

현미 및 울무 함유 생식이 영양불균형이 유도된 흰쥐의 체내 지질농도, 항산화체계 및 면역기능에 미치는 영향

박진영 · 양미자 · 전해승 · 이진희* · 배희경* · 박태선[†]

연세대학교 식품영양학과
*제일제당주식회사 식품연구소

Effect of Raw *Brown Rice* and *Job's Tear* Supplemented Diet on Serum and Hepatic Lipid Concentrations, Antioxidative System, and Immune Function of Rats

Jinyoung Park, Meizi Yang, Hye Seung Jun, Jin-Hee Lee*, Hee-Kyung Bae* and Taesun Park[†]

Dept. of Food and Nutrition, Yonsei University, Seoul 120-749, Korea
*CJ Foods R&D, CJ Corporation, Seoul 152-050, Korea

Abstract

Physiological functions of raw grain diet composed of *brown rice* and *Job's Tear* (1:1) were evaluated in rats raised with nutritionally unbalanced diet including 1% cholesterol, high proportion of animal lipids (lard: soybean oil = 8:2), sub-optimal levels of vitamin and mineral mixture along with 0.5% ethanol in drinking water for 4 weeks. Control rats were fed the AIN-93G diet for 9 weeks, and nutritionally unbalanced rats were divided into 3 groups, and fed one of the following diets with 0.5% ethanol in drinking water for another 5 weeks: unbalanced control diet (UCD), raw grain diet (RGD)(UCD+20% *brown rice* and *Job's Tear* mixture, and cooked grain diet (CGD)(autoclaved RGD at 121°C for 3 hrs). Feeding UCD for 5 weeks significantly lowered the food efficiency ratio (FER) of rats than the value for control animals, and dietary supplementation of *brown rice* and *Job's Tear* mixture to UCD significantly restored the FER. Serum total cholesterol concentration was significantly lowered in rats fed RGD (24% decrease) or CGD (16% decrease) compared to the value for rats fed UCD. Feeding RGD for 5 weeks significantly lowered the serum LDL+VLDL-cholesterol concentration (26% decrease), as well as the hepatic cholesterol level (16% decrease) than the values for UCD rats. Animals fed CGD (38% decrease) or RGD (59% decrease) showed significantly lower level of hepatic thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) compared to the value for rats fed UCD ($p<0.05$), although hepatic activities of antioxidative enzymes were not influenced by dietary supplementation. Feeding RGD for 5 weeks significantly increased CD4⁺ T-cell population along with CD4⁺/CD8⁺ ratio of mesenteric lymph nodes compared to those for UCD rats ($p<0.05$). In conclusion, dietary supplementation of *brown rice* and *Job's Tear* mixture as raw grains exhibited superior activity lowering blood and hepatic levels of cholesterol, and improving mesenteric lymph nodes immune function of rats to the cooked grain mixture of identical ingredients.

Key words: raw grain diet, hypocholesterolemic effect, TBARS, immune function, rats

서론

餐霞詩文集(1)에 의하면 예로부터 생식이란 화식의 반대되는 의미로 각종 곡류와 술을 중심으로 한 체식을 의미하였다. 근래 시중에 판매되고 있는 생식제품은 유기농으로 재배된 곡류, 두류, 종실류, 채소류 및 해조류 등을 혼합하여 동결건조시킨 분말 형태가 주류를 이루고 있다. 이러한 생식을 섭취함으로써 얻어지는 영양학적 장점은 열에 의한 비타민 등의 영양소 파괴를 최소화하고, 전곡의 형태로 곡류를 섭취한다는 점을 들 수 있다. 즉, 전곡에는 정제된 곡류에 비해 섬유소, 무기질, 비타민, phenol 화합물류, phytoesterogen류

와 불포화지방산 등의 영양소가 더 풍부히 함유되어 있다(2). 그러나, 이러한 이점에도 불구하고 생식은 열처리를 하지 않기 때문에 소화율과 기호성이 떨어지고, 유해균의 오염 우려가 있는 단점이 있다.

생식의 주재료로 이용되는 현미는 왕겨라 불리우는 벼의 겉껍질만 제거되었을 뿐 쌀겨와 배아가 그대로 남아있기 때문에 배아가 제거된 백미에 비해 각종 비타민과 필수지방산의 함량이 높아 영양적으로 더 우수함은 주지의 사실이다. 그 외에도 현미는 도정된 백미에 비하여 섬유질 함량이 약 2배정도 더 높아 만성질환에 대한 예방효과가 있고, 특히 콜레스테롤 재흡수와 배설에 영향을 미치므로서 혈중 콜레스테

[†]Corresponding author. E-mail: tspark@yonsei.ac.kr
Phone: 82-2-2123-3123, Fax: 82-2-312-5229

를 농도를 낮추는 효과가 있음이 보고되었다(3-7). 현미와 함께 생식의 주 원료로 흔히 이용되는 울무는 항암활성, 염증완화효과(8) 및 혈당강화작용(9) 등의 생리활성이 보고되었으며, 라디칼 소거효과가 탁월하여 갈변방지제 및 항산화제로서의 유용성이 제기된 바 있다(10).

면역체계는 외부로부터 침입한 각종 물질이나 생명체를 자기와 구별하여 제거하는 복잡한 생물학적 현상이다(11). 면역체계를 유지하는데 있어서 부분적으로 영양상태가 관여하며, 영양소 결핍은 체내 감염율을 높이고, 면역반응을 손상시키는 것으로 알려져 있다(12). 특히, carotenoid 류, 비타민 E 및 비타민 C 등을 포함하는 항산화영양소는 체내에서 세포막, 단백질 및 핵산의 구조와 기능을 유지시키고 신호전달 및 유전자 발현 등에 영향을 미치므로써 세포성 혹은 체액성 면역반응을 강화하는 효과가 있음이 밝혀졌다(13-16).

본 연구에서는 상습적인 음주에 동물성 식품의 섭취량이 높은 한편, 미량영양소의 섭취량이 부족하기 쉬운 현대인의 식습관을 반영하기 위해 sub-optimal 수준의 비타민과 무기질을 섭취하며, 고콜레스테롤 식이에 알코올 섭취를 병행하여 영양불균형을 유도시킨 흰쥐를 대상으로 하여 현미와 울무로 구성된 생식의 섭취가 체내 지질농도, 항산화체계 및 면역기능에 미치는 영향을 평가하였다. 아울러 본 논문에서는 조성이 동일한 상태에서 열처리를 한 화식에 비해 생식 상태로 섭취한 경우 이들 곡류 소재의 기능성이 차별화되는지를 비교·평가하였다.

재료 및 방법

실험식이 및 동물의 사육

생후 3주령의 Sprague Dawley계 수컷 흰쥐(56.5±0.3 g), 32마리를 구입하여(대한바이오링크사, 충청북도) 일반 고형 사료로 5일간 환경에 적응시킨 후, 난피법에 의하여 일반대조군(8마리)과 영양불균형대조군(24마리)으로 분류하였다. 모든 실험식은 분말상태의 정제식으로 공급되었으며, 일반대조식이(control diet, CD)는 AIN-93G 조성(17)에 준하여 조제하였다. 영양불균형대조식이(unbalanced control diet, UCD)는 일반대조식과 동일하되 식이성 고지혈증(18-20)을 유발하기 위해 지질급원을 lard와 soybean oil의 비율이 8:2가 되도록 조절하였고, 1%(wt/wt) 콜레스테롤을 첨가하였다. 아울러 비타민과 무기질 영양상태를 sub-optimal 상태로 유도하기 위해 AIN-93G 식이조성의 75%에 해당하는 양만큼의 비타민과 무기질 혼합물을 첨가하였다(Table 1). 영양불균형대조식을 섭취하는 쥐에게는 0.5% 에탄올이 첨가된 식수를 공급하므로써 상습적인 음주와 함께 콜레스테롤 함량이 높은 식사를 하면서 미량영양소 섭취가 부족한 현대인의 영양불균형 상태를 유도하였다.

일반대조군은 총 9주 동안 사육하였고, 영양불균형대조군의 경우 4주간 사육한 후 다시 3개 군(n=8)으로 나누어 각각

Table 1. Composition of experimental diets

Ingredients	Experimental diets ¹⁾			
	CD	UCD	RGD	CGD
	% (wt/wt)			
Cornstarch	39.7	29.9	9.9	9.9
Casein	20	20	20	20
Dextrinized cornstarch	13.2	13.2	13.2	13.2
Sucrose	10	20	20	20
Soybean oil	7	1.4	1.4	1.4
Lard	-	5.6	5.6	5.6
Non-nutrive fiber	5	5	5	5
Mineral mixture ²⁾	3.5	2.6	2.6	2.6
Vitamin mixture ³⁾	1	0.75	0.75	0.75
L-Cystine	0.3	0.3	0.3	0.3
Choline bitartrate	0.25	0.25	0.25	0.25
Tert-butylhydroquinone	0.0014	0.0014	0.0014	0.0014
Cholesterol	-	1	1	1
Raw grain powder	-	-	20	-
Cooked grain powder	-	-	-	20

¹⁾CD, control diet.

UCD, unbalanced control diet.

RGD, raw grain diet.

CGD, cooked grain diet.

²⁾Contained (g/kg of mix) calcium carbonate anhydrous 357; potassium phosphate monobasic 196; potassium citrate, tripotassium monohydrate 70.78; sodium chloride 74.00; potassium sulfate 46.6; magnesium oxide 24; ferric citrate 6.06; zinc carbonate 1.65; manganese carbonate 0.63; copper carbonate 0.3; potassium iodate 0.01; sodium selenate anhydrous 0.103; ammonium paramolybdate · 4H₂O 0.00795; sodium metasilicate · 9H₂O 1.45; chromium potassium sulfate · 12H₂O 0.275; ammonium vanadate 0.0066; lithium chloride 0.0174; boric acid 0.08145; sodium fluoride 0.0635; nickel carbonate 0.0318; powdered sucrose 221.026.

³⁾Contained (g/kg of mix) nicotinic acid 3.0; Ca pantothenate 1.6; pyridoxine-HCl 0.7; thiamin-HCl 0.6; riboflavin 0.6; folic acid 0.2; biotin 0.02; vitamin B₁₂ (0.1% in mannitol) 2.5; vitamin E (500 IU/g) 15.0; vitamin A (500,000 IU/g) 0.8; vitamin D₃ (400,000 IU/g) 0.25; vitamin K1 (phyloquinone) 0.075; powdered sucrose 974.655.

영양불균형대조식이(unbalanced control diet, UCD), 일반생식이(raw grain diet, RGD), 그리고 열처리생식이(cooked grain diet, CGD)로 5주간 사육하였다. 일반생식이 또는 열처리생식이의 조성은 영양불균형대조식과 동일하되 일반생식 또는 열처리생식 분말을 20% 수준으로 식이에 첨가하였고, 첨가된 양만큼 corn starch에서 감하여 총량을 조절하였다(Table 1). 첨가된 생식 재료는 제일제당주식회사에서 분말형태로 제공받았으며, 각 재료의 영양소 함량은 Table 2에 제시된 바와 같다. 일반생식분말은 현미와 울무를 1:1로 혼합하여 수세한 후 건조 분쇄하여 조제하였고, 열처리생식분말은 일반생식을 121°C의 autoclave에서 3시간 가열한 후 건조 분쇄하여 조제하였다.

사육실의 온도는 22±2.0°C, 그리고 습도는 55±5.0%를 유지하였으며, 명암주기는 12시간으로 조절하였다. 식이는 매일 오전 10~11시에 증류수(일반대조군의 경우) 또는 0.5% 에탄올이 첨가된 식수(영양불균형대조군, 일반생식군과 열처리생식군의 경우)와 함께 공급하였으며, 식이 섭취량은 식

Table 2. Nutrient composition of grain powders compared with corn starch

Nutrients	Raw grain powder	Cooked grain powder	Corn starch
Energy (kcal/100g) ¹⁾	388	386	358 ²⁾
Water (%) ¹⁾	2.5	6.4	11.4 ²⁾
Carbohydrate (%) ¹⁾	85.1	77.2	87.8 ²⁾
Crude protein (%) ¹⁾	8.7	11.3	0.1 ²⁾
Crude lipid (%) ¹⁾	2.2	3.6	0.5 ²⁾
Crude minerals (%) ¹⁾	1.5	1.6	0.2 ²⁾
Crude fiber (%) ¹⁾	1.9	0.95	0 ²⁾
Sodium (mg/100 g) ¹⁾	3.6	2.3	2.0 ²⁾
Calcium (mg/100 g) ²⁾	74	NA ³⁾	5
Phosphorus (mg/100 g) ²⁾	135	NA ³⁾	13
Iron (mg/100 g) ²⁾	4.6	NA ³⁾	1.7
Potassium (mg/100 g) ²⁾	253	NA ³⁾	8
Magnesium (mg/100 g) ²⁾	26	NA ³⁾	0
Manganese (mg/100 g) ²⁾	0.75	NA ³⁾	0
Zinc (mg/100 g) ²⁾	0.95	NA ³⁾	0
Cobalt (µg/100 g) ²⁾	2.1	NA ³⁾	0
Copper (µg/100 g) ²⁾	180	NA ³⁾	0
Molybdenum (µg/100 g) ²⁾	24.5	NA ³⁾	0
Selenium (µg/100 g) ²⁾	19.4	NA ³⁾	0
Iodine (µg/100 g) ²⁾	1.1	NA ³⁾	0
Vitamin A (R.E/100 g) ²⁾	0	NA ³⁾	0
Retinol (µg/100 g) ²⁾	0	NA ³⁾	0
β-Carotene (µg/100 g) ²⁾	0	NA ³⁾	0
Vitamin B ₁ (mg/100 g) ²⁾	0.26	NA ³⁾	0
Vitamin B ₂ (mg/100 g) ²⁾	0.05	NA ³⁾	0
Vitamin B ₆ (mg/100 g) ²⁾	0.31	NA ³⁾	0
Vitamin B ₁₂ (µg/100 g) ²⁾	0	NA ³⁾	0
Vitamin E (mg/100 g) ²⁾	0.85	NA ³⁾	0
Niacin (mg/100 g) ²⁾	2.85	NA ³⁾	0.1
Panthenic acid (mg/100 g) ²⁾	0.75	NA ³⁾	0
Folate (µg/100 g) ²⁾	10	NA ³⁾	0
Vitamin C (mg/100 g) ²⁾	0	NA ³⁾	0
Vitamin D (I.U/100 g) ²⁾	0	NA ³⁾	0

¹⁾Obtained from the Korea Advanced Food Research Institute.

²⁾Adapted from the Food Composition Table. 1996, National Rural Living Science Institute.

³⁾NA, not available

이를 공급할 때마다, 그리고 체중은 매주 1회 측정하였다.

시료의 채취 및 준비

실험동물을 12시간 절식시킨 후 diethyl ether로 마취한 상태에서 혈액 및 조직을 채취하였다. 복부 대동맥으로부터 채혈한 혈액은 1000×g에서 15분간 원심분리하여 혈청을 분리하였고, 분석 시까지 -70°C에 보관하였다. 간조직을 적출하여 0.9% NaCl 용액으로 헹군 후 여과지로 물기를 닦고, 분석 시까지 -70°C에 보관하였다. 장간막임파절은 채취한 즉시 면역세포의 비율을 측정하는 데 이용하였다.

혈청 및 간조직의 지질 농도 측정

혈청 총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤 및 중성지방 농도는 전자동 혈액분석기(Express Plus, Chiron Diagnostics Co., USA)를 이용하여 측정하였고, 상업용 분석 kit(영동제약)를 이용하여 재측정하므로써 분석의 정확도를 검증하였다. 혈

청의 LDL+VLDL 콜레스테롤 농도는 총콜레스테롤 농도에서 HDL 콜레스테롤 농도를 감하여 산출하였다.

Folch 등(21)의 방법에 따라 간조직의 지질성분을 추출하였다. 일정량의 간조직을 4배 분량의 phosphate-buffered saline(PBS) (pH 7.2)에 넣어 균질화한 후, chloroform-methanol 용액(2:1, v/v) 5 mL을 가하고 1000×g에서 10분간 원심분리하여 하층액을 분리하였다. 여기에 0.05% CaCl₂ 2 mL를 가하여 1000×g에서 10분간 원심분리한 후 하층액을 취하고, chloroform-methanol-0.05% CaCl₂ 용액(3:48:47, v/v) 2 mL을 넣어 vortex한 후 1000×g에서 10분간 원심분리하였다. 하층액을 취하여 질소가스로 말린 후 0.5 mL ethanol 용액에 녹여 지질농도 분석에 사용하였다. 간조직 지질추출액의 중성지방 및 콜레스테롤 농도는 상업용 분석 kit를 사용하여 측정하였다.

혈청 및 간조직의 지질과산화물 농도 측정

혈청 및 간조직의 thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) 농도는 Ohkawa 등(22)의 방법을 수정하여 측정하였다. 0.25 N hydrochloric acid 용액에 trichloroacetic acid와 thiobarbituric acid를 각각 15%(w/v)와 0.375%(w/v)가 되도록 혼합한 용액 0.8 mL에 혈청 0.4 mL을 가하여 잘 섞은 후, 95°C에서 15분간 가열한 다음 얼음 위에서 식혔다. 1000×g에서 10분간 원심분리한 후 상층액을 취하여 535 nm에서 흡광도를 측정하였다.

간조직의 TBARS 농도를 측정하기 위해 약 1 g의 간조직을 1.15% KCl 4 mL에 넣어 균질화하였다. 균질액 0.2 mL을 취하여 8.1% SDS(sodium dodecyl sulfate) 용액 0.2 mL과 증류수 0.6 mL을 가하여 혼합한 후, 20% acetic acid 1.5 mL과 0.8% thiobarbituric acid 용액 1.5 mL을 가하고, 80°C 진탕수조에서 90분간 가열하였다. 혼합액을 식힌 후 증류수 1 mL과 n-butanol:pyridine(15:1) 혼합액 5 mL을 넣어 잘 섞고, 10분간 원심분리하여 얻은 상층액의 흡광도를 532 nm에서 측정하였다.

간조직의 항산화효소 활성 측정

간조직의 총 superoxide dismutase(SOD), Mn-SOD 및 Cu, Zn-SOD 활성은 Marklund와 Marklund(23)의 방법을 수정하여 pyrogallol의 자동산화율 SOD가 억제하는 정도를 평가하여 측정하였다. Mn-SOD 활성과 Cu, Zn-SOD 활성을 합한 총 SOD의 활성을 측정하기 위하여 간균질액을 15,000×g에서 20분간 원심분리하였다. 상층액 0.1 mL을 1 mM diethylene triamine pentaacetic acid가 함유된 50 mM Tris-HCl buffer(pH 8.2) 1.5 mL에 가하고, 7.2 mM pyrogallol 0.1 mL을 넣어 잘 섞은 후 420 nm에서 5분 동안 흡광도가 증가하는 정도를 측정하였다. Enzyme 1 unit는 pyrogallol의 자동산화율 50% 방해하는 데 필요한 효소의 양으로 산출하였고, specific activity는 unit/g protein으로 제시하였다. Mn-SOD 활성을 측정하기 위해서는 10 mM potassium phosphate buff-

er (pH 7.0)와 Cu, Zn-SOD 활성 저해제인 potassium cyanamide(1 mM)를 1 : 1로 혼합한 용액을 assay buffer로 사용하였고, Cu, Zn-SOD 활성은 총 SOD 활성도에서 Mn-SOD 활성도를 감하여 산출하였다.

간조직의 catalase 활성은 Aebi(24)의 방법에 준하여 측정하였다. 간조직 1 g을 30 mM KCl이 함유된 10 mM potassium phosphate buffer(pH 7.4) 4 mL를 사용하여 균질화한 후 15,000×g에서 20분간 원심분리하였다. 상층액 10 µL를 50 mM potassium phosphate buffer(pH 7.4) 2.89 mL과 혼합한 후, 300 mM H₂O₂ 용액 0.1 mL을 넣어 반응을 개시한 다음 240 nm에서 5분 동안 감소하는 흡광도의 양을 측정하였다. Catalase 활성 1 unit은 1분간 소실되는 H₂O₂의 양(µmole)을 의미하고, specific activity는 1 unit/mg protein으로 제시하였다.

간조직의 glutathione peroxidase(GSH-Px) 활성은 Paglia와 Valentine(25)의 방법을 이용하여 측정하였다. 간조직 1 g을 0.25 M sucrose buffer(pH 7.5) 4 mL를 사용하여 균질화한 후, 초고속원심분리기를 이용하여 105,000×g에서 90분간 원심분리하였다. 상층액 0.1 mL을 50 mM potassium phosphate buffer(pH 7.0) 2.6 mL에 가하고, 30 mM glutathione 0.1 mL, 6 mM NADPH 0.1 mL, 그리고 1 unit의 glutathione reductase를 첨가하여 잘 섞은 후 25°C에서 5분간 방치하였다. 여기에 7.5 mM H₂O₂ 0.1 mL를 첨가하여 반응을 개시한 후 340 nm에서 2분간 감소되는 흡광도를 측정하였다. GSH-Px 활성 1 unit은 1분간 산화되는 NADPH의 양(µmole)을 의미하고, specific activity는 unit/mg protein으로 제시하였다.

혈청 및 장간막 임파질의 면역활성도 평가

혈청 내 immunoglobulin G(IgG) 및 immunoglobulin A(IgA) 농도는 Perlmann과 Perlmann(26)의 방법에 준해 상업용 ELISA Quantitation kit(Koma Biotech Co., Seoul)를 이용하여 측정하였으며, 이때 ABTS [2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid)]에 H₂O₂를 혼합한 용액을 기질로 사용하였다.

장간막 임파질의 면역세포수는 Lim 등(27)의 방법을 수정하여 측정하였다. 흰쥐로부터 적출한 장간막임파질을 10% fetal calf serum이 함유된 RPMI 1640 배양액에 넣고, 40 µm nylon cell strainer(BD Bioscience, USA)를 이용하여 균질화시켜 세포수가 4×10⁶ cells/mL이 되도록 조정하였다. 이 세포액을 세포수가 1×10⁶ cells/mL이 되도록 eppendorf 튜브에 다시 분주한 후, 1000×g에서 5분간 원심분리하였다. 세포침전물을 0.1% sodium azide가 함유된 PBS(pH 7.2) 500 µL에 혼탁시킨 후 원심분리하였다. 0.1% sodium azide와 2% FBS가 함유된 PBS용액에 10 µg/mL PE(phycoerythrin) labeled anti-rat CD8 antibody(BD Pharmingen, USA)와 10 µg/mL FITC(fluorescein isothiocyanate) labeled anti-rat CD4 antibody(BD Pharmingen, USA)를 혼합한 용액 50 µL를 각 세포침전물에 가하여 vortex한 후 얼음 위에서 30분동

안 배양하였다. 여기에 0.1% sodium azide가 함유된 ice cold PBS(pH 7.2) 500 µL를 가하여 vortex한 후 1000×g에서 5분간 원심분리하였다. 상층액을 제거하고 얻은 세포침전물에 fixing buffer로 0.1% sodium azide 및 1% paraformaldehyde가 함유된 PBS 용액 300 µL를 가하여 잘 섞은 후, fluorescence-activated cell sorter(FACScan, Becton Dickinson Co., USA)를 이용하여 fluorescence를 관찰함으로써 면역세포의 수를 측정하였다.

통계분석

모든 자료의 통계분석은 SAS(statistical analysis system) PC package를 사용하여 실시하였고, 분석 수치는 mean ± SE로 제시하였다. 실험식이에 의한 효과의 유의성은 one way analysis of variance(ANOVA)를 실시하여 검증하였고, p<0.05 수준에서 유의성이 관찰된 경우 각 실험군간의 평균값의 차이에 대한 유의성은 Duncan's multiple range test를 이용하여 p<0.05 수준에서 평가하였다.

결과 및 고찰

체중증가량 및 식이효율

5주 간의 사육 기간동안 실험동물의 일일 평균 식이섭취량, 누적체중 증가량 및 식이효율을 측정된 결과는 Table 3에 제시된 바와 같다. 영양불균형대조군의 일일 평균 식이섭취량은 일반대조군과 비교 시 유의적인 차이가 없었으나, 누적체중 증가량은 유의적으로 감소하였고, 식이효율 역시 유의적으로 더 낮았다. 에너지밀도가 동일한 식이를 섭취하였음에도 불구하고 영양불균형대조군에서 일반대조군에 비해 누적체중증가량 및 식이효율이 더 낮게 나타난 것은 만성적인 알코올 섭취로 인해 비타민 및 무기질의 체내 bioavailability가 낮아졌고 영양불균형대조식에 함유된 비타민 및 무기질 함량이 성장기 흰쥐의 최대 성장속도를 유지하기에 불

Table 3. Food intake, body weight gain and food efficiency ratio of rats fed experimental diets for 5 weeks

Group ¹⁾	Food intake (g/day)	Body weight gain (g/5 weeks)	FER ²⁾
CD	17.3±0.7 ³⁾	170±5.1 ⁴⁾	0.28±0.02 ^a
UCD	16.0±0.4	124±3.5 ^b	0.22±0.01 ^b
RGD	17.9±0.5	171±7.1 ^a	0.27±0.01 ^a
CGD	17.6±0.5	165±6.2 ^a	0.27±0.01 ^a

¹⁾CD, control diet.

UCD, unbalanced control diet.

RGD, raw grain diet.

CGD, cooked grain diet.

²⁾FER (Food efficiency ratio) =

$$\frac{\text{Body weight gain for experimental period (g/day)}}{\text{Food intake for experimental period (g/day)}}$$

³⁾Values are mean ± SE of 8 rats.

⁴⁾Different letters in the same column indicate significant dif-

ference at p<0.05.

충분하였음을 의미하는 결과로 생각되며, 아울러 본 연구에서 사용된 영양불균형식이 모델의 타당성을 입증하는 결과로 사려된다.

일반생식군 또는 열처리생식군의 식이섭취량은 영양불균형대조군과 유의적인 차이가 없었으나, 체중증가량은 유의적으로 더 높게 나타났고($p < 0.05$), 식이효율 역시 일반생식군 또는 열처리생식군에서 영양불균형대조군에 비해 유의적으로 더 높았다($p < 0.05$). 이와 같이 울무와 현미를 1:1로 혼합한 일반생식 또는 열처리생식을 영양불균형식이에 첨가하여 섭취시킨 결과 영양불균형대조군에 비해 식이효율이 더 높게 나타난 것은 현미 및 울무에 지방과 단백질 뿐 아니라 각종 비타민과 무기질이 포함되어 있기 때문인 것으로 사료된다(Table 2). 현미와 울무에는 비타민 B₁, 비타민 B₂, 비타민 B₆, 비타민 E, 나이아신, 판토텐산 및 엽산 등의 비타민, 그리고 칼슘, 인산, 철분, 칼륨, 마그네슘, 망간, 아연, 코발트, 구리, 몰리브데늄, 셀레늄 및 요오드 등의 각종 무기질이 골고루 함유되어 있고, linoleic acid와 linolenic acid 등의 지방산이 풍부하다(28). 따라서 장기간 sub-optimal 수준의 비타민과 무기질을 섭취하고 만성적인 에탄올 섭취로 인해 이들 미량영양소의 체내 이용률 또한 저하된 상태에서 식이내 첨가된 울무 및 현미는 이들 부족한 영양소를 조직에 공급함으로써 식이효율을 증가시킨 것으로 생각된다. 열처리생식의 조성은 일반생식과 동일하고, 따라서 열에 민감한 일부 비타민을 제외한 대부분의 미량영양소 함량에 차이가 없을 것으로 생각된다.

혈청 및 간조직의 지질농도

현미 및 울무 함유 실험식으로 5주간 사육한 후 공복 시 채취한 혈청과 간조직의 중성지방 및 총콜레스테롤 농도가 Table 4와 5에 나타나 있다. 혈청 중성지방 농도는 일반대조군과 고콜레스테롤 식이에 알코올 섭취를 병행시킨 영양불균형대조군 간에 유의적인 차이가 관찰되지 않았다. 영양불균형대조식이에 울무와 현미를 첨가시킨 결과 오히려 혈청 중성지방 농도를 증가시켰으며, 특히 열처리생식군의 경우 영양불균형대조군에 비해 중성지방 농도가 유의적으로 증

가하였다($p < 0.05$)(Table 4). 한편, 간조직의 중성지방 농도는 영양불균형대조군(6.1 ± 0.21 mg/g liver)에서 일반대조군(4.3 ± 0.29 mg/g liver)에 비해 42% 유의적으로 더 높았다($p < 0.05$). 영양불균형대조식이에 현미 및 울무를 첨가하여 섭취시킨 일반생식군 또는 열처리생식군의 간조직 중성지방 농도는 영양불균형대조군과 유의적인 차이가 없었다(Table 5). 본 연구의 결과만으로 식이내 현미 및 울무의 첨가가 혈중 중성지방 농도를 증가시킨 이론적 배경을 설명할 수 없으나, 앞으로 이에 관한 지속적인 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다. Sugano 등(18)의 연구에서도 식이성 고지혈증이 유도된 흰쥐를 대상으로 β -sitosterol을 식이에 첨가시킨 결과 혈장 콜레스테롤 농도는 감소한 반면, 중성지방 농도가 117% 유의적으로 증가하였음이 관찰된 바 있고, 그외에 chitosan(29) 및 tangerine-peel extract(30)의 항고지혈 활성을 밝히는 연구에서도 이들 성분의 섭취가 혈중 중성지방농도를 증가시키는 경향이 있음이 관찰되었다.

고콜레스테롤 식이에 알코올 섭취를 병행시킨 영양불균형대조군의 혈청 총콜레스테롤 농도는 138.1 ± 8.1 mg/dL로 일반대조군(106.7 ± 5.1 mg/dL)에 비하여 29% 증가하였다($p < 0.05$). 한편, 영양불균형대조식이에 현미 및 울무 함유 생식 또는 열처리생식 재료를 첨가하여 5주간 사육한 결과, 영양불균형대조군에 비해 혈청 총콜레스테롤 농도가 각각

Table 5. Hepatic lipid concentration of rats fed experimental diets (mg/g liver)

Group ¹⁾	Triglyceride	Cholesterol
CD	$4.3 \pm 0.29^{2b3)$	3.5 ± 0.51^c
UCD	6.1 ± 0.21^a	5.8 ± 0.81^a
RGD	6.0 ± 0.22^a	4.9 ± 0.90^b
CGD	5.9 ± 0.28^a	5.2 ± 0.37^{ab}

¹⁾CD, control diet.

UCD, unbalanced control diet.

RGD, raw grain diet.

CGD, cooked grain diet.

²⁾Values are mean \pm SE of 8 rats.

³⁾Different letters in the same column indicate significant differences at $p < 0.05$.

Table 4. Serum lipid concentrations of rats fed experimental diets

Group ¹⁾	TG	Total C	HDL C	(LDL + VLDL) · C ²⁾	A.I. ³⁾
CD	$22.4 \pm 2.4^{4)5)}$	106.7 ± 5.1^b	69.0 ± 3.6^a	37.7 ± 2.8^c	0.55 ± 0.05
UCD	25.8 ± 1.7^b	138.1 ± 8.1^a	64.8 ± 4.6^{ab}	74.5 ± 5.9^a	1.20 ± 0.11
RGD	32.7 ± 2.2^{ab}	105.1 ± 9.0^b	50.7 ± 4.2^c	54.4 ± 5.4^b	1.07 ± 0.08
CGD	40.5 ± 6.2^a	116.3 ± 3.7^b	55.3 ± 1.3^{bc}	61.8 ± 3.3^{ab}	1.13 ± 0.05

¹⁾CD, control diet.

UCD, unbalanced control diet.

RGD, raw grain diet.

CGD, cooked grain diet.

²⁾LDL + VLDL cholesterol = Total cholesterol - HDL cholesterol.

³⁾Atherogenic index = (Total cholesterol - HDL cholesterol) / HDL cholesterol.

⁴⁾Values are mean \pm SE of 8 rats.

⁵⁾Different letters in the same column indicate significant differences at $p < 0.05$.

24% 또는 16% 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$). 혈청 HDL-콜레스테롤 농도는 일반대조군(69.0 ± 3.6 mg/dL)과 영양불균형대조군(64.8 ± 4.6 mg/dL) 간에 유의적인 차이가 관찰되지 않았고, 일반생식군의 경우 50.7 ± 4.2 mg/dL로 영양불균형대조군보다 유의적으로 더 낮았다($p < 0.05$). 혈청 LDL+VLDL-콜레스테롤 농도는 영양불균형대조군(74.5 ± 5.9 mg/dL)에서 일반대조군(37.7 ± 2.8 mg/dL)에 비하여 97% 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 한편, 영양불균형대조식에 현미 및 울무 함유 생식을 첨가한 결과, 첨가하지 않은 대조식에 비해 혈청 LDL+VLDL-콜레스테롤 농도(54.4 ± 5.4 mg/dL)를 26% 감소시켰다($p < 0.05$). 영양불균형대조식에 열처리생식을 첨가한 경우에도 혈청 LDL+VLDL-콜레스테롤 농도가 영양불균형대조군에 비해 감소하는 경향을 보였으나, 통계적으로 유의한 차이는 아니었다. 동맥경화지표(atherogenic index)를 산출한 결과, 영양불균형대조군(1.20 ± 0.11)의 경우 일반대조군(0.55 ± 0.05)보다 118% 증가된 수치를 나타냈다. 한편, 일반생식군(1.07 ± 0.08) 또는 열처리생식군(1.13 ± 0.05)의 동맥경화지표는 영양불균형대조군에 비해 감소하는 경향을 보였으나, HDL-콜레스테롤 수치가 영양불균형대조군에 비해 더 낮은 관계로 유의적인 차이를 나타내지 못했다($p > 0.05$)(Table 4). 간조직의 콜레스테롤 농도를 측정된 결과, 고콜레스테롤 식이에 알코올 섭취를 병행한 영양불균형대조군(5.8 ± 8.1 mg/g liver)에서 일반대조군(3.5 ± 5.1 mg/g liver)에 비해 66% 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 한편, 일반생식군(4.9 ± 9.0 mg/g liver)의 간조직 콜레스테롤 농도는 영양불균형대조군에 비해 유의적으로 낮았고($p < 0.05$), 열처리생식군의 경우에도 간조직 콜레스테롤 농도가 영양불균형대조군에 비해 낮은 경향을 보였으나, 통계적 유의성은 관찰되지 않았다(Table 5).

이상의 체내 콜레스테롤 농도에 관한 결과들을 종합해 보면, 동물성 지질급원의 비율을 높이고(lard: soybean oil = 8:2), 아울러 1% 콜레스테롤과 에탄올 섭취를 병행시킨 영양불균형대조군의 체내 콜레스테롤 농도는 일반대조군에 비해 유의적으로 증가하였고, 그 증가폭은 혈청(29% 증가)에 비해 간조직(66% 증가)에서 더 크게 나타났음을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 흰쥐를 대상으로 1.5% 콜레스테롤이 함유된 식이를 섭취시켜 식이성 고콜레스테롤혈증을 유도한 선행연구(31)에서도 유사하게 관찰된 바 있다. 흰쥐를 대상으로 한 Aoki 등(32)의 연구에 의하면 울무의 섭취는 혈중 총콜레스테롤 농도를 낮추고 HDL-콜레스테롤 농도를 높이는 효과가 있음이 보고되었으며, 식이에 첨가된 현미 역시 혈청 중성지방과 콜레스테롤 농도를 저하시키므로 심혈관계 질병의 예방 효과를 기대할 수 있음이 보고되었다(3). 본 실험의 결과에 의하면 열처리를 하지 않은 일반생식은 열처리생식에 비해 혈청 총콜레스테롤 및 LDL+VLDL-콜레스테롤 농도 저하효과, 아울러 간조직의 콜레스테롤농도 저하효과가 더 탁월한 것으로 나타났다. 이는 동일한 조성의 전곡 복합

물이라 하더라도 생식의 상태로 섭취하는 것이 열처리를 한 상태보다 체내 지질농도를 바람직한 방향으로 개선하는데 더욱 효과적임을 제시하는 자료로 사료된다.

혈청과 간조직의 지질과산화물 농도

현미 및 울무 함유 식이가 영양불균형 흰쥐의 혈청 및 간조직내 지질과산화물 농도에 미치는 영향이 Fig. 1과 2에 제시되어 있다. 영양불균형대조군의 혈청 TBARS 농도(3.38 ± 0.36 μ mol/L)는 일반대조군(3.14 ± 0.17 μ mol/L)에 비하여 다소 높은 경향을 보였으나, 유의적인 차이는 관찰되지 않았다. 일반생식군 또는 열처리생식군과 영양불균형대조군 간의 혈

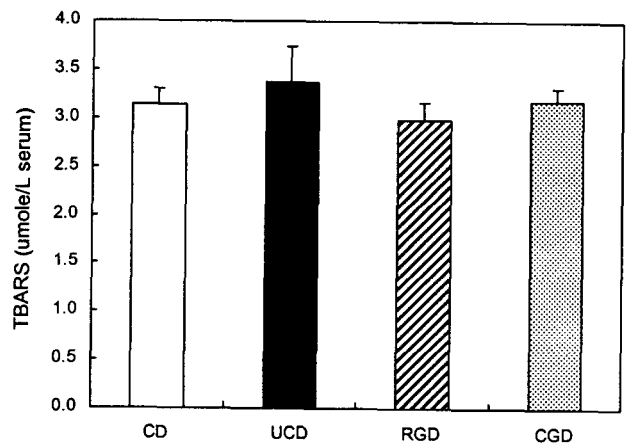


Fig. 1. Serum thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) concentration of rats fed experimental diets.

Values are mean \pm SE of 8 rats.
 CD, control diet.
 UCD, unbalanced control diet.
 RGD, raw grain diet.
 CGD, cooked grain diet.

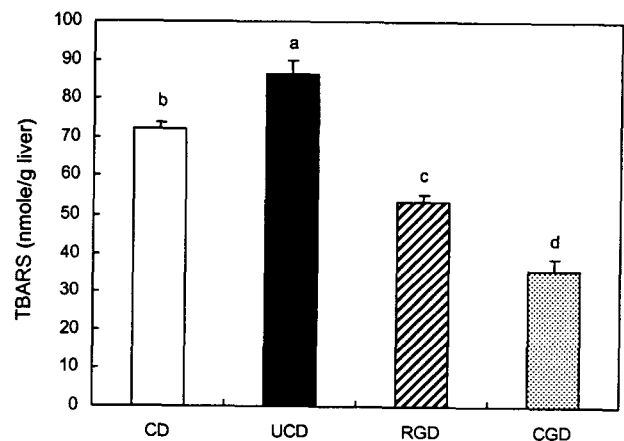


Fig. 2. Hepatic thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) concentration of rats fed experimental diets.

Values are mean \pm SE of 8 rats.
^{a-d}Different letters above the bar indicate significant differences at $p < 0.05$.
 CD, control diet.
 UCD, unbalanced control diet.
 RGD, raw grain diet.
 CGD, cooked grain diet.

청 TBARS 농도 또한 유의한 차이가 나타나지 않았다(Fig. 1).

실험식이가 체내 TBARS 농도에 미치는 영향은 혈청에서 보다 간조직에서 더욱 현저하게 나타났다. 즉, 영양불균형대조군의 간조직 TBARS 농도(86.3±3.7 nmole/g liver)는 일반대조군(71.9±2.0 nmole/g liver)에 비해 유의적으로 더 높았다. 아울러 영양불균형식이에 현미 및 울무를 첨가시킨 결과 간조직 TBARS 농도는 영양불균형대조군에 비해 각각 38%(일반생식군의 경우) 또는 59%(열처리생식군의 경우) 유의적으로 감소하였다(p<0.05)(Fig. 2).

이와 같은 본 연구의 결과는 비타민 및 무기질 섭취가 불충분한 상태에서 고콜레스테롤 식이를 섭취하는 경우 간세포막의 지질과산화가 증가하고, 증가된 간세포막의 지질과산화는 현미 및 울무 함유 식이의 섭취에 의해 효과적으로 억제될 수 있음을 시사하는 것이다.

항산화효소 활성

간조직의 superoxide dismutase(SOD), catalase 및 glutathione peroxidase(GSH-Px) 활성을 측정한 결과가 Table 6에 나타나 있다. 간조직의 총 SOD 활성은 일반대조군과 영양불균형대조군 간에 유의적인 차이가 없었고, 일반생식군 또는 열처리생식군의 경우 영양불균형대조군에 비하여 유의적으로 감소하였다(p<0.05). 간조직의 Cu, Zn-SOD 활성 및 Mn-SOD 활성은 4가지 실험군 간에 유의적인 차이가 관찰되지 않았다. 간조직의 catalase 활성 역시 영양불균형대조군과 일반대조군 간에 유의적인 차이가 없었고, 일반생식군 또는 열처리생식군과 영양불균형대조군 간에도 유의적인 차이가 관찰되지 않았다. 간조직의 GSH-Px 활성은 영양불균형대조군(0.20±0.01 unit/mg protein)에서 일반대조군(0.54±0.03 unit/mg protein)에 비해 유의적으로 감소하였으나, 영양불균형식이에 현미 및 울무를 첨가시킨 결과 영양불균형대조군과 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

SOD, catalase와 GSH-Px는 자유산소라디칼(superoxide radical)로부터 세포막과 세포내 물질을 보호하는 항산화 효소계이다. 세포내에서 자유산소라디칼은 SOD에 의해 일차

적으로 H₂O₂로 전환되며, 후자는 다시 catalase와 GSH-Px의 촉매작용에 의해 H₂O로 환원되므로써 조직을 과산화적 손상으로부터 보호하게 된다(33). Liu 등(34)의 연구에 의하면 간암을 유발시킨 마우스에게 비타민 E와 β-카로틴 등의 항산화영양소를 경구투여한 결과, 혈장 GSH-Px 활성이 증가되고 과산화물 농도는 감소되었으며 간암의 성장이 억제되었다. 또한 Chow(35)는 흰쥐에게 비타민 E 결핍 식이를 4개월간 섭취시킨 결과 적혈구 및 혈장의 GSH-Px 활성이 유의적으로 감소한 반면(p<0.05), SOD와 catalase 활성에는 유의적인 차이가 나타나지 않았음을 발표하였다.

이와 같은 본 연구의 결과는 비타민 및 무기질 섭취가 불충분한 상태에서 고콜레스테롤 식이를 섭취하는 경우 간세포막의 지질과산화가 증가하고, 증가된 간세포막의 지질과산화는 현미 및 울무 함유 식이의 섭취에 의해 효과적으로 억제될 수 있음을 시사하는 것이다. 현미 또는 울무의 섭취가 간조직의 지질과산화물 농도 및 항산화효소 활성에 미치는 영향에 관한 연구는 보고된 바가 없어 본 연구결과와 비교할 수 없음이 아쉽다. 한편, Kim과 Lee(10)는 울무의 n-butanol 분획물이 600 µg/mL 이상의 고농도에서 표준물질인 BHT와 거의 동등한 수준의 강한 1,1-diphenyl picryl hydrazyl(DPPH) 라디칼 소거활성을 나타냄을 보고하였고, Kuo 등(36)은 울무에 함유된 DPPH 라디칼 소거활성을 나타내는 물질로 coniferyl alcohol, syringic acid, ferulic acid, syringaresinol, 4-keropinoresinol과 lignan의 일종인 mayuenolide 등의 여섯 가지 물질을 분리·동정하였다.

혈청 및 장간막임파절의 면역활성도

혈청 IgA 및 IgG 농도와 장간막임파절의 면역세포 분포를 측정된 결과가 Table 7에 나타나 있다. 체액성 면역을 담당하는 B 임파구는 항원과 접촉하면 plasma cell로 분화되면서 여러 가지 항체를 생성하여 분비하게 된다. IgA는 타액과 기관지액 등의 분비액에 존재하는 주된 항체로 체내 알레르기 반응을 예방하는 역할을 담당한다(37). IgG는 혈액 내에 가장 많은 양으로 존재하는 면역글로불린으로서 혈관내의

Table 6. Hepatic antioxidant enzyme activities of rats fed experimental diets

Group ¹⁾	SOD ²⁾			Catalase	GSH-Px ³⁾
	Total-SOD	Cu, Zn-SOD (unit/g protein)	Mn-SOD		
CD	130±3.6 ^{4)ab3)}	45.5±3.0	84.2±2.8	247±29	0.54±0.03 ^a
UCD	140±2.2 ^a	40.6±2.2	99.0±2.6	247±44	0.20±0.01 ^b
RGD	120±3.3 ^b	33.0±9.4	86.5±8.6	236±44	0.18±0.02 ^b
CGD	119±5.3 ^b	25.1±14	101±6.3	176±14	0.20±0.02 ^b

¹⁾CD, control diet.

UCD, unbalanced control diet.

RGD, raw grain diet.

CGD, cooked grain diet.

²⁾Hepatic superoxide dismutase.

³⁾Hepatic glutathione peroxidase.

⁴⁾Values are mean±SE of 8 rats.

⁵⁾Different letters in the same column indicate significant differences at p<0.05.

Table 7. Serum antibody concentrations and mesenteric lymph node immune cell population of rats fed experimental diets

Group ¹⁾	IgG (μg/mL)	IgA (μg/mL)	CD4 ⁺ (%)	CD8 ⁺ (%)	CD4 ⁺ /CD8 ⁺
CD	150±1.6 ²⁾	39.9±1.3	44.8±1.9 ³⁾	20.6±1.9	2.4±0.2 ^b
UCD	152±2.5	38.5±1.2	45.8±3.3 ^b	25.5±3.1	2.0±0.3 ^b
RGD	159±3.9	38.2±0.9	61.1±2.8 ^a	17.8±0.7	3.5±0.2 ^a
CGD	150±1.6	38.0±2.4	50.7±3.9 ^b	20.3±1.8	2.6±0.2 ^b

¹⁾CD, control diet.

UCD, unbalanced control diet.

RGD, raw grain diet.

CGD, cooked grain diet.

²⁾Values are mean±SE of 8 rats.

³⁾Different letters in the same column indicate significant differences at $p<0.05$.

를 쉽게 이동하여 박테리아 독소를 중화시키고, 항원과 결합한다(38). 본 연구의 결과에 의하면 혈청 IgA 및 IgG 농도는 영양불균형대조군과 일반대조군 간에 유의적인 차이를 나타내지 않았으며, 일반생식군 또는 열처리생식군과 영양불균형대조군 간에도 유의적인 변화가 관찰되지 않았다(Table 7).

실험동물의 장간막임파절 면역활성도를 평가한 결과, CD4⁺ T-세포의 분포는 영양불균형대조군과 일반대조군 간에 유의적인 차이가 없었다. 한편, 일반생식군의 경우 장간막임파절의 CD4⁺ T-세포의 분포가 61.1±2.8%로 나타나 영양불균형대조군(45.8±3.3%) 또는 일반대조군(44.8±1.9%)에 비해 유의적으로 증가하였다($p<0.05$). 열처리생식군의 CD4⁺ T-세포 분포(50.7±3.9%) 역시 영양불균형대조군 또는 일반대조군에 비해 높은 경향을 나타냈으나, 유의적인 차이는 아니었다. CD4⁺ molecule은 helper T-세포의 지표이며, 항원을 인식하고 T-세포를 활성화하여 다양한 사이토카인들을 분비케하므로써 세포성 면역반응을 매개하는 역할을 담당한다. CD4⁺ T-세포에 의해 분비된 사이토카인은 B-림파구와 상호작용하여 항체 형성을 유도한다(39).

CD8⁺ molecule은 cytotoxic 또는 suppressor T-세포의 지표이며, 활성화된 CD8⁺ T-세포는 바이러스에 감염된 세포 및 암세포를 분해시키는가 하면, 반대로 이와 같은 반응이 과잉으로 진행되지 않도록 세포성 면역반응을 억제하는 역할을 하기도 한다(11). 본 연구의 결과에 의하면 장간막임파절의 CD8⁺ T-세포 분포는 영양불균형대조군에서 25.5±3.1%로, 일반대조군(20.6±1.9%)에 비해 높은 경향을 나타냈다. 일반생식군 또는 열처리생식군의 CD8⁺ T-세포 분포는 영양불균형대조군보다 낮은 경향을 보였으나, 통계적 유의성은 나타나지 않았다.

장간막임파절의 CD4⁺/CD8⁺ 세포 비율은 영양불균형대조군(2.0±0.3)에서 일반대조군(2.4±0.2)에 비해 다소 낮았으나 유의적인 차이가 아니었고, 현미 및 울무가 첨가된 생식식이(3.5±0.2)는 영양불균형대조군에 비해 장간막임파절의 CD4⁺/CD8⁺ 비율을 유의적으로 증가시켰다($p<0.05$). 열처리생식군의 장간막임파절 CD4⁺/CD8⁺ 비율 역시 영양불균형대조군 또는 일반대조군에 비해 높은 경향을 보였으나, 통계적 유의성은 관찰되지 않았다. 일반적으로 안정 상태에서 장간막임파절의 CD4⁺ T-세포가 증가하는 경우 면역기능이 향상

되었음을, 그리고 CD8⁺ T-세포가 증가하는 경우 면역기능이 저하되었음을 의미한다(27). 따라서 장간막임파절의 CD4⁺/CD8⁺ 세포 비율은 면역기능의 중요한 지표로 이용된다. 영양상태가 불량한 경우 장간막임파절의 CD4⁺ T-세포는 급격히 감소하나, CD8⁺ T-세포는 보다 완만하게 감소하므로써 결과적으로 CD4⁺/CD8⁺ 비율이 감소되었음이 보고된 바 있다(40). 본 실험에서 얻어진 장간막임파절의 면역활성도 결과를 종합해 보면, 현미 및 울무 함유 생식은 고콜레스테롤 식이에 알코올 섭취를 병행시켜 영양불균형이 유도된 흰쥐의 면역능력 저하 현상에 대하여 보호효과가 있는 것으로 사료되며, 동일한 조성의 곡류를 열처리하여 첨가한 경우 이와 같은 효과가 약화되었음을 알 수 있다. Seo 등(41)은 interferon-gamma와 lipopolysaccharide, 그리고 phorbol ester로 활성화시킨 Raw 264.7 세포주를 울무의 methanol 추출물로 처리한 결과, 염증매개인자(NO 및 O₂)의 생성이 용량 및 시간 의존적으로 감소하였음을 관찰하고, 울무의 염증 억제활성을 제시한 바 있다.

요 약

본 연구에서는 sub-optimal 수준의 비타민과 무기질을 섭취하며, 고콜레스테롤 식이에 알코올 섭취를 병행하여 영양불균형이 유도된 흰쥐를 대상으로 현미와 울무로 구성된 생식 또는 열처리생식을 식이에 첨가하여 5주간 사육시킨 후 체내 지질농도, 항산화체계 및 면역기능에 미치는 영향을 평가하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 영양불균형대조군의 식이효율은 일반대조군에 비해 더 낮았고, 현미 및 울무 함유 생식 또는 열처리생식을 첨가한 결과 영양불균형대조군에 비해 식이효율이 유의적으로 증가하였다($p<0.05$). 혈청 총콜레스테롤 농도는 일반생식군 또는 열처리생식군에서 영양불균형대조군에 비해 각각 24% 또는 16% 유의적으로 감소하였고($p<0.05$) LDL+VLDL-콜레스테롤 농도 역시 일반생식군에서 영양불균형대조군에 비해 26% 유의적으로 감소하였으나($p<0.05$), atherogenic index에는 유의적인 차이가 없었다. 일반생식군의 간조직 콜레스테롤 농도는 영양불균형대조군에 비해 16% 유의적으로 감소하였다($p<0.05$). 간조직의 지질과산화물 농도는 일반생식군 또는 열처리생식군에서

영양불균형대조군에 비해 각각 38% 또는 59% 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$). 한편, 영양불균형대조식에 일반생식 또는 열처리생식을 첨가한 결과 간조직의 항산화효소계 활성에 유의적인 영향을 미치지 못하였다. 장간막임파절의 $CD4^+$ T-세포 분포 및 $CD4^+/CD8^+$ 비율은 일반생식군에서 영양불균형대조군에 비해 유의적으로 증가한 반면($p < 0.05$), 열처리생식군과 영양불균형대조군 간에는 유의적 차이가 없었다. 이상의 결과를 종합해 보면 열처리를 하지 않은 현미 및 울무 함유 생식은 열처리생식에 비해 영양불균형 흰쥐의 체내 콜레스테롤 농도 저하효과 및 장간막임파절의 면역활성도 증가효과가 더 우수한 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 2002년도 제일제당주식회사 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사 드립니다.

문헌

1. 최기남. 1979. 餐霞詩文集. 김기동 역, 세종대학교 출판부.
2. Slavin J, Jacobs D, Marquart L. 1997. Whole-grain consumption and chronic disease: protective mechanisms. *Nutr Cancer* 27: 14-21.
3. Kim MK, Won EJ. 1984. Effects of feeding polished or brown rice diet with different kinds of lipids on the metabolism in rats. *Kor J Nutr* 17: 154-162.
4. Akiba Y, Matsumoto T. 1980. Effects of several types of dietary fibers on lipid content in liver and plasma, nutrient retentions and plasma transaminase activities in force-fed growing chicks. *J Nutr* 110: 1112-1121.
5. Burkitt DP, Walker AR, Painter NS. 1974. Dietary fiber and disease. *JAMA* 229: 1068-1074.
6. Trowell H. 1975. Letters to the editor: coronary heart disease and dietary fiber. *Am J Clin Nutr* 28: 798-800.
7. Lee HJ, Byun SM, Kim HS. 1988. Studies on the dietary fiber of brown rice and milled rice. *Korean J Food Sci Technol* 20: 576-584.
8. Hirai H, Takase H, Kobayashi H, Yamamoto M, Fujioka N, Kohda H, Yamasaki T, Nakajima T. 1983. Screening test for anti inflammatory cride drugs based on inhibition effect of histamine release from mast cell. *Shoyakugaku Zasshi* 37: 374.
9. Takahashi M, Konno C, Hikino H. 1986. Isolation and hypoglycemic activity of Coixans A, B and C, glycans of *Coix lachryma jobi L. var. ma-yuen* seeds. *Planta Medica* 52: 64-65.
10. Kim JK, Lee HS. 2000. Tyrosinase inhibitory and radical scavenging activities from the seeds of *Coix lachryma jobi L. var. ma-yuen* [Roman] Stapf. *Korean J Food Sci Technol* 32: 1409-1413.
11. Chandra S, Chandra RK. 1986. Nutrition, immune response, and outcome. *Prog Food Nutr Sci* 10: 1-65.
12. Chandra RK. 1994. Basic immunology and its application to nutritional problems. In *Diet, nutrition and immunity*. Forse RA, ed. CRC Press, Boca Raton. p 1-8.
13. Hatam LJ, Kayden HJ. 1979. A high-performance liquid chromatographic method for the determination of tocopherol in plasma and cellular elements of the blood. *J Lipid Res*

- 20: 639-645.
14. Coquette A, Vray B, Vanderpas J. 1986. Role of vitamin E in the protection of the resident macrophage membrane against oxidative damage. *Arch Int Physiol Biochim* 94: S29-S34.
15. Meydani SN, Wu D, Santos MS, Hayek MG. 1995. Anti-oxidants and immune response in aged persons: overview of present evidence. *Am J Clin Nutr* 62 (6 Suppl): 1462S-1476S.
16. Chew BP. 1995. Antioxidant vitamins affect food animal immunity and health. *J Nutr* 125 (6 Suppl): 1804S-1808S.
17. Reeves PG. 1997. Components of the AIN-93 diets as improvements in the AIN-76A diet. *J Nutr* 127 (5 Suppl): 838S-841S.
18. Sugano M, Morioka H, Ikeda I. 1977. A comparison of hypocholesterolemic activity of β -sitosterol and β -sitostanol in rats. *J Nutr* 107: 2011-2019.
19. Auger C, Caporiccio B, Landraut N, Teissedre PL, Laurent C, Cros G, Besancon P, Rouanet J-M. 2002. Red wine phenolic compounds reduce plasma lipids and apolipoprotein B and prevent early aortic atherosclerosis in hypercholesterolemic golden syrian hamsters (*Mesocricetus auratus*). *J Nutr* 132: 1207-1213.
20. Lim SS, Jung HO, Jung BM. 1997. Effect of *Ixeris sonchifolia H.* on serum lipid metabolism in hyperlipidemic rats. *Kor J Nutr* 30: 889-894.
21. Folch J, Lees M, Sloan-Stanley GH. 1957. A simple method for isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem* 226: 497-509.
22. Ohkawa H, Ohishi N, Yagi K. 1979. Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Anal Biochem* 95: 351-358.
23. Marklund S, Marklund G. 1974. Involvement of the superoxide anion radical in the autoxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eur J Biochem* 47: 469-74.
24. Aebi H. 1974. Catalase. In *Methods of enzymatic analysis*. Bergmeyer HU, ed. Academic Press, New York. Vol 2, p 673-684.
25. Paglia DE, Valentine WN. 1967. Studies on the quantitative and qualitative characterization of erythrocyte glutathione peroxidase. *J Lab Clin Med* 70: 158-169.
26. Perlmann H, Perlmann P. 1994. Enzyme-linked immunosorbent assay. In *Cell biology: a laboratory handbook*. Academic Press, San Diego. p 322-328.
27. Lim BO, Yamada K, Nonaka M, Kuramoto Y, Hung P, Sugano M. 1997. Dietary fibers modulate indices of intestinal immune function in rats. *J Nutr* 127: 663-667.
28. National Rural Living Science Institute. 1996. *Food composition table*. 5th ed. National Rural Living Science Institute, Seoul.
29. Sugano M, Fujikawa T, Hiratsuji Y, Nakashima K, Fukuda N, Hasegawa Y. 1980. A novel use of chitosan as a hypocholesterolemic agent in rats. *Am J Clin Nutr* 33: 787-793.
30. Bok SH, Lee SH, Park YB, Bae KH, Son KH, Jeong TS, Choi MS. 1990. Plasma and hepatic cholesterol and hepatic activities of 3-hydroxy-3 methyl-glutaryl-CoA reductase and acyl CoA:cholesterol transferase are lower in rats fed citrus peel extract or a mixture of citrus bioflavonoids. *J Nutr* 129: 1182-1185.
31. Park T, Lee KS, Um YS. 1998. Dietary taurine supplementation reduces plasma and liver cholesterol and triglyceride concentrations in rats fed a high cholesterol diet. *Nutr Res* 18: 1559-1571.

32. Aoki M, Tuzihara N. 1984. Effect of *Hatomugi* (*Coix lachryma-jobi L. var. Ma-yuen*) on the blood pressure, cholesterol absorption and serum lipids level. *Japan J Home Economics* 35: 89-96.
33. Harris ED. 1992. Regulation of antioxidant enzymes. *J Nutr* 122 (3 Suppl): 625-626.
34. Liu SL, Shi DY, Pan XH, Shen ZH. 2001. Inhibition of proliferation and expression of N-ras in hepatoma cells by antioxidation treatment. *Sheng Wu Hua Xue Yu Sheng Wu Wu Li Xue Bao (Shanghai)* 33: 463-466.
35. Chow CK. 1977. Dietary vitamin E and levels of reduced glutathione, glutathione peroxidase, catalase and superoxide dismutase in rat blood. *Int J Vitam Nutr Res* 47: 268-273.
36. Kuo CC, Chiang W, Liu GP, Chien YL, Chang JY, Lee CK, Lo JM, Huang SL, Shih MC, Kuo YH. 2002. 2,2'-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radical-scavenging active components from adlay (*Coix lachryma-jobi L. var. ma-yuen Stapf*) hulls. *J Agric Food Chem* 50: 5850-5855.
37. Metcalfe DD. 1991. Food allergy. *Curr Opin Immunol* 3: 881-886.
38. Sherman AR, Hallquist AH. 1992. Immunity. *Kor J Nutr* 25: 287-306.
39. Abbas AK, Lichtman AH, Pober JS. 2000. *Cellular and molecular immunology*. 4th ed. W.B. Saunders Company, Philadelphia. p 161-180.
40. Chandra RK. 1981. Nutrition and immunity; lessons from the past and new insights into the future. *Am J Clin Nutr* 53: 1087-1101.
41. Seo WG, Pae HO, Chai KY, Yun YG, Kwon TH, Chung HT. 2000. Inhibitory effects of methanol extract of seeds of *Job's Tears* (*Coix lachryma-jobi L. var. ma-yuen*) on nitric oxide and superoxide production in Raw 264.7 macrophages. *Immunopharmacol Immunotoxicol* 22: 545-554.

(2002년 12월 10일 접수; 2003년 2월 21일 채택)