성을 바꾸지 못했고 이는 카르니틴이 가족력이 있는 고지혈증 동물 모델에서 지단백의 지질성분을 조절할 수 있는 능력이 있음을 시사해주고 있다고 보고하였다.

본 연구에서 카르니틴 급여가 포화지방산 급여군(쇠기름)과 불포화지방산 급여군(들기름) 모

Table 3. Concentrations of serum total lipid, triglyceride, total cholesterol, HDL-cholesterol and LDL-cholesterol

Groups	Total lipid (mg/dL)	Triglyceride (mg/dL)	Cholesterol(mg/dL)		
			Total	HDL	LDL ¹⁾
CO	245.1±25.9 ²⁾	66.0±10.3 ^b	73.6± 9.7 ^b	32.2±8.8	18.1±4.2 ^b
PO	242.3±34.0 ^a	63.7±17.3 ^b	76.4±10.7 ^b	35.2±7.2	14.2±3.6 ^b
POC	200.8±43.8 ^b	48.0± 8.8 ^c	70.4±11.5 ^b	36.2±9.6	19.1±4.9 ^b
BT	258.9±43.9 ^a	82.5±17.9 ^a	94.5±15.2 ^a	32.4±5.8	26.2±5.6 ^a
BTC	235.7±26.9 ^b	60.7±21.7 ^{bc}	74.2±10.5 ^b	34.2±5.0	26.2±6.2 ^{ab}

All values are mean±SE

¹⁾ LDL · cholesterol : total cholesterol - HDL cholesterol - TG/5

²⁾ Values with different superscript are significantly different at P<0.05

두에서 혈청 총지방을 낮추는 효과가 유의하게 나타났고(p<0.05), 중성지방을 낮추는 효과도 포화지방산 급여군(쇠기름)과 불포화지방산 급여군(들기름) 모두 있는 것으로 나타났다(p<0.05). 카르니틴 급여가 혈청 총콜레스테롤을 낮추는 효과는 포화지방산 급여군(쇠기름)에서만 나타났고, 실험군 간의 혈청 LDL 콜레스테롤 농도 차이는 카르니틴의 첨가 효과보다는 지방산의 종류에 의한 결과로 해석된다. 따라서 본 연구에서는 카르니틴 급여의 효과는 혈청 콜레스테롤 저하 보다는 혈청 총지방과 중성지방 저하에 더 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다.

3. 간의 총지방, 중성지방, 총 콜레스테롤, TBARS(thiobarbituric acid reactive substance) 수준과 GSM-Px(glutathione peroxidase)의 활성

간의 총지방, 중성지방, 총 콜레스테롤, TBARS(thiobarbituric acid reactive substance)수준과 GSM-Px(glutathione peroxidase)의 활성은 Table 4와 같다.

간의 총지방, 중성지방의 농도는 실험군 간의 차이가 없었으나, 총콜레스테롤은 들기름과 카르니틴을 공급한 군(POC)에서 유의하게 낮게 나타났다(P<0.05). TBARS 수준과 GSH-Px의 활성은 차이를 보이지 않았다.

Bell 등(1992)은 토끼에게 L-카르니틴을 공급한 결과 in vitro에서의 간조직의 지방 생합성을 측정할 결과 [¹⁴C]Oleate가 간의 인지질로의 유입율이 35% 증가하였고 [¹⁴C]콜레스테롤이 [¹⁴C]mevalonate에서 파생된 [¹⁴C]squalene 유도체로의

유입이 2배 증가하였고 이는 카르니틴 첨가에 따라서 혈청지질, 지단백질, 간지방의 합성 비율이 변화할 수 있음을 보고하였다. 간의 총 콜레스테롤 함량은 카르니틴 첨가에 따라 전체적으로 들기름군에서는 낮게 나타났으나(p<0.05), 쇠기름군에서는 카르니틴 첨가에 따른 차이가 없으므로 나타났다. 총지방, 중성지방, TBARS 수준, GSH-Px 활성도 실험군 간의 차이가 없는 것으로 나타났다. Owen 등(2001)은 카르니틴 첨가에 따라 간세포의 지방 산화물이 증가하여 간의 총지방의 양이 감소한다고 하였고, Bell 등(1992)은 콜레스테롤이 squalene 유도체의 합성을 위한 사용이 증가되어 카르니틴 첨가가 간지방의 합성비율을 변화시킬 수 있다고 하였다. 또한 Maccari 등(1987)은 카르니틴 첨가가 간에서 지방의 β-산화 촉진시켜 VLDL의 생성(즉 중성지방)을 낮춘다고 보고하였다.

Loster와 Bohm(2001)은 L-카르니틴을 식이에 첨가했을 때 분리해낸 쥐 심장에서 malondialdehyde의 형성이 낮음을 보고하였다. 본 연구에서는 위에서 고찰한 문헌들과 비교하여 볼 때 콜레스테롤에 대한 내용은 일치하였으나 총지방, 중성지방의 경우는 유의차는 보이지 않았다.

IV. 결론 및 요약

지방의 급원으로 포화지방산이 풍부한 쇠기름과 불포화지방산이 풍부한 들기름이 공급된 식이에 카르니틴을 첨가하여 쥐의 혈청과 간의 지질 성분과 항산화계에 미치는 효과를 보고자 개시체 중 약 250g 되는 Sprague-Dawley 중 수컷 흰쥐를

Table 4. Concentration of liver total lipid, triglyceride, total cholesterol, TBARS and GSH-Px activity

Groups	Total lipid (mg/g of wet liver)	Triglyceride (mg/g of wet liver)	Total cholesterol (mg/g of wet liver)	TBARS (mg/g of wet liver)	GSH-Px (nmol/NADPH, min/mg protein)
CO	73.2±9.3	28.2±3.9	17.6±3.1 ^{ab1)}	7.26±0.86	7.40±0.61
PO	76.2±6.2	31.6±5.0	18.7±3.3 ^a	7.46±0.70	7.68±0.71
POC	78.0±4.5	30.2±7.3	17.0±1.3 ^b	7.02±0.72	7.24±0.91
BT	79.7±7.8	33.0±6.4	18.7±1.4 ^a	6.86±0.43	7.16±0.80
BTC	76.9±5.4	32.7±4.9	19.7±1.9 ^a	6.17±0.69	7.04±0.76

All values are expressed as mean±SE

¹⁾ Values with different superscript are significantly different at P<0.05

8마리씩 5군으로 나누었다. 실험군은 AIN-93 기본식을 공급한 대조군(CO), 들기름을 공급한 군(PO), 들기름에 카르니틴을 공급한 군(POC), 쇠기름을 공급한 군(BT)과 쇠기름에 카르니틴을 공급한 군(BTC)로 나누어 실험식으로 4주간 사육하였다.

그 결과는 다음과 같다.

1. 증체량, 식이섭취량과 식이 효율은 실험군 간의 차이가 없는 것으로 나타났다.
2. 혈청의 총지방, 중성지방, 총콜레스테롤, LDL 콜레스테롤 농도가 유의성이 있는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 혈청 총지방과 중성지방, 들기름군과 쇠기름군 모두에서 카르니틴을 공급했을 때 유의하게 낮게 나타났다($P < 0.05$). 혈청 총콜레스테롤은 카르니틴 첨가에 따른 효과가 쇠기름군에서만 나타났다($P < 0.05$). LDL 콜레스테롤은 카르니틴 첨가에 따른 유의성은 없었으나 전체적인 수치는 쇠기름군이 들기름군보다 높은 경향을 나타냈다($P < 0.05$).
3. 간의 총 콜레스테롤 함량은 카르니틴 첨가에 따라 들기름군에서는 효과가 나타났으나 쇠기름군에서는 카르니틴 첨가에 따른 차이가 없는 것으로 나타났다.

이상의 결과를 요약하면 카르니틴을 식이에 첨가하는 것이 쇠기름군과 들기름군 모두에서 혈청 총지방과 혈청 중성지방을 낮추는 효과가 있었으나 혈청 총콜레스테롤을 낮추는 효과는 쇠기름군에서만 나타났다. 간의 총콜레스테롤을 낮추는 효과는 들기름군에서만 나타났다.

참고문헌

- Arslan C, Citi M and Saatci M (2003). Effects of L-carnitine administration on growth performance, carcass traits, blood serum parameters and abdominal fatty acid composition of ducks. *Arch Tierernahr* 5n(5), 381-388.
- Bacurau RF, Navarro F, Bassit RA, Meneguello MO, Santos RV, Almeida AL and Costa Rosa LF (2003). Does exercise training interfere with the effects of L-carnitine supplementation? *Nutrition* 19(4), 337-341.
- Barker DL and Sell JL (1944). Dietary carnitine did not influence performance and carcass composition of broiler chickens and young turkey fed low-or high- fat diets. *Poult Sci* 73(2), 281-287.
- Bell FP, Vidmar TJ and Raymond TL (1992). L-carnitine administration and withdrawal affect plasma and hepatic carnitine concentration, plasma lipid and lipoprotein composition, and in vitro hepatic lipogenesis from labeled mevalonate and oleate in normal rabbits. *J Nutr* 122(4), 959-966.
- Biggs HG, Gricson MJ and Wells RM (1975). A manual colorimetric assay of triglycerides in serum. *Clin Chem* 21, 437-441.
- Brandsch C and Eder K (2002). Effect of L-carnitine on weight loss and body composition of rats fed a hypocaloric diet. *Ann Nutr Metab* 46(5), 205-210.
- Celik L and Ozturkcan O (2003). Effects of dietary supplemental L-carnitine and ascorbic acid on performance, carcass composition and plasma L-carnitine concentration of broiler chicks reared under different temperature. *Arch Tierernahr* 57(1), 27-38.
- Celik L, Ozturkcan O, Inal TC, Canacankatan N and Kayrin L (2003). Effects of L-carnitine and niacin supplied by drinking water on fattening performance, carcass quality and plasma L-carnitine concentration of broiler chicks. *Arch Tierernahr* 57(2), 127-136.
- Dayanandan A, Kumar P and Panneerselvam C (2001). Protective role of L-carnitine on liver and heart lipid peroxidation in atherosclerotic rats. *J Nutr Biochem*. 12(5), 254-257.
- Diaz M, Lopez F, Hernandez F and Urbina JA (2000). L-carnitine effects on chemical composition of plasma lipoproteins of rabbits fed with normal and high cholesterol diets. *Lipids* 35(6), 627-632
- Evangelidou A and Vlassopoulos D (2003). Carnitine metabolism and deficit-when supplementation is necessary? *Curr Pharm Biotechnol* 4(3), 211-219.
- Fernandez E, Pallini R, Gangitano C, Del Fa A, Sangiacomo CO, Sbriccoli A, Ricoy JR and Rossi GF(1989). Effects of L-carnitine, L-acetylcarnitine and gangliosides on the regeneration of the transected sciatic nerve in rats. *Neurol Res* 11(1), 57-62.
- Friewald Wi, Levy RI and Fredrisko DS (1972). Estimation of the concentration of low density lipoprotein cholesterol with use of the preparation ultracentrifuge *Clin Chem* 18, 499-502.
- Fringe CS and Dunn RT (1970). A colorimetric method for determination of total serum lipids based in the sulfphosovanailin reaction. *Am J Clin Pathol* 53, 89-91.
- Ji H, Bradley TM and Tremblay GC (1996). Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed L-carnitine exhibit

- altered intermediary metabolism and reduced tissue lipid, but no change in growth rate. *J Nutr* 126(8), 1937-1950.
- Khor GR (1997). Nutrition and cardiovascular disease. *J Clin Nutr* 6, 122-124.
- Levender OA, Oeloch DP, Moprris VC and Moser PB (1983). Platelet glutathione peroxidase activity as an index of selenium status in rats. *J Nutr* 113, 55-63.
- Lien TF and Horng YM (2001). The effect of supplementary dietary L-carnitine on the growth performance, serum components, carcass traits and enzyme activities in relation to fatty acid beta-oxidation on broiler chickens. *Br Poult Sci* 42(1), 92-95.
- Loster H and Bohm U (2001). L-carnitine reduces malondialdehyde concentrations in isolated rat hearts in dependence on perfusion conditions. *Mol Cell Biochem* 217(1-2), 83-90.
- Maccari F, Arseni A, Chiodi P, Ramacci MT, Angelucci L and Hulsman WC (1987). L-carnitine effect on plasma lipoproteins of hyperlipidemic fat-loaded rats. *Lipids* 22(12), 1005-1008.
- Mondola P, Belfiore A, Santangelo F, and Santillo M (1988). The effect of L-carnitine on the apolipoprotein pattern of rats fed a cholesterol-rich diet. *Comp Biochem Physiol B* 89(1), 69-73.
- Muller DM, Seim H, Kiess W, Loster H and Richter T (2002). Effects of oral L-carnitine supplementation on in vivo long-chain fatty acid oxidation in healthy adults. *Metabolism* 51(11), 1389-1391.
- National Statistical Office (1997). Annual report of the cause of death statistics, Seoul
- Ohkawa H, Ohish N and Yagi K (1979). Assay for lipid peroxide in animal tissue by thiobabutaric acid reaction. *Anal Biochem* 95, 351-353.
- Owen KQ, Nelssen JL, Goodband RD, Tokach MD and Friesen KG (2001). Effect of dietary L-carnitine on growth performance and in nusery and growing finishing pigs. *J Anim Sci* 79(6), 1509-1515.
- Owen KQ, Jit H, Maxwell CV, Nelssen JL, Goodband RD, Tokach MD, Tremblay GC and Koo SI (2001). Dietary L-carnitine suppresses mitochondrial branched-chain keto acid dehydrogenase activity and enhance protein accretion and carcass characteristics of swine. *J Anim Sci* 79(12), 3104-3112.
- Paradies G, Ruggiero FM, Gadaleta MN and Quagliariello E (1992). The effect of aging and acetyl-L-carnitine on the activity of the phosphate carrier and on the phospholipid composition in rat heart mitochondria. *Biochem Biophys Acta* 103(2), 324-326.
- Raymond TL Ryenolds SA, Swanson JA, Pantnode CA and Bell FP (1987). The effect of oral L-carnitine on lipoprotein composition in the Watanabe Heritable Hyperlipidemic "Rabbit (*Oryctolagus cuniculus*). *Comp Biochem Physiol A* 88(3), 503-506.
- Ruggiero FM, Cagagna F, Godaleta MN and Quagliariello E. (1990). Effect of aging and acetyl-L-carnitine on the lipid composition of rat plasma and erythrocytes. *Biochem Biophys Res Commun* 170(2), 621-626.
- Shills ME and Young VR (1994). Modern nutrition in health and disease, 18th ed, Singh R.B. and Aslam M. (1998). L-carnitine administration in coronary artery disease and cardiomyopathy. *J Assoc Physicians India* 46(9), 801-805.
- Song YJ, Han DS, Oh SW, Paik HY and Park TS (2002). Effect of dietary supplementation of *Eleutherococcys Senticosus*, taurine and carnitine on endurance exercise performance in rats. *The Korean J Nutr* 35(8), 825-833.
- Torreele E, van der Sluszen A and Verreth J (1993). The effect of dietary L-carnitine on the growth performance in fingerlings of the African catfish (*Clarias gariepinus*) in relation to dietary lipid. *Br J Nutr* 69(1), 289-299.
- Villani RG, Gannon J, Self M and Rich PA (2000). L-carnitine supplementation combined with aerobic training does not promote weight loss in moderately obese women. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 10(2), 199-207.
- Willet W (1990). *Nutritional Epidemiology*, New York, Oxford University Press
- Zlatkis and Zak BA (1969) A study of a new cholesterol reagent. *Anal. Biochem* 29, 143-145.