

레시틴섭취가 고지방 식이를 섭취한 흰쥐의 지방대사와 항산화능에 미치는 영향*

양수영¹⁾ · 홍소영¹⁾ · 성미경²⁾ · 강명희³⁾ · 김미경^{1)§}

이화여자대학교 식품영양학과,¹⁾ 숙명여자대학교 식품영양학과,²⁾ 한남대학교 식품영양학과³⁾

Effect of Lecithin Intake on Lipid Metabolism and Antioxidative Capacity in Rats Fed High Fat Diet*

Yang, Su Young¹⁾ · Hong, Soyoun¹⁾ · Sung, Mi-Kyung²⁾ · Kang, Myung-Hee³⁾ · Kim, Mi Kyung^{1) §}

Department of Food & Nutritional Sciences,¹⁾ Ewha Womans University, Seoul 120-750, Korea

Department of Food & Nutrition,²⁾ Sooknyung Womans University, Seoul 140-742, Korea

Department of Food & Nutrition,³⁾ Hannam University, Daejeon 306-792, Korea

ABSTRACT

This study was performed to investigate the effect of lecithin on lipid metabolism and antioxidative capacity in 9-week-old rats. Forty-five male Sprague-Dawley rats weighing 249.8 g were blocked into three groups according to their body weight and raised for 8 weeks with experimental diets containing 1% (LM) or 5% lecithin (LH) and control (C) diet. Plasma and liver total lipids, triglyceride, total cholesterol and plasma HDL-cholesterol concentrations, and fecal total lipids, triglyceride, total cholesterol and bile acid excretions were measured. Malondialdehyde (MDA) levels in plasma, liver, superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and glutathione peroxidase (GSH-Px) activities in red blood cell and liver, xanthine oxidase (XO) activities in plasma and liver, and total antioxidant status (TAS) in plasma were also measured. Effect of lecithin intake on antioxidative capacity was not significantly different among all the groups. Plasma total lipids, triglyceride and total cholesterol levels were lower in lecithin groups compared to control group, and these three lipid levels of lecithin groups were lowered dose-dependently as dietary lecithin level increased. But liver total lipids, triglyceride and total cholesterol levels were not different among all the groups. Also fecal total lipids, triglyceride and total cholesterol excretions were highest in high lecithin groups compared to two other groups. Thus it is plausible that lecithin intake decreases plasma lipid levels through increasing fecal lipid excretions, and may be beneficial for treatment and prevention of hyperlipidemia, but has no effect on antioxidative capacity. (*Korean J Nutr* 2007; 40(4): 312~319)

KEY WORDS : lecithin, antioxidative capacity, lipid metabolism.

서론

레시틴은 인체의 신진대사와 직접적으로 관계된 세포막의 주요구성 성분으로 영양소의 흡수 및 배설 등 기초대사에 관여하고, 신경전달물질인 아세틸콜린을 만들어 두뇌활동에

도움을 준다. 또한 항산화작용 및 노화예방에 효과가 있다고 하여 기능성식품으로 활용되고 있다.¹⁾ 레시틴은 화학적으로 phosphatidylcholine이며, 소장, 주로 십이지장과 공장 상부의 점막세포에서 흡수된다. 레시틴은 췌장효소인 phospholipase에 의해 소화되고 lysophosphatidyl-choline (lysolecithin)을 생성한다. Lysolecithin은 장 점막세포에서 reacylation에 의하여 레시틴을 재형성한 후 혈액에서 VLDL (very-low-density lipoproteins)과 LDL (low-density lipoproteins), HDL (high-density lipoproteins)을 포함한 다양한 지단백질을 구성하고 세포막을 형성하는 등 인체의 여러 조직에서 이용된다.²⁾

여러 동물실험을 통하여 레시틴이 소장에서의 콜레스테롤의 흡수를 저해시킴으로써 콜레스테롤 농도를 낮추어 관상

접수일 : 2007년 4월 19일

채택일 : 2007년 6월 10일

*This work was supported by grants from 2004 KFDA 'Re-evaluation of Functionality for Antioxidant Health Foods Listed in Korean Food Codex' and the second stage of Brain Korea 21 project in 2006.

§To whom correspondence should be addressed.

E-mail : mkk@ewha.ac.kr

동맥질환 등을 개선할 수 있음이 시사되었다.³⁻⁵⁾ 또 고콜레스테롤 식이로 동맥경화를 유도한 후 달걀 lecithin을 300 mg/kg body weight로 10일간 48마리의 토끼에게 급여하였을 때 조직 중의 콜레스테롤 함량이 대조군에 비해 48% 감소하여 lecithin이 HDL (high-density lipoproteins)을 증가시키고 동맥경화 치료에 효과가 있다고 보고하였다.⁶⁾ 또한 여러 임상 실험에서는 대두 lecithin 분말이 정상인의 혈중 콜레스테롤을 감소시켜 혈류의 흐름을 원활히 하는데 도움을 주는 것으로 보고되기도 하였다.^{7,8)} 위의 결과들은 레시틴이 콜레스테롤의 개선에 도움을 주며 혈행 개선 작용의 가능성을 시사하지만 구체적인 콜레스테롤 농도 감소 기전에 대한 연구가 필요하다고 본다.

레시틴의 항산화 작용에 대한 연구결과로는 대두 레시틴을 섭취했을 때 조직의 SOD활성을 증가시키고, MDA의 농도를 감소시킨다는 보고가 있다.⁹⁾ 이외에 레시틴에 항산화 작용에 대한 연구가 적극적으로 이루어지지 않고 있다.

따라서 본 연구에서는 레시틴의 항산화능과 더불어 레시틴이 흰쥐의 지방대사에 미치는 영향을 알아보기 위하여 9개월 된 Sprague-Dawley 종의 수컷 흰쥐를 대상으로 고지방 식이 (총 열량의 40%)에 식이 무게의 1% 또는 5% 레시틴을 첨가하여 8주간 섭취시킨 후 혈장과 간의 총 지방, 총콜레스테롤, 중성지방의 농도와 혈장의 HDL-콜레스테롤 농도, 변

의 총 지방, 총콜레스테롤과 중성지방 및 담즙산의 배설량, 지방흡수율을 측정하여 레시틴이 흰쥐의 지방대사에 미치는 영향을 살펴보았다. 아울러 간과 혈장의 malondialdehyde (MDA) 농도와 xanthine oxidase (XO)의 활성, 간과 적혈구에서 superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), 및 glutathione peroxidase (GSH-Px)의 활성을 측정하고, 혈장의 total antioxidant status (TAS) 수준을 측정하여 항산화능을 알아보았다.

재료 및 방법

실험동물의 사육 및 식이

실험동물은 생후 9주된 Sprague-Dawley 중 수컷 45마리를 대상으로 하였다. 실험동물은 중앙실험동물에서 공급받아 1주일 간 고형배합사료 (조단백질 22.0% 이상, 조지방 3.5% 이상, 조섬유 5.0% 이하, 회분 8.0% 이하)로 적응시킨 후 한 군당 15마리씩 무작위 배정을 통해 15마리씩 3군으로 분류하여 한 마리씩 stainless steel case에서 8주간 사육하였고, 식이와 물은 자유롭게 먹도록 하였다. 사육실은 온도 22~24℃, 습도는 45% 내외로 유지 시켰으며 lighting cycle은 12시간 주기로 일정하게 하였다.

실험에 사용한 식이의 구성 성분은 Table 1과 같다. AIN-

Table 1. Compositions of experimental diets

Ingredients	Group	Group		
		C	LM	LH
Cornstarch	(g/100 g diet)	29.0586	28.9186	28.3486
Casein (> 85% protein)	(g/100 g diet)	23	23	23
Dextrinized cornstarch (90 - 94% tetrasaccharides)	(g/100 g diet)	9	9	9
Sucrose	(g/100 g diet)	7	6.95	6.76
Corn oil	(g/100 g diet)	13	12	8
Soybean oil	(g/100 g diet)	7	7	7
Lecithin	(g/100 g diet)	-	1.19	5.95
Fiber	(g/100 g diet)	6	6	6
Mineral mix (AIN-93MX) ²⁾	(g/100 g diet)	4.1	4.1	4.1
Vitamin mix (AIN-93VX) ³⁾	(g/100 g diet)	1.2	1.2	1.2
L-cystine	(g/100 g diet)	0.35	0.35	0.35
Choline bitartrate (41.1% choline)	(g/100 g diet)	0.29	0.29	0.29
Tert-butylhydroquinone	(g/100 g diet)	0.0014	0.0014	0.0014
Total		100	100	100
Total calorie (kcal)		437.2	435.8	430.4
Carbohydrates (% as calorie)		39.6	39.6	39.5
Protein (% as calorie)		19.1	19.2	19.4
Fat (% as calorie)		41.1	41.1	41.0

1) control: high fat control diet group, LM: high fat 1% lecithin diet group, LH: high fat 5% lecithin diet group, 2) Mineral mix (AIN-93mix) (g/kg mixture): Calcium carbonate anhydrous 357, Potassium phosphate monobasic 196, Potassium citrate, tripotassium monohydrate 70.78, Sodiumchloride 74, Potassium sulfate 46.6, Magnesium oxide 24, Ferric citrate 6.06, Zinc carbonate 1.65, Sodium metasilicate · 9H₂O 1.45, Manganous carbonate 0.63, Cupric carbonate 0.3, Chromium potassium sulfate · 12H₂O 0.275, Boric acid 81.5, Sodium fluoride 63.5, Nickel carbonate 31.8, Lithium chloride 17.4, Sodium selenate anhydrous 10.25, potassium iodate 10, Ammonium paramolybdate · 4H₂O 7.95, Ammonium vanadate 6.6, Powdered sucrose 221.026, 3) Vitamin mix (AIN-93mix) (g/kg mixture): Nicotinic acid 3.000, Ca-pantothenate 1.600, Pyridoxine-HCL 0.7, Thiamin-HCL 0.6, Riboflavin 0.6, Folic acid 0.2, Biotin 0.02, Vitamin B-12 (cyanocobalamin) 2.5, Vitamin E (all-rac- α -tocopheryl acetate) 15, Vitamin A (all-trans-retinyl palmitate) 0.8, Vitamin D-3 (cholecalciferol) 1.25, Vitamin K-1 (phyloquinone) 0.075, Powdered sucrose 974.655

93G diet¹⁰⁾를 기본으로 식이의 탄수화물의 급원으로는 옥수수 전분 (corn starch), 지방의 급원으로는 대두유 (soybean oil)와 옥수수유 (corn oil)를 사용하였다. 단백질 급원으로는 casein을 식이무게의 23% 수준으로 사용하였고 무기질과 비타민은 AIN-93G mixture를 각각 식이의 4.1%와 1.2% 수준으로 섞어 공급하였다. 대조군의 식이는 지방이 총 열량의 40%를 함유하도록 하였고, 실험군은 총 식이 무게의 1% (이하 LM)과 5% (이하 LH)를 지방에서 순도 97% 대두레시틴 (Centrox Fs-Tn 6452, Solae Co.)으로 대체한 식이를 8주 간 공급하였다.

변과 혈액 및 장기의 채취

실험동물을 희생하기 8일 전부터 12시간씩 2회에 걸쳐 24시간 동안의 변을 채취하였고, 채취한 변은 무게를 측정 후 -20°C에 냉동보관 하였다.

사육기간이 종료된 동물들을 12시간 절식 시킨 후 diethyl ether로 마취 시켜 개복한 후 10 ml 주사기를 이용하여 심장에서 혈액을 채취하였다. 이때 주사기는 혈액 응고를 방지하기 위하여 3.8% sodium citrate 용액 0.1 ml로 내부를 코팅한 것을 사용하였다. 3.8% sodium citrate 용액 0.1 ml로 내부를 coating한 주사기로 채취한 혈액은 응고되는 것을 방지하기 위해서 EDTA (ethylene diamine tetraacetic acid)가 들어 있는 polystyrene 원심분리관에 담아 ice bath에서 20분간 방치 시킨 후 원심분리기 (Union 32R centrifuge, Hanil, Korea)로 2,800 rpm, 4°C에서 30분간 원심분리하여 아래층의 적혈구와 위층의 혈장을 분리하고 혈장은 -70°C deep freezer에 보관 하였다.

간과 신장은 혈액을 채취한 후 즉시 ice bath 위에서 떼어 내어 ice cold saline에 넣어 세척한 다음 여지로 물기를 제거한 후, 무게를 정확히 측정하고 이것을 바로 -70°C deep freezer에 보관하여 효소활성 측정과 지방함량 분석에 사용하였다. 그 외 신장주변 지방과 부고환 지방을 떼어서 무게를 측정하였다.

생화학적 분석

지방대사

혈장, 간 및 변의 지질 농도, 혈장의 총 지방 농도는 Frings¹¹⁾법으로 측정하였으며, 혈장의 중성지방 농도는 glycerol-3-phosphate oxidase (GOP)-PAP법¹²⁻¹⁴⁾을 이용한 kit (영동제약)로 spectrophotometer (Genesys 10, USA)로 546 nm에서 측정하였다. 혈장의 콜레스테롤 농도는 효소법¹⁵⁻¹⁷⁾을 이용한 kit (영동제약)을 이용하여 spectrophotometer (Genesys 10, USA)로 500 nm에서 비색 정량

하였고, HDL-콜레스테롤 농도는 LDL-콜레스테롤 및 VLDL-콜레스테롤을 침전시킨 후 효소법¹⁸⁾으로 HDL-콜레스테롤의 농도를 측정하는 kit (아산제약)로 500 nm에서 비색정량 (Genesys 10, USA)하였다.

간과 변의 총 지방 농도는 Bligh와 Dyer¹⁹⁾법으로 총지방을 추출하여 건조시킨 후 무게를 재어 정량했다. 간과 변의 중성지방과 콜레스테롤 농도는 위에서 추출한 총 지방을 methanol로 녹여 혈장에서와 같은 방법으로 Kit를 이용하여 측정하였다.

변 중 bile acid 배설량 및 지방 흡수율. 담즙산의 배설량은 Porter 등²⁰⁾의 효소 법을 이용하여 변에서 측정하였으며, 측정된 standards의 흡광도와 reagent blank 흡광도의 차이와 sample 흡광도와 sample blank의 흡광도 차이를 이용하여 standard curve로부터 bile acid의 농도를 얻었다. methanol 추출물 3 ml안에 들어 있는 bile acid 양은 동결 건조한 100 mg의 변에 있는 양이고, 일일 bile acid의 배설량은 cholic acid의 409 kD (409,000)의 분자량과 총 동결 건조 한 변무게를 사용하여 얻는다. 또 식이 지방 섭취와 변의 지방 배설량을 통하여 지방흡수율을 알아보았다.

항산화능

지질과산화물 malondialdehyde (MDA)농도. MDA 측정은 EDTA (ethylene diamine tetraacetic acid)처리된 혈장과 간을 이용하여 lipid peroxidation assay kit (437634, Calbiochem-Novabiochem Co., Germany)를 이용하여 측정하였다. 즉 MDA 1분자가 2분자의 N-methyl-2-phenylindole (in acetonitrile)과 45°C에서 반응하여 안정된 착색물을 생성하는데 이것을 586 nm에서 흡광도를 측정하였다.

항산화 효소 활성. 적혈구와 간의 SOD 활성은 Floche 등²¹⁾의 방법을 이용하여 660 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이 방법은 xanthine이 xanthine oxidase에 의해 superoxide를 생성하고, 이렇게 생성된 superoxide가 ferric cytochrome C (Fe⁺⁺⁺)를 ferrous cytochrome C (Fe⁺⁺)로 환원시킬 때 SOD가 존재하면 SOD가 superoxide에 대해 경쟁하여 cytochrome C의 환원 속도가 감소된다는 원리로 SOD의 분당 활성 정도는 ferric cytochrome C의 환원을 50% 방해하는 SOD의 양을 1 unit으로 하여 나타내었다.

적혈구와 간의 CAT활성은 Johnsson과 Hakan²²⁾의 방법을 이용하여 측정하였다. 550 nm에서 흡광도를 측정한 후 formaldehyde를 표준 용액으로 하여 얻은 표준 곡선으로부터 활성을 계산 하였다.

적혈구와 간의 GSH-Px의 활성은 Paglia 등²³⁾의 방법과 Floche 등²⁴⁾의 방법을 이용하여 측정하였다. GSH-Px 활성

Table 2. Plasma lipid concentrations and HDL cholesterol ratio in rats fed high fat diet containing different level of lecithin

Group ²⁾	Plasma Lipids (mg/dl)				HDL-cholesterol: total cholesterol ratio
	Total lipids	Triglyceride	Total cholesterol	HDL cholesterol	
C	289.66 ± 17.27 ^{a(14)}	69.67 ± 4.98 ^a	91.15 ± 4.91 ^a	33.17 ± 4.07 ^{NS3)}	0.36 ± 0.03 ^{ab}
LM	242.33 ± 9.55 ^b	58.98 ± 3.56 ^{ab}	79.55 ± 4.78 ^a	22.07 ± 3.71	0.27 ± 0.04 ^b
LH	188.47 ± 13.77 ^c	50.45 ± 3.29 ^b	58.48 ± 3.95 ^b	26.12 ± 3.76	0.45 ± 0.06 ^a

1) Mean ± standard error (n = 15)

2) See Table 1

3) Not significant at α = 0.05 by Duncan's multiple range test

4) Values with different alphabet within the column are significantly different at α = 0.05 by Duncan's multiple range test

의 측정원리는 환원형 glutathione (GSH)을 산화형 glutathione (GSSG)로 전환시키면서 동시에 H₂O₂나 과산화물을 H₂O나 알코올로 전환시키는 반응에 관여하는데, GSSG는 glutathione reductase의 작용으로 NADPH를 NADP로 산화시키며 GSH로 다시 환원된다. 이때 형광을 띠는 NADPH는 H를 빼앗겨 형광을 띠지 않는 산화형 NADP가 되는데 1분동안 몇 nmol의 NADPH가 사라지는가를 흡광도로 측정하였다.

혈장과 간의 XO활성도 측정은 Yoon²⁵⁾의 방법으로 측정하였다. 측정원리는 xanthine을 기질로 하여 30℃에서 20분간 반응시켜 생성되는 요산을 phosphotungstic acid를 가하여 710 nm에서 비색 정량을 해서 XO의 활성도를 측정하였다. XO의 활성 단위는 혈장 1L가 분당 반응하여 기질로부터 생성된 요산의 양을 μmole의 농도로 표시하고 간의 XO의 활성 단위는 효소원 중에 함유된 단백질 1 mg이 분당 반응하여 기질로부터 생성된 uric acid 양을 nmole의 농도로 표시하였다. 모든 항산화효소의 활성 측정 시 사용된 효소원의 단백질 함량은 Lowry²⁶⁾법에 준하여 측정하였다.

혈장 항산화 수준 (Total antioxidant status). 혈장의 TAS 수준은 TAS kit (Randox Co., UK)를 이용하여 분석하였으며, 아래와 같은 계산식으로 혈장내의 TAS를 측정하였다.

TAS (mmol/L) =
Factor × (Δ A Blank - Δ A Sample)

단, Factor = $\frac{\text{Concentration of Standard}}{\Delta A \text{ Blank} - \Delta A \text{ Standard}}$

Δ A Blank: Blank의 흡광도 변화량
 Δ A Sample: 검체의 흡광도 변화량
 Δ A Standard: 표준액의 흡광도 변화량

통계처리

모든 실험 분석 결과는 SAS program을 이용하여 각 군

의 평균과 표준 오차를 계산하였고, 일원배치 분산분석 (own-way analysis of variance)을 한 후 α = 0.05 수준에서 Duncan's multiple range test에 의하여 각 실험군의 평균치간의 유의성을 검정하였다.

결 과

지방대사

혈장 내 지질 농도

혈장 내 지질 함량 분석 결과 및 총콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤의 비율은 Table 2와 같았다. 혈장 내 총 지방 수준은 대조군과 레시틴군을 비교하였을 때 레시틴군에서 유의적으로 낮았고, 식이 레시틴 수준별로 보았을 때 레시틴의 수준이 높을수록 (레시틴 5%) 혈장 총 지방의 농도가 유의적으로 낮았다. 혈장 중성지방의 농도는 대조군에 비하여 5% 레시틴군에서 유의적으로 낮았고, 식이 레시틴 수준별로 보았을 때 5% 레시틴군이 1% 레시틴 군보다 다소 낮은 경향을 보였다.

혈장 내 총 콜레스테롤의 수준은 대조군에 비하여 5% 레시틴군 유의적으로 낮았다. 또 5% 레시틴군이 1% 레시틴 군보다 유의적으로 낮았다. HDL-콜레스테롤의 농도는 대조군에서 가장 높은 경향을 보였고, 1% 레시틴군보다 5% 레시틴군에서 다소 높은 경향을 보였다. 총 콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤 비율은 대조군보다 1% 레시틴 군에서 낮은 경향을 보였고 5% 레시틴군이 높은 경향을 보였으며, 1% 레시틴군보다 5% 레시틴군에서 유의적으로 높았다.

간의 지질농도

레시틴 시료를 섭취한 실험동물의 간 내 총 지방과 중성 지방, 총 콜레스테롤의 농도는 Table 3과 같았다. 간의 총 지방과 중성지방 및 총 콜레스테롤의 농도는 모든 군 간에 유의적인 차이가 없었다.

변의 지질 배설량

일일 평균 변의 배설량 (wet weight)와 변의로의 총지방,

중성지방 및 콜레스테롤의 배설량은 Table 4에 제시하였다. 일일 변의 평균무게 (g/day)는 대조군과 레시틴군들에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

변의 총 지방 배설량은 대조군과 레시틴군들간에 유의적인 차이를 보였으며, 5% 레시틴군이 대조군보다 유의적으로 높았다. 중성지방의 배설량은 대조군에 비하여 5% 레시틴군에서 높았고, 5% 레시틴군이 1% 레시틴군보다 유의적으로 높았다. 총 콜레스테롤 배설량은 대조군에 비하여 5% 레시틴군에서 높았고, 5% 레시틴군이 1% 레시틴군보다 유의적으로 많이 배설하였다.

Bile acid 배설과 지방 흡수율

일일 변의로의 담즙산 배설량과 지방흡수율은 Table 5와 같았다. 담즙산의 배설량은 대조군과 레시틴군들간에 유의적인 차이를 보이지 않았지만 5% 레시틴군에서 다소 높은 경향을 보였다.

실험동물의 지방 섭취량은 대조군과 레시틴군들간에 유의

적인 차이를 보이지 않았고, 식이 내 레시틴 함유 수준에 따라서도 유의적인 차이를 보이지 않았다. 하루 지방의 흡수량은 대조군과 1% 레시틴군에 비하여 5% 레시틴군에서 유의적으로 적었다. 지방 흡수율은 대조군과 1% 레시틴군은 차이를 보이지 않았으나 5% 레시틴군은 대조군보다 유의적으로 낮았다.

항산화능

레시틴 식이를 섭취한 실험동물의 항산화능 측정 결과는 Table 6과 같았다. 적혈구에서의 catalase의 활성이 1% 레시틴 군에서 5% 레시틴군보다 유의적으로 높았고, 대조군과 비교하였을 때 높은 경향을 보였으나 이 밖의 조직 내 MDA 농도, SOD와 GSH-Px, XO 활성, 혈장 TAS와 같은 지표들에서는 모든 군 간에 유의적인 차이를 보이지 않았다.

고 찰

레시틴 섭취가 흰쥐의 지방 대사에 미치는 영향

레시틴의 수준을 달리한 식이가 흰쥐의 지방대사에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 실험동물의 혈장, 간 및 변의 총 지방, 중성지방, 총 콜레스테롤을 측정하였고 혈장의 HDL-콜레스테롤 농도와 총콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤 비율, 변의 담즙산 배설량을 측정하였다.

혈장의 총 지방은 대조군에 비하여 레시틴군들에서 유의적으로 낮았고, 1% 레시틴군보다 5% 레시틴군에서 더욱 낮았다. 혈장의 중성지방은 대조군에 비하여 레시틴군들에서 낮

Table 3. Liver total lipid, triglyceride and total cholesterol concentrations in rats fed high fat diet containing different level of lecithin (mg/wet weight)

Group ²⁾	Total lipids	Triglyceride	Total cholesterol
C	69.26 ± 5.47 ^{NS1)3)}	12.26 ± 0.51 ^{NS}	3.04 ± 0.09 ^{NS}
LM	64.97 ± 4.97	11.67 ± 1.31	2.97 ± 0.16
LH	62.74 ± 5.98	12.89 ± 1.54	3.10 ± 0.24

1) Mean ± standard error (n = 15)

2) See Table 2

3) Not significant at $\alpha = 0.05$ by Duncan's multiple range test

Table 4. Feces wet weight, and fecal total lipids, triglyceride and total cholesterol excretions in rats fed high fat diet containing different level of lecithin

Group ²⁾	Feces wet weight (g/day)	Fecal lipids excretions (mg/day)		
		Total lipids	Triglyceride	Total cholesterol
C	3.22 ± 0.27 ^{NS1)3)}	23.32 ± 0.54 ^{b4)}	0.78 ± 0.07 ^{ab}	6.78 ± 0.37 ^{ab}
LM	3.17 ± 0.23	20.67 ± 0.91 ^c	0.67 ± 0.08 ^b	5.85 ± 0.37 ^b
LH	3.05 ± 0.17	27.62 ± 0.49 ^a	1.10 ± 0.14 ^a	8.02 ± 0.67 ^a

1) Mean ± standard error (n = 15)

2) See Table 2

3) Not significant at $\alpha = 0.05$ by Duncan's multiple range test

4) Values with different alphabet within the column are significantly different at $\alpha = 0.05$ by Duncan's multiple

Table 5. Bile acid excretions, dietary fat intake and total lipid absorption in rats fed high fat diet containing different level of lecithin

Group ²⁾	Bile acid excretions (g/day)	Fat intake (g/day)	Lipid absorption (g/day)	Lipid absorption rate (%)
C	23.26 ± 1.80 ^{NS3)}	0.46 ± 0.00 ^{NS1)3)}	0.24 ± 0.01 ⁰⁴⁾	53.46 ± 2.93 ^a
LM	22.52 ± 1.19	0.44 ± 0.01	0.25 ± 0.01 ^a	57.48 ± 2.17 ^a
LH	24.16 ± 1.43	0.43 ± 0.01	0.19 ± 0.01 ^b	44.94 ± 2.01 ^b

1) Mean ± standard error (n = 15)

2) See Table 2

3) Not significant at $\alpha = 0.05$ by Duncan's multiple range test

4) Values with different alphabet within the column are significantly different at $\alpha = 0.05$ by Duncan's multiple range test

Table 6. Antioxidative capacity in rats fed high fat diet containing different level of lecithin¹⁾

Variables		Group ²⁾		LM	LH
		C			
MDA	Plasma (nmol/100 ml plasma)	256.46 ± 57.11 ^{NS6)}		284.63 ± 50.32	225.09 ± 27.69
	Liver (nmol/g wet liver)	23.84 ± 1.06 ^{NS}		23.08 ± 0.89	24.37 ± 1.17
SOD ³⁾	Liver (unit/min/mg protein)	34.26 ± 2.57 ^{NS}		32.89 ± 2.23	34.35 ± 2.30
	RBC (unit/min/mg protein)	36.96 ± 4.54 ^{NS}		41.98 ± 4.80	39.48 ± 3.48
Catalase ⁴⁾	Liver (nmol/min/mg protein)	3933.68 ± 976.66 ^{NS}		3457.30 ± 654.30	3406.25 ± 1311.56
	RBC (nmol/min/mg protein)	91.75 ± 19.90 ^{ob7)}		126.91 ± 34.11 ^o	40.48 ± 11.23 ^b
GSH-Px ⁵⁾	Liver (unit/min/mg protein)	1.07 ± 0.31 ^{NS}		1.25 ± 0.26	1.22 ± 0.40
	RBC (Unit/min/mg protein)	0.60 ± 0.10 ^{NS}		0.45 ± 0.03	0.54 ± 0.10
XO	Plasma (μmol/min/L)	12.81 ± 0.81 ^{NS}		11.47 ± 0.53	11.25 ± 0.41
	Liver (nmol/min/mg protain)	2.13 ± 0.31 ^{NS}		2.68 ± 0.41	3.22 ± 0.44
TAS	Plasma (mmol/L)	1.94 ± 0.25 ^{NS}		1.92 ± 0.23	1.90 ± 0.24

1) Mean ± standard error (n = 15), 2) See Table 1

3) Superoxide dismutase (SOD) activities are expressed as units per minute per mg protein (1 unit inhibits cytochrome C reduction rate by 50% in a coupled system with xanthine and xanthine oxidase at pH 7.8 and 25°C in a 3.0 ml reaction volume)

4) Catalase activities are expressed as μmol formaldehyde utilized as standard per mg protein

5) Glutathione peroxidase (GSH-Px) activities are expressed as units per mg protein (1 unit catalyzes the oxidation by H₂O₂ of 1.0 μmol of reduced glutathione to oxidized glutathione per min at pH 7.0 and 25°C)

6) Not significant at α = 0.05 by Duncan's multiple range test, 7) Values with different alphabet within the low are significantly different at α = 0.05 by Duncan's multiple range test

있고, 5% 레시틴군이 1% 레시틴군보다 더욱 낮아 대조군에 비하여 유의적인 차이가 있었다. 혈장의 총 콜레스테롤은 5% 레시틴군이 대조군과 1% 레시틴군에 비하여 유의적으로 낮았다. HDL-콜레스테롤은 레시틴군과 대조군에서 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 대조군에서 다소 높은 경향을 보였다. 총콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤의 비율은 1% 레시틴군은 대조군에 비하여 낮은 경향을 보였지만 5% 레시틴군은 대조군보다 유의적으로 높았다. 이와 같이 레시틴의 섭취는 혈장 총 지방, 중성지방, 총 콜레스테롤 수준에 영향을 주어 5% 레시틴에서 가장 낮게 나타났으며, 총 콜레스테롤과 HDL 콜레스테롤의 비율은 5% 레시틴군에서 높게 나타났다. 위와 같은 결과는 레시틴의 섭취 시 혈중 지질 개선효과를 연구한 여러 연구에서 보여주는 바와 일치하였다.^{2,27-30)}

위와 같은 레시틴의 혈중 지질 저하 효과는 레시틴이 함유하고 있는 다가불포화지방산 때문이라는 보고³¹⁾가 있다. 다가불포화지방산은 포화지방산보다 케톤체로 더 많이 전환되고, LDL-콜레스테롤의 제거를 증가 시키며, 중성지방과 VLDL-콜레스테롤의 농도를 저하시킨다는 보고^{32,33)}와 다가불포화지방산이 LDL의 산화작용을 억제시킴으로서 혈중 콜레스테롤을 농도를 저하 시킨다는 보고³⁴⁾가 있다. 특히 레시틴의 수준이 높을수록 지질 농도 저하 효과가 좋았는데, 이는 레시틴의 수준이 높아질수록 식이 중 다가불포화지방산의 비율이 높아진 결과로 사료된다. 또한 phosphatidylcholine에 의해 reverse cholesterol transport가 자극 되어 혈중 콜레스테롤 농도의 저하에 도움³⁾을 주며, 소장에서 콜레스테롤의

흡수를 저해 시켜 혈 중 콜레스테롤의 농도를 낮추어 준다고 보고 하였다.^{5,6,35)}

간의 총 지방의 농도는 유의적은 아니나 대조군에 비하여 레시틴군에서는 낮은 경향을 보였고, 5% 레시틴군에서 가장 낮은 경향을 보였는데 이는 변 중의 총 지방 배설량이 높은 것으로 보아 변으로 배설되었기 때문으로 보인다. 간의 중성지방과 총 콜레스테롤 농도가 변을 통한 배설이 5% 레시틴군이 1% 레시틴군보다 유의적으로 높았음에도 불구하고 차이가 없는 이유는 식이로 섭취한 레시틴의 영향으로 생각되어진다. 즉 Mano 등³⁶⁾은 레시틴을 섭취 했을 때 콜레스테롤의 신생합성을 저해하고, HMG CoA reductase의 활성을 감소시키는데 이러한 결과는 간의 LDL-receptors에 의하여 식이 콜레스테롤의 영입이 증가되어 간의 콜레스테롤의 농도를 증가시킨다고 하여 본 실험결과를 뒷받침하였다.

변의 총 지방, 중성지방, 총콜레스테롤 배설량은 5% 레시틴군이 다른 두 군에 비하여 가장 높았다. 또한 레시틴 수준에 따른 차이를 보였는데 1% 레시틴군의 배설량은 대조군에 비하여 오히려 다소 낮은 경향을 보였다. 담즙산 배설량은 각 군 간에 유의적인 차이를 보이지는 않았지만 5% 레시틴군에서 가장 높은 경향을 보였다. 이는 고 콜레스테롤혈증 환자를 대상으로 한 연구에서 대두 레시틴을 주었을 때 변으로의 스테롤 배설량이 증가³⁷⁾한다는 것과 유사하였다.

이와 같이 레시틴은 변으로의 지질배설을 증가시켜 혈중 지질농도를 감소시키는 것으로 보인다. 또한 본연구에서 레시틴을 섭취하였을 때 담즙의 배설이 다소 증진되었고, Rioux 등³⁸⁾

의 연구에 의하면 레시틴이 담즙산의 생산을 자극하고 모세담관으로 콜레스테롤의 분비를 높여주어^{1,39)} 이 결과 혈중 콜레스테롤의 농도를 낮추어 주는 것으로 사료된다.

레시틴 섭취가 흰쥐의 항산화능에 미치는 영향

레시틴의 수준을 달리한 식이가 흰쥐의 항산화능에 미치는 영향을 알아보기 위하여 혈장과 간 조직의 MDA의 농도, 적혈구와 간의 SOD, GSH-Px와 CAT 활성, 혈장과 간의 XO의 활성과 혈장의 TAS수준을 측정하였다. 레시틴은 지질 대사에 효과가 있다고 알고 있지만 항산화능에 대한 효과는 정확히 알려지지 않았으며 레시틴 자체의 항산화 효과 보다는 다른 비효소적 항산화 물질과 함께 있을 때 산화 안전성을 증가 시킨다는 보고가 있다.⁴⁰⁾ 또 채장에서 알코올에 의한 산화적 스트레스가 polyenylphosphatidyl-choline에 의해 감소된다는 보고도 있다.⁴¹⁾ 그러나 9주령 쥐를 대상으로 한 또 다른 연구⁴²⁾에서는 식이에 레시틴 0.1% (1 g레시틴/kgdiet) 첨가하였을 때 간 내 GSH-Px, SOD, GST 활성 모두 레시틴군과 대조군 간에 차이가 없었다. 본 연구에서도 9주령의 쥐에게 레시틴을 1% 또는 5% 함유한 식이를 공급하였을 때 항산화능에 효과를 보이지 않았다. 즉 레시틴 시료의 섭취 시 혈장과 간의 MDA 농도나 XO활성, 간과 적혈구의 SOD, CAT, GSH-Px활성 및 혈장의 TAS의 수준이 대조군과 유의적 차이를 보이지 않는 것으로 보아 레시틴의 섭취가 항산화능의 증진에 효과가 없다고 사료된다.

요약 및 결론

본 연구에서는 레시틴 섭취가 지방대사와 항산화능에 미치는 영향을 알아보고자 레시틴의 수준을 달리 첨가한 고지방 식이로 흰쥐를 8주 동안 사육한 후 지방대사와 항산화능을 관찰한 결과는 다음과 같았다.

혈중 총 지방과 중성지방, 총 콜레스테롤은 대조군에 비하여 레시틴군에서 낮았고, 특히 5% 레시틴군이 유의적으로 낮았다. 총 콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤의 비율은 5% 레시틴군에서 가장 높았다.

간에서의 총 지방, 중성지방, 총콜레스테롤은 대조군과 레시틴군들간에 유의적인 차이가 없었다.

변으로의 총 지방과 중성지방, 총 콜레스테롤의 배설량은 5% 레시틴군이 다른 두군에 비하여 가장 높았으나 1% 레시틴군은 오히려 대조군보다도 다소 낮은 경향을 보였다. 담즙산은 대조군과 레시틴군들간에 유의적인 차이를 보이지 않았지만 5% 레시틴군에서 다소 높은 경향을 보였다.

실험동물의 하루 지방섭취와 지방흡수율을 보았을 때 지방

섭취량은 대조군과 레시틴군에서 유의적인 차이를 보이지 않았으나 지방흡수율에서는 대조군과 1% 레시틴군에 비하여 5% 레시틴군에서 유의적으로 낮았다.

항산화능을 살펴보면 레시틴 섭취유무에 의한 차이가 없었고, 또한 레시틴의 섭취 수준에 따른 차이도 보이지 않았다.

이상의 결과를 종합해 보면, 레시틴을 섭취 했을 때 혈중 총 지방, 중성지방, 총 콜레스테롤의 수준이 낮았고, 총 콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤의 비율이 높았다. 또한 변으로의 총 지방, 중성지방, 총 콜레스테롤의 배설량은 5%레시틴군에서 가장 많았으며, 섭취 지방에 비하여 흡수되는 지방의 양이 유의적으로 낮았으나, 1% 레시틴군에서는 같은 경향을 보이지 않았다. 그러나 레시틴 섭취는 항산화능에 뚜렷한 효과를 나타내지 않았다.

결론적으로 5% 레시틴 식이 섭취는 변으로의 지질 배설을 증가시킴으로써 혈중 지질 수준을 효과적으로 감소 시켰다. 따라서 레시틴은 동맥경화증, 고지혈증 등의 예방 및 치료에 효과적으로 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

Literature cited

- 1) Kang DH, Lee SK, Kyng HR. Separation of phospholipids from soybean by NP-HPLC with ELSD. *Kor J Chem Eng* 2002; 19 (5): 818-820
- 2) Hender SS (Medical Economics). Physicians' desk reference. Medical Economics; 2001. p.351-354
- 3) Polichetti E, Diaconescu N, De La Porte PL, Malli L, Portugal H, Pauli AM, Lafont H, Tuchweber B, Yousef I, Chanussot F. Cholesterol-lowering effect of soyabean lecithin in normolipidaemic rats by stimulation of biliary lipid secretion. *Br J Nutr* 1996; 75 (3): 471-478
- 4) Polichetti E, Janisson A, de la Porte PL, Portugal H, Leonardi J, Luna A, La Droite P, Chanussot F. Dietary polyenylphosphatidylcholine decreases cholesterolemia in hypercholesterolemic rabbits: role of the hepato-biliary axis. *Life Sci* 2000; 67(21): 2563-2576
- 5) Wilson TA, Meservey CM, Nicolosi RJ. Soy lecithin reduces plasma lipoprotein cholesterol and early atherogenesis in hypercholesterolemic monkeys and hamsters: beyond linoleate. *Atherosclerosis* 1998; 140(1): 147-153
- 6) Rodriguez WV, Klimuk SK, Pritchard PH, Hope MJ. Cholesterol mobilization and regression of atheroma in cholesterol-fed rabbits induced by large unilamellar vesicles. *Biochim Biophys Acta* 1998; 368(2): 306-320
- 7) Andrioli G, Carletto A, Guarini P, Galvani S, Biasi D, Bellavite P, Corrocher R. Differential effects of dietary supplementation with fish oil or soy lecithin on human platelet adhesion. *Thromb Haemost* 1999; 82(5): 1522-1527
- 8) Beil FU, Grundy SM. Studies on plasma lipoproteins during absorption of exogenous lecithin in man. *J Lipid Res* 1980; 21(5): 525-536
- 9) Demirbilek S, Ersoy MO, Demirbilek S, Karaman A, Akin M, Bayraktar M, Bayraktar N. Effects of polyenylphosphatidylcho-

- line on cytokines, nitrite/nitrate levels, antioxidant activity and lipid peroxidation in rats with sepsis. *Intensive Care Med* 2004; 30(10): 1974-1978
- 10) Reeves PG, Nielsen FH, Fahey GC. AIN-93 purified diets for laboratory rodents: final report of the American Institute of Nutrition ad hoc writing committee on the reformulation of the AIG-76A rodent diet. *J Nutrition* 1993; 123: 1939-1951
 - 11) Frings CS, Dunn RT. A colorimetric method for determination of total serum lipid based on the sulfuric-phospho-vanillin reaction. *Am J Clin Nutr* 1970; 53: 89
 - 12) Kohlmeier M. Direct enzymic measurement of glycerides in serum and in lipoprotein fractions. *Clinical Chemistry* 1986; 32(1): 63-66
 - 13) Fossati P, Prencipe L. Serum triglycerides determined colorimetrically with an enzyme that produces hydrogen peroxide. *Clin Chem* 1982; 28(10): 2077-2080
 - 14) Michael W, McGowan JD, Artiss DE, Strandbergh BZ. A peroxidase-coupled Method for colorimetric for determination of serum triglycerides. *Clinical Chemistry* 1983; 29(3): 538-542
 - 15) Samuel PC, Gerald R, Cooper S, Joy S, Gary LM. Assessment of current National cholesterol education program guidelines for total cholesterol, triglyceride, HDL-cholesterol, and LDL-cholesterol measurements. *Clinical Chemistry* 1998; 44(8): 1650-1658
 - 16) Pomtip H, Lolekha and Yaovalak Jantaveesirirat. Streptomyces: A superior source for cholesterol oxidase used in serum cholesterol assay. *J Clin Laboratory Analysis* 1992; 6: 405-409
 - 17) Panteghini M, Pagani F, Bonora B. Clinical and analytical evaluation of a continuous enzymatic method for measuring pancreatic lipase activity. *Clinical Chemistry* 1993; 39(2): 304-308
 - 18) Warnick GR, Nguyen T, Alber AA. Comparison of improved precipitation method for quantification of high density lipoprotein cholesterol. *Clin Chem* 1985; 31(2): 217-222
 - 19) Bligh EG, Dyer WJ. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol* 1959; 67: 911-917
 - 20) Porter JL, Fordtran JS, Santa Ana CA, Emmett M, Hagey LR, MacDonald EA, Hofmann AF. Accurate enzymatic measurement of fecal bile acids in patients with malabsorption. *J Lab Clin Med* 2003; 141: 411-418
 - 21) Folhe L, Becker R, Brigelius R, Lengfelder E, Otting F. Convenient assays for superoxide dismutase. *CRE Handbook of free Radicals and Antioxidants in Biomedicine*; 1992. p.287-293
 - 22) Johnsson LH, Hakan Borg LA. A spectrophotometric method for determination of catalase activity in small tissue sample. *Analytical Biochemistry* 1988; 174: 331-336
 - 23) Paglia DE, Valentine WN. Studies on the quantitative and qualitative characterization of erythrocyte glutathione peroxidase. *J Lab Clin Med* 1967; 70(1): 158-169
 - 24) Folhe L. determination of Glutathione peroxidase. *CRC Handbook of free Radicals and Antioxidants in Biomedicine*; 1992. p.281-286
 - 25) Yoon CG. A modified colorimetric assay for xanthine oxidase in rat liver extracts. *Keimyung Res J (Keimyung Junior College)* 1986; 2: 295-308
 - 26) Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randall RJ. Protein measurement with folin phenol reagent. *J Biol Chem* 1951; 193: 265-275
 - 27) Curtis AS, Anne CG, Janet BM, William FS, Susan BR, Joyce B, Timothy BM, Richard EO. Fat-free foods supplemented with soy stanol-lecithin powder reduce cholesterol absorption and LDL cholesterol. *J Am Diet Assoc* 2003; 103: 577-581
 - 28) Tompkins RK, Parkin LG. Effects of long-term ingestion of soya phospholipids on serum lipids in humans. *Am J Surg* 1980; 140(3): 360-364
 - 29) Thoma AW, Craig MM, Robert JN. Soy lecithin reduces plasma lipoprotein cholesterol and early atherogenesis in hypercholesterolemic monkeys and hamsters: beyond linoleate. *Atherosclerosis* 1998; 140: 147-153
 - 30) Jimenez MA, Scarno ML, Vignolini F, Mengheri E. Evidence that polyunsaturated lecithin induces a reduction in plasma cholesterol level and favorable changes in lipoprotein composition in hypercholesterolemic rats. *J Nutr* 1990; 120(7): 659-667
 - 31) Chait A, Onitri A, Nicoll A, Rabaya E, Lewis DJ. Reduction of serum triglyceride levels by polyunsaturated fat. Studies on the mode of action on very low density lipoprotein composition. *Atherosclerosis* 1974; 20: 347-364
 - 32) Cortese C, Levy Y, Janus ED, et al. Modes of action of lipid lowering diets in man: Studies of apolipoprotein B kinetics in relation to fat consumption and dietary fatty acid composition. *Eur J Clin* 1983; 13: 79-85
 - 33) Paul R, Ramesha CS, Garguly J. On the mechanism of hypocholesterolemic effects of polyunsaturated lipids. *Adv Lipid Res* 1980; 17: 155-171
 - 34) Mastellone II, Polichetti E, Gres S, de la Masionneuve C, Domingo N, Marin VV, Lorec A, Farnarier C, Portugal H, Kaplanski G, Chanussot F. Dietary soybean phosphatidylcholines lower lipidaemia: mechanism at the levels of intestine, endothelial cell, and hepato-biliary axis. *J Nutr Biochem* 2000; 11(9): 461-466
 - 35) Chung HK, Choe CS, Lee JH, Park WJ, Kang MH. The effect of isoflavone and/or grapeseed oil supplementation on blood lipid profiles and bone strength in ovariectomized female rats. *Korean Nutrition Society* 2003; 36(7): 667-674
 - 36) Mano JC, Bowler A, Elsegood CL, Redgrave TG. Defective plasma clearance of chylomicron-like lipid emulsions in WHHL rabbits. *Biochimica Biophysica Acta* 1991; 1081: 241-245
 - 37) Greten H, Raetzer H, Stiehl A, Schettler G. The effect of polyunsaturated phosphatidyl choline on plasma lipids and fecal sterol excretion. *Atherosclerosis* 1980; 36(1): 81-88
 - 38) Rioux F, Perea A, Yousef IM, Levy E, Malli L, Carrillo MC, Tuchweber B. Short-term feeding of diet enriched in phospholipids increases bile formation and the bile acid transport maximum in rats. *Biochimica Biophysica Acta* 1994; 1214: 193-202
 - 39) Chanussot F, Polichetti E, Domingo N, Janisson A, Lechene de la Porte P, Luna LH. Stimulation by soybean lecithin of cholesterol transfer from plasma to biliary compartment: Mechanisms of cholesterol-and triglyceride lowering effect in the liver. *Am J Clin Nutr* 1998; 68(s): 1520S
 - 40) Chang HK. Effect of soybean lecithin on the thermal oxidation of tocopherol in blended oil. *J Kor Oil Chem Soc* 1993; 10(2): 1-6
 - 41) Aleynik SI, Leo MA, Aleynik MK, Lieber CS. Alcohol-induced pancreatic oxidative stress: protection by phospholipid repletion. *Free Radic Bio Med* 1999; 26(5-6): 609-619
 - 42) Chung HC, Yoo YS. Effects of aqueous green tea extracts with α -tocopherol and lecithin on the lipid metabolism in serum and liver of rats. *Korean J Nutr* 1995; 28(1): 15-22