

## 김치로부터 분리한 유산균 *Leuconostoc kimchii* GJ2가 고콜레스테롤식을 급여한 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향

이재준 · 이유미 · 김아라 · 장해춘 · 이명렬<sup>†</sup>  
조선대학교 식품영양학과

### Effect of *Leuconostoc kimchii* GJ2 Isolated from Kimchi (Fermented Korean Cabbage) on Lipid Metabolism in High Cholesterol-Fed Rats

Jae-Joon Lee, Yu-Mi Lee, Ah-Ra Kim, Hae-Choon Chang and Myung-Yul Lee<sup>†</sup>  
Department of Food and Nutrition, Chosun University, Gwangju 500-759, Korea

#### Abstract

The present study investigated the effect of *Leuconostoc kimchii* GJ2 (Leu. kimchii GJ2), an exopolysaccharide-producing lactic acid bacterium isolated from kimchi, on serum and liver lipid metabolism in rats fed a high-cholesterol diet. Male Sprague-Dawley rats were divided into four groups: a normal diet group (ND), a high-cholesterol diet group (HCD), a high-cholesterol diet and 200 mg/kg Leu. kimchii GJ2-administered group (HCD-LKL), and a high-cholesterol diet and 400 mg/kg Leu. kimchii GJ2-administered group (HCD-LKH). No between-group differences were found in body weight gain, food intake, or food efficiency ratio. The serum GOT and ALP activities that were elevated by the high-cholesterol diet were significantly decreased after Leu. kimchii GJ2 administration. Serum HDL-cholesterol level was markedly increased in the Leu. kimchii GJ2-administered groups, whereas the serum total cholesterol and LDL-cholesterol levels were lower in the Leu. kimchii GJ2-administered animals. Liver levels of total cholesterol and triglyceride were also markedly lower in the Leu. kimchii GJ2-administered groups. In addition, increased activities of HR-LPL and TE-LPL in adipose tissue, caused by the high-cholesterol diet, fell to normal after administration of Leu. kimchii GJ2, in a dose-dependant manner. These results suggest that Leu. kimchii GJ2 isolated from kimchi exerts an antiatherosclerotic effect by reducing serum and liver cholesterol levels.

**Key words :** *Leuconostoc kimchii* GJ2, high cholesterol diet, cardiovascular disease index, rat

#### 서 론

김치는 우리나라 고유의 전통 채소 발효식품(1-2)으로 유산균을 비롯하여 유기산, 식이섬유소, 여러 건강 기능성 성분, 영양 성분 등을 다량 함유하고 있어 김치의 기능성과 효능에 관한 연구들이 활발하게 진행되고 있다. 특히, 김치 유산균은 살아있는 생균제(probiotics)로 영양학적 및 약리학적 장점들이 부각되면서 김치 유산균의 활용에 대한 인식이 재평가되고 있다. 김치 발효에 관여하는 유산균은 유산

균과 같은 낙농제품에 들어있는 유산균과 비슷한 정장 및 항암작용, 면역증강 등의 기능을 하므로 대장 건강에 중요한 역할을 한다. 김치 유산균은 면역기능 강화(3), 혈중 콜레스테롤 저하효과(4), 간 기능 항진작용(5), 항암작용(6), 항산화작용(7-8) 등의 다양한 건강 증진 기능을 보이고 있다.

유산균 기능성 물질로 알려진 exopolysaccharides(EPS)는 지난 20여년에 걸쳐서 다양하게 연구가 수행되었는데, EPS는 물에 녹거나 분산되는 긴 사슬의 고분자 중합체로 미생물 세포벽의 일부로서 세포벽 주위에 협막을 형성하거나 세포벽 외부의 점질물(slime) 형태로서 발효 중에 축적되는 미생물의 1차 또는 2차 대사산물인 다당류이다(9). 미생물의 EPS는 에너지원으로 이용되지 않는으나 건조, 식균작

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail : mylee@mail.chosun.ac.kr,  
Phone : 82-62-230-7722, Fax : 82-62-225-7726

용, 원생동물의 습식, 항생제, 독성화합물, 삼투압 스트레스 등과 같은 외부환경으로부터 자신을 보호하는 작용을 하는 것으로 알려졌다(10). EPS는 미생물이 가장 다량으로 생성하는 다당류이며, 배양액으로부터 회수가 쉽고, 정제비용이 적게 들므로 상업적인 잠재력이 가장 높은 다당류이다(11).

EPS를 생성하는 유산균을 대상으로 실험한 결과, EPS 생성 유산균은 체외에 합성된 다당류의 보호작용으로 인하여 위속을 통과하는 과정에서 EPS를 생성하지 않는 유산균에 비하여 훨씬 많이 장에 도달한다고 보고(12)되었을 뿐만 아니라 유산균이 생성하는 EPS는 식이섬유소로서의 기능도 동시에 발휘할 수 있기 때문에(13) 유산균이 지니는 정상작용 이외에 식이섬유소가 미치는 여러 가지 유용한 기능을 동시에 수행할 수 있는 장점이 있다. 따라서 최근에 EPS는 물성 기능소재뿐만 아니라 생리기능소재로서 주목받고 있는데, 유산균 중 *Bifidobacteria*와 *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgicus*, *Lactobacillus helveticus* var. *jugurti*로부터 유래한 EPS는 항암효과(14)가 있으며, *Streptococci*로부터 생산된 EPS는 면역학적 효과, 항궤양효과 및 콜레스테롤 저하효과가 있는 것으로 보고되었다(15). 그러나 지금까지 유산균으로부터 생산된 EPS에 관한 많은 연구는 대부분 발효유 제품의 물성 기능소재로서의 중간 이용에 관한 것이거나, EPS 생산 균주의 탐색이나 특성에 관한 연구도 거의 발효유 제품에서 분리한 유산균에 국한되고 있다. 그러나 채소발효식품, 특히 김치에서 분리한 경우는 Eom 등(16)이 동치미에서 고활성 dextranucrase를 생성하는 *Leuconostoc mesenteroides*를 분리하였고, Kim 등(17)이 김치로부터 dextran 생성 *Leuconostoc lactis*의 분리에 관한 연구, Kim 등(12)이 김치로부터 EPS 생성 유산균의 분리 및 특성 규명에 관한 연구가 주로 행하여졌으나 이들 유산균의 효능 검증에 관한 연구는 많지 않다.

유산균의 콜레스테롤 저하효과에 관한 연구는 유산균이 콜레스테롤을 동화, 복합 담즙산을 분해하여 담즙산 재흡수를 억제하는 방법 및 콜레스테롤의 세포벽 흡착 등의 기전에 의하여 이루어지는 것으로 알려져 있다(18). Klaver와 Van der Meer(19)의 보고에 의하면 유산균이 담즙산을 탈포합(deconjugation)하여 콜레스테롤과 담즙산을 침전시켜 콜레스테롤을 저하시킨다고 보고하였다. Park 등(20)이 김치 유산균을 함유하고 있는 상업용 유산균주와 한국유전자은행의 표준균주를 사용하여 *in vitro* 에서 콜레스테롤 저하능이 우수한 13균주를 선발하여 이들의 동결건조 분말을 고콜레스테롤식이의 흰쥐에게 투여한 결과 *in vivo* 에서도 8균주가 콜레스테롤 저하능을 보여 *in vitro* 와 *in vivo* 연구 모두에서 콜레스테롤 저하효과를 관찰하였으며, Kim과 Kim(21)도 *in vitro* 에서 김치 유산균이 콜레스테롤 저하효과가 있는 것으로 보고하였다. 또한 고지방식을 섭취한 흰쥐에게 김치유산균분말을 급여 시 항비만 효과뿐만

아니라 혈장 지질을 저하시키는 효과가 있음을 확인하였다(22).

따라서 본 연구에서는 Kim(12)이 김치로부터 분리·동정하여 장에 정착성이 우수하고 내산성, 인공위액, 인공담즙에 높은 저항성을 나타낸 EPS 생성 유산균인 *Leuconostoc kimchii* GJ2(*Leu. kimchii* GJ2)의 고지혈증 예방효과를 알아보기 위하여 고콜레스테롤식을 급여한 흰쥐에게 *Leu. kimchii* GJ2를 경구 투여한 후 혈청과 간의 지방대사에 미치는 영향을 측정하여 상호 비교 검토하였다.

## 재료 및 방법

### EPS 생성 유산균주의 분리와 EPS의 분리

김치로부터 분리되어 유산균으로 확인된 김치유산균주를 sucrose(trypton 10 g, yeast extract 5 g, dipotassium phosphate 5 g, diammonium citrate 5 g, sucrose 50 g/l L, pH 7.0) 고체배지에 도말하여 30°C에서 48시간 배양한 후, mucoid colony를 나타내는 점질균을 선정하고, 다시 sucrose 액체배지에서 점성물질을 분비하는 것을 확인하여 EPS 생성 균주로 선정하였다. 분리 균주는 MRS(Difco, France) 액체배지에 배양한 후 대수기에 있는 배양액에 glycerol이 25%(v/v)가 되게 첨가하여 -70°C에서 보관하였으며, 실험에 사용할 경우 5 mL MRS 액체배지에 접종하여 30°C에서 24시간 배양한 후 MRS 액체배지에 1차 계대하고, 다시 sucrose 액체배지에 2차 계대하여 30°C에서 48시간 배양하여 사용하였다. 분리균주로부터 생성된 EPS의 분리는 균체 배양액을 4°C에서 원심분리(9,950 × g, 25 min)하여 균체를 제거하고, EPS를 침전시키기 위하여 회수한 상정액을 2배량의 냉각된 95% 에탄올을 서서히 가하여 4°C에서 15분간 침전시켰다. 침전물을 원심분리(9,950 × g, 25 min, 4°C)하여 회수하고, 남은 에탄올을 건조시킨 후 동결건조 하여 이를 crude EPS로 하였다(23).

### 실험동물의 사육 및 식이

실험동물은 Sprague Dawley계 5주령 수컷 흰쥐 40마리를 (주)바이오제노믹스(서울)에서 구입하여 1주일 동안 일반식이로 적응시킨 후 평균 체중 80~100 g인 것을 난괴법에 따라 각 처리 군 당 8마리씩 5군으로 나누어 플라스틱 케이지에 1마리씩 분리하여 4주간 사육하였다. 실험식은 Table 1에서와 같이 AIN-93을 기준(24)으로 조제하였으며, *Leu. kimchii* GJ2 저용량 투여군은 1일 흰쥐 체중 kg 당 200 mg, 고용량 투여군은 1일 흰쥐 체중 kg 당 400 mg을 생리식염수에 용해시켜 매일 일정한 시간에 경구 투여하였다. 실험군은 Table 2에서와 같이 정상군(ND), 고콜레스테롤식이투여군(HCD), 고콜레스테롤식이와 *Leu. kimchii* GJ2 저용량(200 mg/kg of bw/day) 병합투여군(HCD-LKL),

고콜레스테롤식이와 *Leu. kimchii* GJ2 고용량(400 mg/kg of bw/day) 병합투여군(HCD-LKH)으로 나누어 실시하였다. 물과 식이는 제한 없이 공급하였고 사육실 온도는  $18 \pm 2^\circ\text{C}$ 로 유지하였으며 조명은 12시간 주기(08:00~20:00)로 조절하였다. 최종 체중에서 실험개시 전의 체중을 감하여 실험개시 전의 체중으로 나누어 체중증가율로 표시하였고, 사육기간의 체중증가율을 동일 기간의 식이섭취량으로 나누어 각 실험군의 식이효율을 구하였다.

**Table 1. Composition of experimental diet**

Group	Diet Composition
ND	Normal diet <sup>1)</sup>
HCD	High cholesterol diet
HCD-LKL <sup>2)</sup>	High cholesterol diet + LKL
HCD-LKH <sup>3)</sup>	High cholesterol diet + LKH

<sup>1)</sup>According to AIN-93 diet composition(24).

<sup>2)</sup>LKL: *Leu. kimchii* GJ low(200 mg/kg, b.w./day, p.o.) administered group.

<sup>3)</sup>LKH: *Leu. kimchii* GJ high(400 mg/kg, b.w./day, p.o.) administered group.

### 시료채취 및 분석

시험동물은 사양시험 종료 후 12시간 절식시킨 후 CO<sub>2</sub>로 가볍게 마취된 상태에서 단두 절단하여 채혈한 후 3,000 rpm에서 20분간 원심분리한 다음 혈청을 분리하여 지질 성상 및 효소 활성 측정용 시료로 사용하였다. 채혈 후 간과 부고환지방조직을 적출한 다음, 생리식염수로 세척하고 여과지로 수분을 제거하여 무게를 측정하였다. 지방조직은 lipoprotein lipase(LPL) 활성을 측정하기 위하여 20~50 mg 정도의 지방조직을 떼어낸 후 효소 활성이 떨어지지 않도록 methanol을 함유한 dry ice에 넣어 급속 동결시켰다. 모든 시료는 분석 전 까지 -70°C에서 냉동 보관하였다가 분석에 이용하였다.

**Table 2. Composition of experimental diet**

Ingredients	(g/kg diet)	
	ND <sup>1)</sup>	HCD <sup>2)</sup>
Casein	200.0	200.0
L-cystine	1.8	1.8
Corn starch	501.2	491.2
Sucrose	100.0	100.0
Cellulose	50.0	50.0
Lard	100.0	100.0
Mineral mix <sup>3)</sup>	35.0	35.0
Vitamin mix <sup>4)</sup>	10.0	10.0
Choline bitartrate	2.0	2.0
Cholesterol	0.0	10.0

<sup>1)</sup>ND : Normal diet.

<sup>2)</sup>HCD : High cholesterol diet

<sup>3),4)</sup>AIN-93-MX mineral mixture and AIN-93-VX vitamin mixture(24).

### 혈청 지질 함량 및 효소 활성 측정

혈청 내 중성지질, 총콜레스테롤 및 HDL-콜레스테롤 함량, GOT, GPT 및 ALP 활성은 혈액 자동분석기(Fuji Dri-Chem 3,500, Fujifilm., Japan)를 사용하여 분석하였으며, LDL-콜레스테롤 함량은 Friedewald 등(25)의 방정식에 의거하여 구하였다. 인지질 함량은 Eng와 Noble의 방법(26)으로 조제된 kit(Wako Co., Japan)를 사용하여 측정하였다. 심혈관계질환의 위험도 판정에 이용되는 동맥경화지수(atherogenic index, AI)는 {(총콜레스테롤 - HDL-콜레스테롤)/HDL-콜레스테롤}에 의거하여 구하였으며, 심혈관위험지수(cardiac risk factor, CRF)는 총콜레스테롤을 HDL-콜레스테롤로 나누어 구하였다.

### 간조직의 총콜레스테롤 및 중성지질 함량 분석

간조직의 지질 추출은 Folch 방법(27)에 의하여 실시하였는데 적출한 간 조직 0.5 g에 6 mL chloroform-methanol(2:1, v/v)를 첨가하여 냉장상태에서 3일간 방치한 후 2 mL H<sub>2</sub>O를 첨가한 다음 3,000 rpm에서 20분간 원심분리시킨 다음 지질을 추출하였다. 이와 같이 추출한 지질을 가지고 총콜레스테롤과 중성지질 함량을 분석하였는데, 총콜레스테롤 함량은 Zlatkis와 Zak의 방법(28)에 의하여 측정하였으며, 중성지질 함량은 Biggs 등의 방법(29)으로 측정하였다.

### 지방조직의 LPL 활성 측정

부고환지방조직의 heparin-releasable LPL(HR-LPL) 활성은 heparin을 함유한 배양액 중으로 방출된 지방조직의 세포외액에 함유된 LPL만의 활성을 측정하는 것으로 Nilsson-Ehle과 Schotz의 방법(30)을 변형시킨 Fried와 Zechner의 방법(31)에 의하여 측정하였다. 지방조직의 세포내액 및 세포외액 모두에 존재하는 총체적인 LPL 활성을 측정하는 방법인 total extractable LPL(TE-LPL) 활성 측정은 Iverius와 Brunzell의 방법(32)에 의해 실시하였다.

### 통계처리

실험결과는 SPSS package를 이용하여 실험군당 평균과 표준오차로 표시하였고 통계적 유의성 검정은 일원배치 분산분석(one-way analysis of variance)을 한 후 p<0.05 수준에서 Tukey's test를 이용하여 상호 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 체중증가율, 식이효율 및 간조직 무게

콜레스테롤을 혼합한 실험식이와 EPS 생성 유산균인 *Leu. kimchii* GJ2의 용량을 다르게 하여 4주간 투여한 흰쥐의 체중증가율, 식이섭취량, 식이효율 및 간장/체중 비율은 Table 3과 같다.

**Table 3. Changes in body weight gain, food intake, food efficiency ratio and liver index of rats fed high cholesterol diet containing *Leu. kimchii* GJ2 isolated from kimchi**

Groups <sup>1)</sup>	Body weight gain (g/day)	Food intake (g/day)	FER <sup>2)</sup>	Liver index (g/100 g body wt.)
ND	5.24±0.61 <sup>3)NS4)</sup>	21.09±1.93 <sup>NS</sup>	0.25±0.02 <sup>NS</sup>	4.02±0.42 <sup>b5)</sup>
HCD	5.96±0.42	23.10±2.02	0.26±0.05	5.39±0.67 <sup>a</sup>
HCD-LKL	5.36±0.20	20.52±2.13	0.26±0.04	5.11±0.31 <sup>a</sup>
HCD-LKH	5.35±0.40	20.19±1.66	0.26±0.03	4.44±0.27 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>See the legend of Table 1.

<sup>2)</sup>FER(food efficiency ratio): weight gain(g/day)/food intake(g/day).

<sup>3)</sup>The results are mean ± S.E. for 8 rats in each group.

<sup>4)</sup>NS : not significantly different among groups.

<sup>5)</sup>Values with different superscripts in the same column are significantly different(p<0.05) between groups by Tukey's test.

체중증가율, 식이섭취량 및 식이효율은 Table 3에서와 같이 실험군 간에 유의차가 없었다. 체중 당 간조직의 무게는 고콜레스테롤식을 급여한 실험군들(HCD군, HCD-LKL군 및 HCD-LKH군)이 정상식을 급여한 ND군에 비하여 증가되었으나 *Leu. kimchii* GJ2의 투여 용량에 따라 농도 의존적으로 저하되었다. 특히 고콜레스테롤식이와 *Leu. kimchii* GJ2를 고용량 병합투여한 HCD-LKH군은 고콜레스테롤식이 만을 급여한 HCD군에 비하여 체중 당 간조직의 무게가 유의하게 저하되었다. Rhee 등(33)은 식이로 섭취한 과량의 콜레스테롤은 체외로 정상적으로 배출되지 못하고 간장 내에 축적되어진다고 보고하였으며, Turley 등(34)도 콜레스테롤을 식이에 첨가하여 급여하였을 때 동물의 각 장기무게에 영향을 미치며, 특히 간이 상당히 비대하여졌다고한 보고는 본 연구와 유사한 경향이였다. 또한 본 연구에서는 고콜레스테롤식이 만을 급여했을 때에 비하여 *Leu. kimchii* GJ2를 병합투여 시 체중 당 간조직의 무게가 감소되었는데, 이러한 현상은 EPS 생성 유산균인 *Leu. kimchii* GJ2의 세포벽 성분이 지방을 흡수하여 배설(35)됨으로서 체내에 흡수되는 지방의 양이 줄어들었기 때문으로 생각된다.

**혈청 중 GOT, GPT 및 ALP 활성**

*Leu. kimchii* GJ2를 고콜레스테롤식과 함께 흰쥐에게 4주간 투여 후 혈청의 간기능지표 효소인 GOT, GPT 및 ALP 활성에 미치는 영향을 살펴본 결과는 Table 4와 같다.

Table 4와 같이 HCD군은 ND군에 비하여 혈청 중 GOT 활성은 증가되었으나 *Leu. kimchii* GJ2 병합투여로 감소되었다. 특히 고용량 병합투여한 HCD-LKH군은 증가된 GOT 활성을 ND군과 유사하게 감소시켰다. 혈청 GPT 활성은 실험군 간에 차이가 나타나지 않았으나, HCD군이 다른 실험군들에 비하여 높게 나타났다. 혈청 중 ALP 활성은 ND군에 비하여 HCD군이 유의하게 증가되었고, *Leu. kimchii* GJ2 투여 용량이 증가할수록 저하되었으며, 고용량

병합투여한 HCD-LKH군은 ND군과 활성이 유사하였다.

간장 장애의 지표로 이용되고 있는 GOT 및 GPT 활성 증가는 고지방식이나 알코올 등으로 간 실질세포의 장애가 발생하여 혈액 중으로 방출이 향진되어 나타나는 것으로 알려져 있다(36). 또한 혈청 ALP 활성은 담도계 폐색 또는 간질화 등에서 증가되는 것으로 급성 신부전증, 고지혈증, 폐경색증이 있을 때 간세포 장애가 고도로 진행되면 GOT, GPT 및 ALP 활성이 동시에 높아지며 간장에서 담즙산 배설장애로 혈청 콜레스테롤 농도가 상승되는 것으로 알려져 있다(37). 본 연구에서는 고콜레스테롤식에 의하여 증가되어진 GOT 및 ALP 활성은 EPS 생성 유산균인 *Leu. kimchii* GJ2에 의하여 낮아짐으로서 간 기능을 개선하는 효과가 관찰되었다. 이와 같이 유산균이 간 기능을 개선시키는 효과는 유산균의 작용에 의하여 만들어진 유산, 펩톤, 펩타이드 및 미량활성 물질이 간 기능을 향진시키는 것으로 보여진다고 Back이 보고(5)하였다.

**Table 4. Activities of GOT, GPT and ALP in serum of rats fed high cholesterol diet containing *Leu. kimchii* GJ2 isolated from kimchi**

Groups <sup>1)</sup>	GOT	GPT	ALP
	(U/L)		
ND	42.93±4.32 <sup>2)NS3)</sup>	37.19±2.01 <sup>NS4)</sup>	121.26±10.43 <sup>b</sup>
HCD	60.12±3.50 <sup>a</sup>	45.24±6.42	141.52±12.97 <sup>a</sup>
HCD-LKL	56.13±5.28 <sup>a</sup>	41.02±5.39	139.01±8.27 <sup>a</sup>
HCD-LKH	49.94±6.87 <sup>b</sup>	39.21±4.98	125.08±6.52 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>See the legend of Table 1.

<sup>2)</sup>The results are mean ± S.E. for 8 rats in each group.

<sup>3)</sup>Values with different superscripts in the same column are significantly different(p<0.05) between groups by Tukey's test.

<sup>4)</sup>NS : not significantly different among groups.

**혈청 중 중성지질, 총콜레스테롤 및 인지질 함량**

흰쥐에게 고콜레스테롤식이 및 *Leu. kimchii* GJ2를 저용량(200 mg/kg)과 고용량(400 mg/kg)으로 4주간 투여 후 혈청 중성지질, 총콜레스테롤 및 인지질 함량의 변화는 Table 5와 같다.

Table 5에서와 같이 혈청 중 중성지질과 인지질 함량은 실험군 간에 유의차가 없었다. 혈청 중 총콜레스테롤 함량은 HCD군이 ND군에 비하여 유의하게 증가하였고, *Leu. kimchii* GJ2 병합투여로 고콜레스테롤식으로 증가된 총콜레스테롤 함량을 농도 의존적으로 감소시켰으며, ND군에 근접하게 저하되었다.

본 연구에서 김치유래 유산균이 혈청 중 중성지질 함량에는 영향을 미치지 않았는데, 사람의 장관에서 분리한 유산균을 흰쥐에게 경구투여 시에도 중성지질 함량에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다(38). 또한 발효유가 혈청 콜레스테롤을 저하시키는 능력이 우수하다는 연구가 다양

하게 보고되었는데(39-40), 특히 본 연구와 마찬가지로 EPS 생성 유산균을 함유한 식이를 급여한 흰쥐의 경우 혈청 콜레스테롤 저하효과가 있다는 것을 Nakajima 등(41)이 보고하였다. 그러나 Lin 등(42)과 Thompson 등(43)은 유산균 섭취가 혈청 콜레스테롤 감소효과에 아무런 영향을 미치지 않았다고 보고하였다. 이와 같이 콜레스테롤 저하효과에 대한 상이한 연구 결과들은 실험에 사용한 유산균주들의 차이로 인한 것으로 사료된다(44).

**Table 5. Contents of triglyceride, total cholesterol and phospholipid in serum of rats fed high cholesterol diet containing *Leu. kimchii* GJ2 isolated from kimchi**

Groups <sup>1)</sup>	Triglyceride	Total cholesterol	Phospholipid
	(mg/dL)		
ND	94.28±5.41 <sup>2)NS3)</sup>	79.73±8.08 <sup>34)</sup>	299.31±30.11 <sup>NS</sup>
HCD	99.46±8.25	105.02±9.31 <sup>a</sup>	381.25±29.43
HCD-LKL	95.41±8.02	89.99±10.46 <sup>ab</sup>	285.38±19.98
HCD-LKH	92.31±5.79	81.01±7.80 <sup>b</sup>	291.42±24.62

<sup>1)</sup>See the legend of Table 1.

<sup>2)</sup>The results are mean ± S.E. for 8 rats in each group.

<sup>3)</sup>NS : not significantly different among groups.

<sup>4)</sup>Values with different superscripts in the same column are significantly different(p<0.05) between groups by Tukey's test.

EPS와 같이 점질유의 슬라임(slime) 물질이 혈청 콜레스테롤 함량을 저하시키는 이유는 가용성세포 외 다당류는 콜레스테롤 및 담즙산을 흡수할 수 있고, 수분 보유 활성 및 음이온 교환 활성이 있어서 소화 효소에 내성이 있고, 식이섬유소처럼 작용한다고 한다(13). 따라서 유산균이 생산하는 EPS는 식이섬유소로서의 기능도 동시에 발휘할 수 있기 때문에 유산균이 지니는 정장작용 이외에 식이섬유소가 체내에 미치는 유용한 기능도 동시에 수행할 수 있는 장점을 지니고 있다.

#### 혈청 중 LDL-콜레스테롤, HDL-콜레스테롤 및 동맥경화 지수

*Leu. kimchii* GJ2와 고콜레스테롤식이를 흰쥐에게 4주간 급여 후 혈청 중 LDL-콜레스테롤 및 HDL-콜레스테롤의 함량, 심혈관위험지수 및 동맥경화지수에 미치는 영향을 나타낸 결과는 Table 6과 같다.

혈청 중 LDL-콜레스테롤 함량은 *Leu. kimchii* GJ2를 병합 투여한 HCD-LKL군과 HCD-LKH군이 고콜레스테롤 식이 급여로 증가된 HCD군에 비하여 유의적으로 감소시켜 ND군의 함량에 근접하였다. 혈청 중 HDL-콜레스테롤 함량은 HCD군이 ND군에 비하여 유의하게 감소하였다. 고콜레스테롤식이와 *Leu. kimchii* GJ2를 병합투여한 HCD-LKL군과 HCD-LKH군의 혈청 중 HDL-콜레스테롤 함량은 HCD군에 비하여 증가하였으나 *Leu. kimchii* GJ2 투여 용량에 따른

유의차는 없었다. 콜레스테롤 저하능이 우수한 유산균으로 요구르트를 제조한 후 이를 동결건조하여 분말의 형태로 흰쥐에게 급여하였을 때 총콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 함량이 저하되었다는 연구결과(20)와 사람의 장관에서 분리한 유산균이 고콜레스테롤식이를 급여한 흰쥐의 혈청 총콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 함량이 저하되었다는 연구결과(38)와 유사한 경향이였다. 또한 Nakajima 등(41)이 EPS 함유한 점질성 발효유를 흰쥐에게 급여 시 혈청 중 HDL-콜레스테롤 함량을 증가시켰다는 보고도 본 연구결과와 유사하였다. 이와 같이 유산균 급여에 따라 흰쥐의 혈청 중 각종 지단백질이 건강에 이로운 방향으로 변화하였음을 확인할 수 있었다.

**Table 6. Contents of LDL-cholesterol, and HDL-cholesterol, cardiac risk factor(CRF) and atherogenic index(AI) in serum of rats fed high cholesterol diet containing *Leu. kimchii* GJ2 isolated from kimchi**

Groups <sup>1)</sup>	LDL-cholesterol <sup>2)</sup>	HDL-cholesterol	CRF <sup>3)</sup>	AI <sup>4)</sup>
	(mg/dL)			
ND	51.40±6.25 <sup>5)6)</sup>	47.19±3.29 <sup>a</sup>	1.69±0.08 <sup>b</sup>	0.69±0.03 <sup>b</sup>
HCD	93.00±10.09 <sup>a</sup>	31.94±4.19 <sup>b</sup>	3.29±0.09 <sup>a</sup>	2.29±0.02 <sup>a</sup>
HCD-LKL	66.91±5.78 <sup>b</sup>	42.16±3.68 <sup>ab</sup>	2.13±0.14 <sup>b</sup>	1.13±0.01 <sup>b</sup>
HCD-LKH	50.05±6.51 <sup>b</sup>	49.42±3.27 <sup>a</sup>	1.64±0.07 <sup>b</sup>	0.64±0.06 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>See the legend of Table 1.

<sup>2)</sup>LDL cholesterol = {total cholesterol - (HDL-cholesterol - triglyceride/5)}.

<sup>3)</sup>CRF(cardiac risk factor) = total cholesterol/HDL-cholesterol.

<sup>4)</sup>AI(atherogenic index) = (total cholesterol - HDL-cholesterol)/HDL-cholesterol.

<sup>5)</sup>The results are mean ± S.E. for 8 rats in each group.

<sup>6)</sup>Values with different superscripts in the same column are significantly different(p<0.05) between groups by Tukey's test.

심혈관위험지수는 HCD군이 ND군에 현저하게 높았고, 고콜레스테롤식이와 *Leu. kimchii* GJ2를 병합 투여한 HCD-LKL군과 HCD-LKH군은 HCD군에 비하여 유의적으로 낮은 수치를 나타내었으며 ND군과는 비슷한 수준이었다. *Leu. kimchii* GJ2 투여 용량별 차이는 나타나지 않았다. 또한 동맥경화 발병 위험을 나타내는 동맥경화지수는 ND군에 비하여 HCD군은 비하여 현저하게 증가되었다. *Leu. kimchii* GJ2를 병합투여한 HCD-LKL군과 HCD-LKH군은 HCD군에 비하여 동맥경화지수가 감소되었다. 심혈관위험지수는 동맥경화지수와 더불어 심혈관계질환에 대한 위험 신호로서 사용되는데, 사람의 경우 임상에서 7.0 이상의 값을 나타낼 때 위험 신호로 인지되고 있으며(45), 동맥경화지수는 체내 HDL-콜레스테롤에 대한 중성지방의 함량을 대표하는 값으로 임상에서 동맥경화지수가 3.5 이하이면 관상동맥 질환의 발생위험으로부터 안전한 수준이며 적어도 4.5 이하를 유지하도록 권장하고 있다(46). 그러나 본 연구는 동물을 대상으로 실시한 연구 결과이기 때문에 사람과의 수치 비교에 대한 해석이 어렵지만 심혈관위험지수와

동맥경화지수가 고콜레스테롤식을 급여한 군에서 가장 높게 나타나 장기간 고콜레스테롤식을 지속적으로 급여 하면 심혈관계질환의 위험성이 높은 것으로 나타났다. 그러나 *Leu. kimchii* GJ2을 병합투여로 이들 지수가 저하되었는데, 혈중 지질농도가 높은 대상자의 경우 *Leu. kimchii* GJ2와 같은 유산균을 꾸준히 섭취하면 심혈관계질환의 예방 및 치료에 도움을 줄 것으로 사료된다.

**간조직 중 중성지질 및 총콜레스테롤 함량**

*Leu. kimchii* GJ2와 고콜레스테롤식을 흰쥐에게 4주간 급여 후 흰쥐의 간조직의 중성지질과 총콜레스테롤 함량은 Table 7과 같다.

**Table 7. Contents of triglyceride and total cholesterol in liver of rats fed high cholesterol diet containing *Leu. kimchii* GJ2 isolated from kimchi**

Groups <sup>1)</sup>	Triglyceride	Total cholesterol
	(mg/g, wet weight)	
ND	8.23±0.25 <sup>2)bc3)</sup>	1.59±2.14 <sup>b</sup>
HCD	11.93±0.92 <sup>a</sup>	3.98±0.27 <sup>a</sup>
HCD-LKL	10.27±0.29 <sup>a</sup>	2.47±0.45 <sup>ab</sup>
HCD-LKH	9.43±0.79 <sup>ab</sup>	1.09±0.34 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>See the legend of Table 1.  
<sup>2)</sup>The results are mean ± S.E. for 8 rats in each group.  
<sup>3)</sup>Values with different superscripts in the same column are significantly different(p<0.05) between groups by Tukey's test.

간조직 중 중성지질 함량은 HCD군이 ND군에 비하여 증가하였고, 고콜레스테롤식과 *Leu. kimchii* GJ2를 병합 투여한 HCD-LKL군과 HCD-LKH군은 증가된 중성지질 함량을 감소시켰으나 ND군 보다는 높게 나타났다. 간 중 총콜레스테롤 함량도 HCD군이 ND군에 비하여 증가되었다. *Leu. kimchii* GJ2를 저용량 병합투여한 HCD-LKL군은 HCD군과는 유의차가 없었고 고용량 병합투여한 HCD-LKH군은 유의하게 저하되었으나 ND군에 비하여는 높았다. 본 실험에서 *Leu. kimchii* GJ2 투여로 간 중 총콜레스테롤 함량이 고콜레스테롤식이 만을 급여하였을 때 보다 저하된 것은 *Leu. kimchii* GJ2 투여로 혈장 지질이 낮아졌기 때문이며, 간에서 담즙을 생성하기 위하여 콜레스테롤을 사용하였기 때문으로 생각되어진다. 일반적으로 식이섬유소는 소장에서 담즙의 배설을 촉진하여 간으로 재순환되는 담즙량을 감소시켜 이를 보충하기 위하여 담즙 생성에 사용하게 되어 간의 지질을 저하시킨다고 한다(47). 또한 *Leu. kimchii* GJ2가 식이섬유소와 유사한 작용을 하는 것(13)으로 알려져 담즙산의 재흡수를 억제하여 내인성 콜레스테롤 함량의 저하를 유도함으로써 고콜레스테롤혈증 개선에 도움을 줄 것으로 추정된다.

**지방조직 중 LPL 활성**

EPS 생성 유산균인 *Leu. kimchii* GJ2이 부고환지방조직의 HR-LPL과 TE-LPL 활성에 미치는 영향은 Table 8과 같다.

**Table 8. Activities of HR-LPL and TE-LPL in epididymal adipose tissue of rats fed high cholesterol diet containing *Leu. kimchii* GJ2 isolated from kimchi**

Groups <sup>1)</sup>	HR-LPL <sup>2)</sup>	TE-LPL <sup>3)</sup>
	(Unit/g)	
ND	2.99±0.19 <sup>4)bc5)</sup>	15.46±1.09 <sup>b</sup>
HCD	5.98±0.36 <sup>a</sup>	29.56±1.96 <sup>a</sup>
HCD-LKL	3.99±0.38 <sup>b</sup>	18.23±2.36 <sup>b</sup>
HCD-LKH	3.01±0.24 <sup>b</sup>	15.02±1.95 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>See the legend of Table 1.  
<sup>2)</sup>Heparin-releasable(HR) LPL activity was measured in media samples after incubation of epididymal adipose tissue fragment with 5 × 10<sup>3</sup> units/L heparin for 45 min at 24°C  
<sup>3)</sup>Total extractable(TE) LPL activity was measured in deoxycholate extracts of epididymal adipose tissue.  
<sup>4)</sup>The results are mean ± S.E. for 8 rats in each group.  
<sup>5)</sup>Values with different superscripts in the same column are significantly different(p<0.05) between groups by Tukey's test.

지방조직 내 HR-LPL 활성과 TE-LPL 활성은 고콜레스테롤식을 급여한 HCD군은 ND군에 비하여 증가되었으며, 고콜레스테롤식과 *Leu. kimchii* GJ2를 병합투여한 HCD-LKL군과 HCD-LKH군은 HCD군에 비하여 유의하게 감소되었으며 농도 의존적으로 저하되었다. 특히 *Leu. kimchii* GJ2 고용량 병합 투여군은 ND군과 비슷한 활성을 보였다.

LPL은 동맥내벽 세포에서 LDL receptor 결합력과 콜레스테롤 흡수를 촉진하는 것으로 알려져 있으며(48), 고지혈증의 경우 유전적으로 LPL 활성 저하로 인한 동맥경화증을 유발한다고 한다(49). 또한 LPL은 중성지방이 풍부한 지단백질인 chylomicron과 VLDL를 monoacylglycerol과 지방산으로 가수분해하는 주된 효소로, 지단백질대사에 관여하여 과잉의 에너지를 중성지방의 형태로 지방조직에 저장하기 때문에 LPL은 지방축적 인자로 알려져 있다(50). 즉 LPL 활성이 정상인에 비하여 지나치게 낮으면 고지혈증을 유발하고, 높으면 비만을 유발한다. 따라서 혈액 및 간조직의 콜레스테롤 함량 측정과 더불어 LPL 활성 측정은 고지혈증 관련 지표로 중요한 기초 자료를 제공해 줄 것으로 사료된다. 그러나 본 실험 결과 고콜레스테롤식으로 인하여 증가된 지방조직의 LPL 활성은 *Leu. kimchii* GJ2 병합투여로 LPL 활성이 저하되었으며, 고콜레스테롤식을 급여한 군들은 고용량 병합투여 한 HCD-LKH군을 제외하고는 정상 식이를 급여한 군에 비하여 LPL 활성이 높게 나타났다. 따라서 *Leu. kimchii* GJ2 병합투여로 LPL 활성이 저하되었다는 결과는 오히려 항비만효과가 있는 것으로 사료된다.

Kwon 등(22)도 김치 유산균분말이 고지방식을 급여한 흰쥐에서 비만억제효과와 지질저하효과를 보았다고 보고하였다.

## 요 약

EPS 생성 유산균인 *Leu. kimchii* GJ2의 생리활성 효능을 구명하기 위하여 고콜레스테롤식을 급여한 흰쥐에게 *Leu. kimchii* GJ2 투여로 고지혈증 개선효과를 조사하였다. 체중증가율, 식이섭취량 및 식이효율은 실험군 간의 차이가 없었으나, 체중당 간의 무게는 고콜레스테롤식이군(HCD)이 다른 실험군들에 비하여 유의하게 증가되었다. 고콜레스테롤식이 급여로 증가된 혈청 중 GOT 및 ALP 활성은 *Leu. kimchii* GJ2 투여 병합투여로 활성이 감소되었으며, *Leu. kimchii* GJ2 투여 용량이 증가할수록 농도 의존적으로 감소하였다. 혈청 중 중성지방과 인지질 함량은 실험군 간에 유의차가 없었으나, 총콜레스테롤 함량은 고콜레스테롤식이군(HCD군, HCD-LKL군 및 HCD-LKH군)들 간에 유의차를 보여 *Leu. kimchii* GJ2 투여 용량이 증가할수록 감소하였다. 고콜레스테롤식이와 *Leu. kimchii* GJ2 병합투여한 HCD-LKL군과 HCD-LKH군은 HCD군에 비하여 HDL-콜레스테롤 함량은 증가하였으나, LDL-콜레스테롤 함량, 심혈관위험지수 및 동맥경화지수는 유의하게 저하되었다. *Leu. kimchii* GJ2 투여 용량이 증가할수록 HDL-콜레스테롤 함량은 농도 의존적으로 증가하였고, LDL-콜레스테롤 함량은 저하되었다. 간조직 중 총콜레스테롤 및 중성지방 함량은 HCD군이 ND군에 비하여 유의하게 증가되었으며, 고콜레스테롤식이와 *Leu. kimchii* GJ2 병합투여한 HCD-LKL군과 HCD-LKH군은 HCD군에 비하여 *Leu. kimchii* GJ2 투여 용량 의존적으로 저하되었다. 지방조직의 HR-LPL과 TE-LPL 활성은 HCD군이 다른 군들에 비하여 증가하였으며, *Leu. kimchii* GJ2 투여 용량이 증가할수록 HR-LPL과 TE-LPL 활성 모두 유의하게 저하되었다. 이상의 결과 *Leu. kimchii* GJ2은 고콜레스테롤식이 급여로 증가되어진 총콜레스테롤 및 LDL-콜레스테롤 함량을 감소시키고, 감소되어진 HDL-콜레스테롤 함량을 증가시킴으로써 혈청 지질을 저하시키며, 간기능 보호효과가 있는 것으로 확인되어 고지혈증 예방과 치료에 효과가 있을 것으로 사료된다. *Leu. kimchii* GJ2의 이러한 효과는 *Leu. kimchii* GJ2가 EPS를 생성하여 유산균 본래의 기능인 장 운동 개선효과와 식이섬유소처럼 작용하여 지질의 장내에서의 흡수를 저해했기 때문이라 사료된다.

## 감사의 글

본 연구는 산업자원부 광주·전남김치사업육성사업(과

제번호: K950218013-3)의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. Kim, S.J. (2005) Physicochemical characteristics of yogurt prepared with lactic acid bacteria isolated from kimchi. Korean J. Food Culture, 20, 337-340
2. Lee, S.H. and No, M.J. (1997) Viability in artificial gastric and bile juice and antimicrobial activity of some lactic acid bacteria isolated from kimchi. Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol., 25, 617-622
3. Shida, K., Makino, K., Morishita, A., Takamizawa, K., Hachimura, S., Ametani, A., Sato, T., Kumagai, Y., Habu, S. and Kaminogawas, S. (1998) *Lactobacillus casei* inhibits antigen-induced IgE secretion through regulation of cytokine production in murine splenocyte culture. Int. Arch. Allergy Immunol., 115, 278-287
4. Jung, H.K., Kim, E.R., Yae, H.S., Choi, S.J., Jung, Y.J. and Juhn, S.L. (2000) Cholesterol-lowering effect of lactic acid bacteria and fermented milks as probiotic functional foods. Food Ind. Nutr., 5, 29-35
5. Baek, Y.J. (1993) Lactic acid bacteria and human health. Korean J. Food Nutr., 6, 53-65
6. Kato, I., Endo, K. and Yokokura, T. (1994) Effects of oral administration of *Lactobacillus casei* on antitumor responses induced by tumor resection in mice. Int. J. Immunopharmacol., 16, 29-36.
7. Kim, H.S. and Ham, J.S. (2003) Antioxidative ability of lactic acid bacteria. Korean J. Food Sci. Ani. Resour., 23, 186-192
8. Ahn, Y.T., Bae, J.S., Kim, Y.H., Lim, K.S. and Huh, C.S. (2005) Effects of fermented milk intake on hepatic antioxidative systems in alcohol treated rats. Korean J. Food Sci. Technol., 37, 631-635
9. Kim, D.J. and Lee, S.Y. (2001) Isolation of exopolysaccharide producing *Enterobacter* sp. and physicochemical properties of the polysaccharide produced by this strain. Korean J. Biotechnol. Bioeng., 16, 270-375
10. Kang, H.J., Baick, S.C. and Yu, J.H. (2005) Studies on the properties of the stirred yogurt manufactured by exopolysaccharide producing lactic acid bacteria. Korean J. Food Sci. Ani. Resour., 25, 84-91
11. Sutherland, I.W. (1998) Novel and established applications of microbial polysaccharide and optimization

- of its production. Korean J. Biotechnol. Bioeng., 17, 169-175
12. Kim, H.J. and Chang, H.C. (2006) Isolation and characterization of exopolysaccharide producing lactic acid bacteria from kimchi. Kor. J. Microbiol. Biotechnol., 34, 196-203
  13. Strory, J.A. and Kritchevsky, D. (1976) Dietary fiber and lipid metabolism. In fiber in human nutrition, Spiller, G.A. and Amen, R.J. (Ed.) Plenum Press. New York.
  14. Kimmel, S.A., Roberts, R.F. and Zieger, G.R. (1998) Optimization of exopolysaccharide production by *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* RR grown in a semidefined medium. Appl. Environ. Microbiol., 64, 659-664
  15. Cerning, J., Bouilanne, C., Desmazeaud, M. and Landon, M. (1998) Exocellular polysaccharide production by *Streptococcus thermophilus*. Biotechnol. Lett., 10, 255-260
  16. Eom, H.J., Seo, D.M., Yoon, H.S., Lee, H.B. and Han, N.S. (2002) Strain selection of psychrotrophic *Leuconostoc mesenteriods* producing a highly active dextransucrase from kimchi. Korean J. Food Sci. Technol., 34, 1085-1090
  17. Kim, B.J., Min, B.H., Kim, J.H. and Han, H.U. (2001) Isolation of dextran-producing *Leuconostoc lactis* from kimchi. J. Microbiol., 39, 11-16
  18. Oh, C.Y. and Lee, W.K. (2000) Cholesterol lowering effect of lactic acid bacteria isolated from the human intestine. Kor. J. Vet. Publ. Hlth., 24, 181-188
  19. Klaver, F.A.M. and van der Meer, R. (1993) The assimilation of cholesterol by *Lactobacillus* and *Bifidobacterium bifidum* is due to their bile salt-deconjugation activity. Appl. Environ. Microbiol., 59, 1120-1124
  20. Park, S.Y., Ko, Y.T., Jeong, H.K., Yang, J.O., Chung, H.S., Kim, Y.B. and Ji, G.E. (1996) Effect of various lactic acid bacteria on the serum cholesterol levels in rats and resistance to acid, bile and antibiotics. Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol., 24, 304-310
  21. Kim, M.J. and Kim, G.R. (2006) *In vitro* evaluation of cholesterol reduction by lactic acid bacteria extracted from kimchi. Korean J. Culinary Res., 12, 259-268
  22. Kwon, J.Y., Cheigh, H.S. and Song, Y.O. (2004) Weight reduction and lipid lowering effects of kimchi lactic acid powder in rats fed high fat diets. Korean J. Food Sci. Technol., 36, 1014-1019
  23. Smitinont, T., Tansakul, C., Tanasupawat, S., Keeratipibul, S., Navarini, L., Bosco, M and Cescutti, P. (1999) Exopolysaccharide-producing lactic acid bacteria strains from traditional thai fermented foods: isolation, identification and exopolysaccharide characterization. Int. J. Food Microbiol., 51, 105-111
  24. Reeves, P.G., Nielson, F.H. and Fahey Jr, G.C. (1993) AIN-93 purified diets for laboratory rodents: final report of the American Institute of Nutrition ad hoc writing committee on the reformulation of the AIN-76A rodent diet. J. Nutr., 123, 1939-1951
  25. Friedwald, W.T., Levy, R.L. and Fredrickson, D.S. (1972) Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. Clin. Chem., 18, 499-502
  26. Eng, L.F. and Noble, E.P. (1957) The maturation of rat brain myelin. Lipids, 3, 157-162
  27. Folch, J., Lees, M. and Sloane-Stanley, G.H. (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem., 226, 497-509
  28. Zlatkis, A. and Zak, B. (1969) Study of a new cholesterol reagent. Anal. Biochem. 29, 143-148
  29. Biggs, H.G., Erikson, T.M. and Moorehead, W.R. (1975) A manual colorimetric assay of triglyceride in serum. Clin. Chem., 21, 437-441
  30. Nilsson-Ehle, P. and Schotz, M.C. (1976) A stable radioactive substrate emulsion for assay of lipoprotein lipase. J. Lipid Res., 17, 536-541
  31. Fried, S.K. and Zechner, R. (1989) Cathectin/tumor necrosis factor decreases human adipose tissue lipoprotein lipase mRNA levels, synthesis, and activity. J. Lipid Res., 30, 1917-1923
  32. Iverius, P.H. and Brunzell, J.D. (1985) Human adipose tissue lipoprotein lipase: changes with feeding and relation to postheparin plasma enzyme. Am. J. Physiol., 249, E107-E114
  33. Rhee, S.J. and Park, H.K. (1984) Changes of lipid concentration and histochemical observation in liver of rats fed high fat diet. Korean J. Nutr., 17, 113-125
  34. Yurley, E., Armstrong, N.C., Wallaoe, J.M.W., Gilmore, W.S., Mckelvey-Matin, J.V., Allen, T.M. and Strain, J.J. (1999) Effect of cholesterol feeding on DNA damage in male and female syrian hamsters. Ann. Nutr. Metab., 43, 47-51
  35. Jung, H.K., Kim, E.R., Yae, H.S., Choi, S.J., Jung, J.Y. and Juhn, S.L. (2000) Cholesterol-lowering effect of lactic acid bacteria and fermented milks as probiotics functional foods. Food Nutr., 16, 29-35

36. Plaa, G.L. and Charbonneau, M. (1994) Detection and evaluation of chemically induced liver injury. In *Principles and Methods of Toxicology*. Hayes AW ed., Raven Press. New York. pp. 839-870
37. Kim, K.H. (1980) A translation: The clinical application of the results of the test. Ko Moon Sa. Seoul. pp. 164-167
38. Lee, J.J., Kim, J.G., Chung, C.S., Oh, C.Y. and Lee, W.K. (1999) Effect of lactic acid bacteria isolated from human intestine on serum and liver cholesterol concentration and lipoprotein lipase activity in rats fed high-cholesterol diets. *Kor. J. Anim. Sci.*, 41, 655-662
39. Pulusani, S.R. and Rao, D.R. (1983) Whole body, liver and plasma cholesterol levels in rats fed thermophilus, bulgaricus and acidophilus milks. *J. Food Sci.*, 48, 280-281
40. Suzuki, Y., Kaizu, H. and Yamauchi, Y. (1991) Effect of cultured milk on serum cholesterol concentration in rats which fed high cholesterol diets. *Anim. Sci. Technol.*, (Japan) 62, 565-571
41. Nakajima, N., Suzuki, Y., Kaizu, H. and Hirota, T. (1992) Cholesterol lowering activity of ropy fermented milk. *J. Food Sci.*, 57, 1327-1329
42. Lin, S.Y., Ayres, J.W., Winkler, W. and Sandine, W.E. (1989) Lactobacillus effect on cholesterol: *In vitro* and *in vivo* results. *J. Dairy Sci.*, 72, 2885-2899
43. Thompson, L.U., Jenkins, D.J.A., Vic Amer, D.M., Reichert, R. and Kamulsky, A.J. (1982) The effect of fermented and unfermented milks on serum cholesterol. *Am. J. Clin. Nutr.*, 36, 1106-1111
44. Glliland, S.E. and Walker, D.K. (1990) Factors to consider when selecting a culture of *Lactobacillus acidophilus* as a dietary adjunct to produce a hypocholesterolmic effect in humans. *J. Dairy Sci.*, 73, 905-911
45. Castelli, W.P., Garrison, R.J., Wilson, P.W.F., Abborr, R.D., Kalousdian, S. and Kannel, W.B. (1986) Incidence of coronary heart disease and lipoprotein cholesterol levels. The Framingham study. *JAMA*, 256, 2835-2845
46. Rosenfeld, L. (1989) Lipoprotein analysis. *Arch. Pathol. Lab. Med.*, 113, 1101-1110
47. Kwon, J.Y., Ann, I.S., Park, K.Y., Cheigh, H.S. and Song, Y.O. (2005) The beneficial effects of pectin on obesity *in vitro* and *in vivo*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 34, 13-20
48. O'Brien, K.D., Gordon, D., Deeb, S., Ferguson, M. and Chait, A. (1992) Lipoprotein lipase is synthesized by macrophage-derived foam cells in human coronary atherosclerotic plaques. *J. Clin. Invest.*, 89, 1544-1550
49. Semenkovich, C.F., Coleman, T. and Daugherty, A. (1998) Effects of heterozygous lipoprotein lipase deficiency on diet-induced atherosclerosis in mice. *J. Lipid Res.*, 39, 1141-1151
50. Lee, J.J., Chung, C.S., Kim, J.G. and Choi, B.D. (2000) Effect of fasting refeeding on rat adipose tissue lipoprotein lipase activity and lipogenesis: Influence of food restriction during refeeding. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 29, 471-478

---

(접수 2008년 7월 10일, 채택 2008년 9월 26일)