

## 고지방식이를 섭취한 흰쥐에서 김치유산균분말의 비만 억제 및 지질 저하 효과

권진영 · 최홍식 · 송영옥\*  
부산대학교 식품영양학과

## Weight Reduction and Lipid Lowering Effects of Kimchi Lactic Acid Powder in Rats Fed High Fat Diets

Jin-Young Kwon, Hong-Sik Cheigh, and Yeong-Ok Song\*

Department of Food Science and Nutrition/Kimchi Research Institute, Pusan National University

Effects of kimchi lactic acid powder (KL) on weight reduction and lipid-lowering activities were studied using rats fed high fat diet. Sprague Dawley (40 rats) were fed 20% (w/w) high fat diet for 8 weeks to induce obesity and divided equally into normal diet (ND), high fat diet (HFD), and 10 and 20% KL-added groups. Body weight of HFD was 150% ( $p < 0.01$ ) of ND, while those of HFK10 and HFK20 decreased by 13 and 15% compared to HFD, respectively ( $p < 0.01$ ). Amounts of visceral fats for HFK10 and HFK20 were decreased by 42 and 48% compared to that of HFD (198% of ND), respectively ( $p < 0.01$ ). KL had greater effect on reducing visceral fats than body weight. Plasma triglyceride (155%), cholesterol (129%), and LDL (161%) concentrations of HFD, which had been significantly increased compared to ND, dropped by 26, 9, and 8% ( $p < 0.01$ ) in HFK10, and 35, 17, and 33% ( $p < 0.05$ ) in HFK20, respectively. Decreased HDL by high fat diet was re-increased by KL supplementation. KL showed lipid-lowering and liver-protecting effects in liver possibly by interrupting lipid absorption in the intestine either by absorbing lipids in their cell walls or degrading them rapidly. Increased excretion of TG and cholesterol in feces of HFK10 and HFK20 indicates KL might have similar role to dietary fiber.

**Key words:** kimchi lactic acid, high fat diet, obesity, cholesterol, triglyceride

### 서 론

인간의 장 속에는 이로운 균과 해로운 균이 공존하고 있으며 이들은 음식물의 소화 흡수, 분해, 배설, 물질의 합성, 장질환의 발병 등에 관여하고 있어 장 속에 이로운 균들이 많이 존재하면 건강을 유지할 수 있을 것으로 생각되고 있다. 이에 장내 이로운 세균의 번식을 위해 많은 노력이 진행되었으며 이중 효과적인 방법 중의 하나로 유산균 섭취를 권장하고 있다. 유산균은 유산을 대사산물로 생성하여 장내 pH를 낮추어 장내 해로운 균의 번식을 억제하고(1,2), 장내 미생물 균총 형성에 영향을 미침으로써(3), 장내 독소를 제거하여 장질환을 억제할 뿐만 아니라 특이적 또는 비 특이적 면역기능 강화(2,4), 혈중 콜레스테롤 저하(5-10), 간기능 항진작용(11), 항암작용(12,13) 항산화작용(14,15), 피부과민 반응 억제효과(16) 및 유당 불내증 감소(17) 등의 다양한 건강 증진 기능이 보고되고 있다.

최근에는 유산균, 유산균 제제 및 발효유제품이외에도 채소 발효식품과 관련된 유산균들의 영양학적, 약리학적 장점들이 알려지면서 전통 발효식품의 산업화가 관심의 대상이 되고 있다. 김치는 여러 미생물이 연속적으로 작용하는 발효식품으로 배추김치에는 약 160여종의 다양한 유산균이 들어 있으며(18), 소금의 작용으로 잡균의 번식이 제한된 환경에서 강한 내산성 및 내 담즙성을 지닌 인체에 유용한 젖산균이 김치의 발효를 주도하고 있다. 이와 같은 유용한 유산균들을 김치 담금 시 starter로 이용하면 내산성 균주의 장내 정착이 가능하여 정상 작용을 높일 수 있을 것으로 보고하였고(18), 발암성이 있는 아질산염 등을 제거하는 효과가 있어(19-21) 소시지 가공 시에도 starter로 사용할 수 있다고 보고하였다. 이외에도 김치 유산균 파쇄액은 쥐의 면역 활성을 증가시키고(22) 항암 효과가 있음이(23,24) 보고되면서 이제까지 보고되어 온 김치의 성인성 질환 예방 효과(25-28)와 함께 김치 유산균의 건강증진 효과가 부각되고 있다. 이러한 유산균의 건강증진 효과는 생균일 때뿐만 아니라 가열살균(4,12,29), 동결건조 형태(16,30), 유산균 파쇄액(15), 또는 동결건조한 유산균 파쇄액(22,23)의 형태로 공급을 하였을 때도 건강증진 작용이 있음이 보고되고 있어 유산균은 사멸한 이후에도 이 균체 성분이 장으로 흡수되어 생리활성을 가질 것으로 생각되고 있다. 이러한 유산균의 상태에 따른 효

\*Corresponding author: Yeong-Ok Song, Department of Food Science and Nutrition, Pusan National University, 30 Jangjeon-dong, Geumjeong-gu, Busan 609-735, Korea  
Tel: 82-51-510-2847  
Fax: 82-51-583-3648  
E-mail: yosong@pusan.ac.kr

능이 밝혀짐에 따라 유산균을 이용한 단순한 발효식품의 제조 뿐만 아니라 이들 유산균을 편리한 형태로 제조하여 그 유용성을 여러 식품에 적용하고자 하는 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 김치 유산균 세포질 및 유산균 파쇄액을 포함하고 있는 추출물을 spray drier로 분말화하여 제품으로 판매하고 있는 '김치유산균추출물'의 체중 감량 효과 및 지질 저하 효과를 동물실험에서 확인하여 이를 다이어트 김치 제조에 적용할 수 있는 지를 살펴보고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 김치유산균추출물

김치유산균추출물은 (주)세전(충북)으로부터 공급받았다. 김치유산균을 배양하여 이들 균체를 파쇄한 다음 열수로 추출하여 김치 유산균 추출물을 만든 후 말토덱스트린을 부형제로 하여 spray drier로 분말화한 제품이다. 김치유산균추출물분말에는 김치유산균추출물이 9.1% 함유되어 있고, 김치유산균수는 10<sup>8</sup>/g 함유되어 있다.

### 동물실험

4주령의 Sprague-Dawley계(SD) 흰 쥐 40마리(평균체중 118 g)를 (주)바이오제노믹스(서울)에서 구입하여 1주일간 일반식으로 적응시킨 후 실험에 사용하였다. 모든 실험군은 20% 고지방식이로 8주간 비만을 유도한 후, 9주에서 17주까지 김치유산균추출물분말(이하 김치유산균추출물이라고 함)의 체중감량 및 지질저하 효과를 살펴보기 위하여 고지방식이에 김치유산균추출물을 10% 및 20% 첨가하여 사육하였다. 실험군은 정상대조군(normal diet group, ND), 고지방식이군(high fat diet group, HFD), 김치유산균추출물 10%(high fat diet supplemented with 10% kimchi lactic acid group, HFK10) 및 20% 첨가군(high fat diet supplemented with 20% kimchi lactic acid group, HFK20)이고, 각 군당 실험동물은 10마리씩이었다. 쥐는 한 케이지에 2마리씩 사육하였고, 사육실 온도는 20±2°C, 습도는 50±10%로 유지하였고, 명암은 12시간 간격으로 조절하였다.

### 식이조제

식은 AIN-76에 기준하여 정상대조군의 식이를 제조하였고(385 kcal/100 g) 실험군은 비만을 유도하기 위하여 20%(w/w) 고지방식이를 실시하였다. 고지방식이를 섭취하는 각 실험군(HFD, HFK10, HFK20)의 식이는 동일한 에너지 수준(460 kcal/100 g)이 되게 제조하였다(Table 1). 본 연구에 사용한 비만식은 정상식이보다 총 에너지 수준이 20% 높고, 지방은 식이 에너지의 40%를 차지하게 제조하였다. 식이공급은 이틀에 한번씩 고지방식이군의 평균적인 섭취량에 맞추어 제한적으로 공급하여 섭취되는 에너지 수준이 실험군 간에 동일하게 조절함으로써 김치유산균의 효과를 살펴볼 수 있도록 하였다. 식이 섭취량은 1주에 3회, 체중은 매주 한 번씩 측정하였다. 식이는 매주 조제하여 고형으로 만들어 건조시켜서 -18°C 냉동보관 하면서 공급하였다. 물은 제한 없이 자유공급 하였다.

### 해부 및 장기적출

17주 사육 후, 12시간 절식시킨 다음 에테르로 마취시킨 후 개복하였고, 혈액은 하대정맥 및 심장에서 채취하여 즉시 혈장을 분리하였다. 채혈 후 장기 주변을 덮고 있는 지방을 적출한

**Table 1. Composition of experiment diets<sup>1)</sup>** (g/100 g diet)

Ingredients	ND	Experimental Groups <sup>2)</sup>		
		HFD	HFK10	HFK20
Casein	20	20	20	20
Sucrose	40	40	30.9	21.8
Corn starch	25	10	10	10
Corn oil	5	5	5	5
Lard	-	15	15	15
Cellulose	5	5	5	5
DL-methionine	0.2	0.2	0.2	0.2
AIN-mineral mixture	3.5	3.5	3.5	3.5
AIN-vitamin mixture	1.0	1.0	1.0	1.0
Choline bitrate	0.3	0.3	0.3	0.3
Kimchi lactic acid powder <sup>3)</sup>	-	-	10	20
Total	100	100	100.9	101.8

<sup>1)</sup>The diet was prepared to be isocaloric, 460 kcal/100 g, among experimental groups except normal diet (385 kcal/100 g) according to AIN-76 guide line.

<sup>2)</sup>ND: normal diet, HFD: high fat diet, HFK10: HFD + kimchi lactic acid 10%, HFK20: HFD + kimchi lactic acid 20%

<sup>3)</sup>Kimchi lactic acid powder contains 9.1% of kimchi lactic acid and 90.9% of maltodextrine.

후, 인산완충액으로 관류하여 장기 내 혈액을 제거한 후, 간과 심장, 신장, 폐 및 고환을 떼 내어 생리식염수로 씻은 다음 여과지로 수분을 완전히 제거하고 무게를 측정하였다. 이화학적 실험을 위하여 모든 시료는 -70°C 냉동고에서 저장하였다.

### 지질농도 측정

혈장 중성지방 농도, 총 콜레스테롤 및 HDL 콜레스테롤 농도는 효소법에 의한 정량용 kit(triglyceride AM 157S-K, total cholesterol AM 202-K, HDL cholesterol AM 203-K, 아산제약, seoul, Korea)을 사용하여 측정하였다. 간의 지질농도는 Folch(31) 등의 방법으로 지방을 추출한 후 정량용 kit를 사용하여 중성지질 및 콜레스테롤 농도를 측정하였다. 반응액과의 혼탁을 방지하기 위하여 0.5% Triton X-100을 반응액에 첨가하였다.

### Aspartate transaminase(AST)와 alanine transaminase(ALT) 활성 측정

간의 손상정도를 측정하기 위하여 아미노산 전이효소인 AST와 ALT 활성을 효소법에 의한 정량용 kit(AM 101-K, 아산제약, seoul, Korea)을 이용하여 측정하였다.

### 분변의 지방 정량

분변은 0, 17주째 회생 전 48시간 동안 수집하여 상압가열 건조법으로 건조하여 Soxhlet법을 이용하여 지방을 추출한 후, 중성지질 및 콜레스테롤 함량은 kit를 사용하여 간 콜레스테롤 정량 시와 동일하게 실시하였다.

### 통계처리

실험결과는 평균 표준편차로 나타내었고, 김치유산균 추출물의 체중감량 효과 및 지질 저하효과를 살펴보기 위해서는 정상대조군, 고지방식이군, 김치유산균 10% 및 20% 첨가군 간의 효과를 one-way anova로 분석한 후 Duncan's multiple range test로 유의성 검증을 하였다.

**Table 2. Change in body weights, food intakes, and food efficiency ratio (FER) of rats fed high fat diets containing kimchi lactic acid<sup>1)</sup> for 17 weeks**

Group <sup>2)</sup>	Weight				
	Initial weight (g)	Final weight (g)	Weight gain (g/day)	Food intake (g/day)	Food efficiency ratio
ND	117.37 ± 2.37 <sup>NS</sup>	406.68 ± 34.03 <sup>c</sup>	2.43 ± 0.28 <sup>c</sup>	21.02 ± 0.68 <sup>NS</sup>	0.11 ± 0.01 <sup>c</sup>
HFD	116.44 ± 3.28	611.47 ± 29.01 <sup>a</sup>	4.16 ± 0.25 <sup>a</sup>	21.06 ± 0.66	0.20 ± 0.01 <sup>a</sup>
HFK10	118.84 ± 2.72	531.03 ± 28.05 <sup>b</sup>	3.46 ± 0.24 <sup>b</sup>	21.10 ± 0.60	0.16 ± 0.01 <sup>b</sup>
HFK20	118.49 ± 1.89	517.27 ± 36.44 <sup>b</sup>	3.35 ± 0.32 <sup>b</sup>	20.87 ± 0.80	0.16 ± 0.02 <sup>b</sup>

Values are mean ± SD (n=10)

<sup>1,2)</sup>See the legend of Table 1.

Food efficiency ratio (FER): weight gain (g/day)/food intakes (g/day)

<sup>a-c</sup>Data are significantly different by one-way ANOVA followed Duncan's multiple range test at the 0.01 level of significance.

## 결과 및 고찰

### 체중증가 억제 효과

8주 동안 20%(w/w) 고지방식으로 비만을 유도한 다음 흰 쥐에게 중량 당 동일한 칼로리를 함유한 식이를 고지방군의 식이 섭취량에 맞추어 9주 동안 제한하여 공급하였을 때 각 실험군의 식이효율은 ND 0.12, HFD 0.20, 그리고, HFK10와 HFK20은 각각 0.16으로 유의적인 차이가 있어(Table 2,  $p < 0.01$ ) 실험군간 체중 차이가 나타났다. HFD의 체중은 ND에 비해 50% 유의적으로( $p < 0.01$ ) 증가하였고 HFK10 및 HFK20의 체중은 HFD에 비해 각각 약 13% 그리고 15%( $p < 0.01$ ) 감소하여 김치유산균추출물은 체중을 감소시키는 효과가 있음이 관찰되었다. 비만의 중요한 원인이 되는 복부지방함량을 비교해 보았을 때 HFD의 복부지방함량은 ND에 비해 98% 유의적으로 증가하였고(Table 3,  $p < 0.01$ ), HFK10 및 HFK20은 HFD 비해 각 42% 및 48% 유의적으로 감소하였다( $p < 0.01$ ). 복부지방 함량을 체중으로 나누어 단위체중에 대한 상대적인 복부지방함량(g/100 g body weight)으로 비교해 보았을 때(Table 3) ND는 4.3 HFD 5.6, HFK10 4.0 그리고 HFK20은 3.5로 나타나 유의적인 차이를 보임으로서( $p < 0.05$ ) 고지방식은 동일 에너지를 섭취시켜도 복부지방을 축적시키는 것으로 나타났고, 김치유산균추출물은 복부지방 축적을 억제하는 효과가 있음이 관찰되었다. 김치유산균 추출물의 첨가농도에 따른 체중 및 복부지방함량은 유의적인 차이가 있으나 김치유산균 20% 첨가시의 효과가 더 현저한 것으로 나타났다.

체내 주요 장기의 중량을 살펴보았을 때 HFD의 간, 폐, 신장, 비장 및 고환 등의 장기 중량은 ND에 비해 유의적으로(Table 4,  $p < 0.01$ ) 증가하였고, 김치유산균추출물의 첨가에 의해 감소하여 정상대조군의 수준으로 되었다. 이들 장기 중 고지방식에 의한 지방 축적이 가장 현저하게 나타난 장기는 간

**Table 3. Amounts of visceral fats of rats fed high fat diets containing kimchi lactic acid<sup>1)</sup> for 17 weeks**

Group <sup>2)</sup>	Visceral fats(g)	
	Total amounts (g)*	Relative amounts** (g/100 g body weight)
ND	17.44 ± 3.07 <sup>b</sup>	4.3 ± 0.8 <sup>b</sup>
HFD	34.5 ± 10.04 <sup>a</sup>	5.6 ± 1.6 <sup>a</sup>
HFK10	20.1 ± 5.19 <sup>b</sup>	4.0 ± 1.0 <sup>b</sup>
HFK20	17.86 ± 4.11 <sup>b</sup>	3.5 ± 0.8 <sup>b</sup>

Values are mean ± SD (n=10)

<sup>1,2)</sup>See the legend of Table 1.

<sup>a,b</sup>Data are significantly different by one-way ANOVA followed Duncan's multiple range test (\*:  $p < 0.01$  \*\*:  $p < 0.05$ ).

으로 ND보다 HFD는 약 21% 증가하였으나( $p < 0.01$ ) HFK10과 HFK20에서는 고지방식이군에 비해 각각 13%, 18% 감소하였다( $p < 0.01$ ). 그러나 이들 장기의 중량을 체중에 대한 상대중량으로 나타내었을 때 ND군의 장기 중량이 가장 높았다.

김치유산균추출물 분말은 체중저하 뿐만 아니라 복부지방의 축적을 억제하는 효과가 유의적으로 관찰되었으며 그 효과는 첨가농도 의존적이었다. 이러한 효과는 김치유산균 추출물에 함유되어 있는 유산균세포벽 성분이 지방을 흡수하여 배설됨으로서 체내로 흡수되는 지방의 양이 줄어들었기 때문으로 생각된다(10). 유산균 중 *Lactobacillus(Lb) acidophilus*(32-34) *Str. thermophilus*(8,34), *Lb. bulgaricus*(34), 그리고 *Bifidobacterium*(33,35,36) 등은 콜레스테롤을 흡수하는 작용이 있음이 보고되어 이들 유산균이 함유된 식품을 섭취하면 장내에서 콜레스테롤을 흡수하여 체내로 흡수되는 양이 적어질 것이라고 보고되었다.

**Table 4. Weights of major organs of rats fed high fat diets containing kimchi lactic acid<sup>1)</sup> for 17 weeks**

Group <sup>2)</sup>	Weight (g)					
	Liver	Heart	Lung	Kidney	Spleen	Testis
ND	11.15 ± 1.26 <sup>b</sup>	1.17 ± 0.26 <sup>a</sup>	1.09 ± 0.07 <sup>b</sup>	2.65 ± 0.23 <sup>b</sup>	0.44 ± 0.99 <sup>c</sup>	2.91 ± 0.16 <sup>NS</sup>
HFD	13.48 ± 2.00 <sup>a</sup>	1.19 ± 0.11 <sup>a</sup>	1.32 ± 0.13 <sup>a</sup>	3.14 ± 0.24 <sup>a</sup>	0.66 ± 0.12 <sup>a</sup>	3.06 ± 0.37
HFK10	11.75 ± 2.16 <sup>b</sup>	1.05 ± 0.08 <sup>b</sup>	1.18 ± 0.12 <sup>b</sup>	2.63 ± 0.20 <sup>b</sup>	0.56 ± 0.07 <sup>b</sup>	3.14 ± 0.31
HFK20	11.05 ± 1.63 <sup>b</sup>	0.98 ± 0.11 <sup>b</sup>	1.16 ± 0.15 <sup>b</sup>	2.34 ± 0.20 <sup>c</sup>	0.55 ± 0.10 <sup>b</sup>	2.91 ± 0.25

Values are mean ± SD (n=10)

<sup>1,2)</sup>See the legend of Table 1.

<sup>a-c</sup>Data are significantly different by one-way ANOVA followed Duncan's multiple range test at the 0.01 level of significance.

**Table 5. Effects of kimchi lactic acid<sup>1)</sup> on plasma concentrations of rats fed high fat diets for 17 weeks**

Group <sup>2)</sup>	TG (mg/dL)	Total cholesterol (mg/dL)	HDL-C (mg/dL)	LDL-C (mg/dL)
ND	174.19 ± 1.17 <sup>c</sup>	123.08 ± 2.8 <sup>d</sup>	50.60 ± 0.72 <sup>b</sup>	36.84 ± 1.46 <sup>d</sup>
HFD	269.33 ± 3.27 <sup>a</sup>	158.24 ± 4.73 <sup>a</sup>	43.59 ± 1.96 <sup>c</sup>	60.43 ± 2.44 <sup>a</sup>
HFK10	198.69 ± 6.26 <sup>b</sup>	143.38 ± 8.91 <sup>b</sup>	50.78 ± 2.65 <sup>b</sup>	55.42 ± 2.70 <sup>b</sup>
HFK20	174.87 ± 0.74 <sup>c</sup>	131.62 ± 4.01 <sup>c</sup>	79.07 ± 1.10 <sup>a</sup>	40.27 ± 1.53 <sup>c</sup>

Values are mean ± SD (n=10)

<sup>1,2)</sup>See the legend of Table 1.

<sup>a-d)</sup>Data are significantly different by one-way ANOVA followed Duncan's multiple range test at the 0.01 level of significance.

**혈장 지질저하 효과**

고지방식이에 의해 가장 큰 영향을 받는 혈장 중성지방의 농도는 ND에 비해 HFD에서 약 55% 유의적으로 증가하였고(Table 5,  $p < 0.01$ ), HFK10과 HFK20은 HFD에 비해 26%, 및 35% 농도 의존적으로 감소하였다. HFD의 총콜레스테롤 농도는 ND에 비해 29% 상승하였고( $p < 0.01$ ) HFK10 및 HFK20의 농도는 HFD에 비해 약 9%, 17% 감소하여, 유산균발효유의 지질저하 효과(5-10) 및 유산균의 지질저하 효과(32-36)와 일치하여 사균의 형태인 유산균도 생균과 유사하게 지질 저하 효과가 있음을 확인하였다. HDL-콜레스테롤 농도는 고지방식이에 의해 낮아졌으나(14%,  $p < 0.01$ ), 김치유산균추출물 10% 및 20% 첨가에 의해 각각 16%, 81% 증가하였다( $p < 0.01$ ). LDL 농도는 HFD가 ND에 비해 61% 정도 증가하였고( $p < 0.01$ ), HFK10 및 HFK20에서 약 8%, 33% 감소하여( $p < 0.01$ ) 김치유산균 추출물 첨가 농도에 의존적으로 나타났으며 HFK20의 효과는 현저하여 앞에서 관찰된 체중감소 및 복부지방 축적 억제 효과가 김치유산균 추출물 첨가농도에 의존적이기는 하였으나 두 첨가 농도 간에 현저한 차이를 보지 못한 것과는 다른 양상이었다.

본 연구에서 고지방식이에 의해 혈장 중성지질은 혈장 총 콜레스테롤에 비해 현저히 상승되었는데 이는 식이로 섭취된 중성지방이 키로마이크론으로 전환되어 혈장을 순환하기 때문으로 생각된다. 그리고, 고지방식이에 의해 LDL 상승 정도가 혈장 총 콜레스테롤 상승 정도에 비해 높은 것은 식이 지방 섭취량에 비례하여 생성되는 카일로마이크론 잔여물의 농도가 높아지고 이로부터 생성되는 VLDL의 농도가 높아짐에 따라 LDL의 전환이 많아졌기 때문으로 생각된다. 이러한 고지방식이에 의한 혈장 지질 농도 상승은 김치유산균추출물의 첨가에 의해 현저하게 억제되었으며, 그 효과는 농도 의존적이었다.

유산균 발효유에 의한 지질 저하 효과, 특히 콜레스테롤 저하 효과는 동물 및 임상실험을 통하여 널리 알려져 있다(5-10). 유산균발효유가 콜레스테롤을 저하시키는 기작으로서는 유산균 발효유에 의한 장내 균총의 변화로 *Bifidobacterium*, *Clostridium*, *Bacteroides* 및 *Eubacterium* 등의 장내세균은 콜레스테롤을 coprostanol로 전환시킴으로서 흡수가 되지 않게 하거나(33,37,38), 우유에 함유되어 있는 hydroxymethylglutarate(HMG)와 orotic acid가 유산균 발효유에도 존재할 것이고 이들은 HMG-CoA reductase의 활성을 억제하거나(39) acetyl CoA synthetase의 활성을 억제함으로써(8) 생체 내에서 콜레스테롤의 생합성을 저해할 것으로 알려져 있다. 유산균 발효유의 지질저하 작용은 발효유 제조 시 사용하는 균주에 따라 효과가 다르다고 보고되었는데 유산균 중 *Lb. acidophilus*(32-34) *Str. thermophilus*(8, 34), *Lb. bulgaricus*(34), 그리고 *Bifidobacterium*(33,35,36) 등은 콜레스테롤을 흡수하는 것으로 밝혀져 이들의 섭취 시 장내에서 콜레스테롤을 유산균이 흡수함으로써 체내로 이동하는 양이 적어져 혈청 콜레스테롤을 저하시킬 것으로 보고되었다. 이

러한 유산균의 콜레스테롤 흡수작용은 발암의 원인이 되고 있는 콜레스테롤 대사산물의 생성을 억제하는 항암 효과도 있다고(36) 설명하고 있다. 또한 이들 유산균은 특히 *Lb. acidophilus*는 담즙산을 탈 포함시킴으로서(32,33) 담즙산의 재순환량을 감소시켜 혈중콜레스테롤 농도를 낮출 수 있을 뿐만 아니라 소화관내에서 콜레스테롤을 직접 분해하여 세포벽에 결합시킴으로서(32) 흡수를 억제한다고 한다. 이러한 유산균의 지질저하 효과는 생균이 아닌 사균의 경우에도 관찰되었는데 *Bif. longum*을 가열 살균한 후 분말화 하여 이를 토끼에게 투여하였을 때 혈청지질이 낮아지고 및 동맥경화 병변이 개선되었으며 이와 유사한 효과가 가열 살균한 *Str. faecalis*를 사용하였을 때도 관찰되었다는 결과를 Jung 등이 인용 보고하였고(10), 콜레스테롤 저하능이 우수한 유산균주로 요쿠르트를 제조한 후 이를 동결 건조하여 분말의 형태로 쥐에 급여한 하였을 때 총콜레스테롤 및 LDL 농도가 감소하였다고 Park 등(30)이 보고하여 본 연구에서 관찰된 고지방식이에 김치유산균추출물을 첨가하였을 때 농도 의존적으로 중성지질 및 콜레스테롤 농도가 고지방식이 군에 비해 감소한 결과와 일치하였다. 그러나 *in vitro*나 동물 실험에서 지질저하 효과가 높은 것으로 알려진 유산균 중 *Lb. acidophilus*와 *Lb. bulgaricus*를 알약의 형태로( $2 \times 10^6$  cfu/tablet) 시판하고 있는 제품을 3주 동안 약 350명의 사람에게 먹었을 때 위약군에 비해 이들 유산균 tablet은 혈장 지단백질 농도를 개선하는 효과가 관찰되지 않았다(40).

유산균 사균의 지질 저하 효과에 관한 기작은 알려져 있지 않으나 아마도 유산균의 균체에 지방이 포집되어 흡수를 방해하는 것으로 생각된다(32).

**간 기능 개선 효과**

HFD의 간의 중성지방 농도는 ND에 비해 8% 증가하였으며(Table 6,  $p < 0.05$ ) 이로 인해 간 중량 역시 증가하였다. 간의 지방축적 현상은 김치유산균추출물의 첨가에 의해 3% 및 11% 유의적으로 감소하였으며( $p < 0.05$ ) 그 효과는 농도 의존적이었다. HFD의 간의 총 콜레스테롤 농도는 ND에 비해 약 33% 정도 유의적으로 증가하였고( $p < 0.01$ ), 김치유산균추출물 첨가에 의해 각각 13% 및 23% 감소하였다( $p < 0.01$ ). 본 실험에서 고지방식이에 의한 간의 콜레스테롤 농도의 증가 정도는 중성지방 농도 증가에 비해 높았는데 이는 혈장 LDL이 높아진 결과와 일치하는 것으로 간으로 유입된 LDL이 높아져 간의 콜레스테롤 농도가 높아진 것으로 생각된다. 그러나 김치유산균 첨가군에서 간지질 농도가 낮아진 것은 혈장 지질이 김치유산균 첨가에 의해 낮아졌기 때문이며, 또한 간에서 담즙을 생성하기 위해 콜레스테롤이 사용되었기 때문으로 생각되어진다. 반면에서 담즙의 농도를 측정하지 않아 직접적인 근거는 없으나 분변의 콜레스테롤 농도가 높아진 결과로 보아 김치유산균이 소장 내에서 담즙의 배설을 촉진하여 재순환되는 담즙의 양

**Table 6. Effects of kimchi lactic acid<sup>1)</sup> on liver lipids concentrations of rats fed high fat diets for 17 weeks**

Group <sup>2)</sup>	Lipid (mg/g wet wt)	
	Triglyceride**	Cholesterol*
ND	112.09 ± 4.66 <sup>ab</sup>	53.93 ± 1.35 <sup>c</sup>
HFD	121.15 ± 3.50 <sup>a</sup>	71.46 ± 1.35 <sup>a</sup>
HFK10	118.10 ± 1.34 <sup>a</sup>	62.00 ± 0.78 <sup>b</sup>
HFK20	107.49 ± 2.82 <sup>b</sup>	54.83 ± 0.78 <sup>c</sup>

Values are mean ± SD (n=10)

<sup>1,2)</sup>See the legend of Table 1.

<sup>a-c</sup>Data are significantly different by one-way ANOVA followed Duncan's multiple range test (\*:  $p < 0.01$  \*\*:  $p < 0.05$ ).

**Table 7. Effects of kimchi lactic acid<sup>1)</sup> on serum amino-transferase activities of rats fed high fat diets for 17 weeks**

Group <sup>2)</sup>	AST	ALT
	Karmen unit/mL of serum	
ND	21.56 ± 4.04 <sup>d</sup>	24.90 ± 1.98 <sup>c</sup>
HFD	42.18 ± 1.99 <sup>a</sup>	50.84 ± 6.31 <sup>a</sup>
HFK10	27.36 ± 3.61 <sup>b</sup>	33.65 ± 1.59 <sup>b</sup>
HFK20	25.36 ± 2.99 <sup>c</sup>	35.46 ± 1.64 <sup>b</sup>

Values are mean ± SD (n=10)

<sup>1,2)</sup>See the legend of Table 1.

<sup>a-d</sup>Data are significantly different by one-way ANOVA followed Duncan's multiple range test at the 0.01 level of significance.

**Table 8. Fecal lipids in rats fed high fat diets containing kimchi lactic acid<sup>1)</sup> for 17 weeks**

Group <sup>2)</sup>	Lipid (mg/g dry wt)	
	Triglyceride	Cholesterol
ND	20.04 ± 7.49 <sup>c</sup>	46.59 ± 5.03 <sup>c</sup>
HFD	24.64 ± 4.18 <sup>c</sup>	53.69 ± 1.71 <sup>b</sup>
HFK10	39.92 ± 1.59 <sup>b</sup>	58.80 ± 1.56 <sup>b</sup>
HFK20	52.10 ± 4.43 <sup>a</sup>	70.91 ± 0.57 <sup>a</sup>

Values are mean ± SD (n=10)

<sup>1,2)</sup>See the legend of Table 1.

<sup>a-c</sup>Data are significantly different by one-way ANOVA followed Duncan's multiple range test at the 0.05 level of significance.

이 낮아짐으로서 이를 보충하기 위해 담즙의 생성이 촉진되었기 때문으로 생각된다. 일반적으로 지방의 과잉섭취는 지질대사의 이상을 초래하여 간 등 장기조직에 지방 침착을 일으킴으로써 비만증, 고지혈증, 지방간 등을 유발하는데, 본 실험에서도 고지방식을 섭취한 군의 간은 다른 군들에 비해서 비대해져(Table 4,  $p < 0.01$ ) 지방간 현상을 보였다.

고지방식에 의해 지방간 현상을 보인 쥐의 AST 및 ALT 효소의 농도는 ND에 비해 약 2배 정도 높아졌으며(Table 7,  $p < 0.01$ ) 이러한 효소 활성은 김치유산균추출물 첨가에 의해 정상 대조군 수준으로 낮아짐으로서 간 기능을 개선하는 효과가 관찰되었다. Back(11)은 유산균에 의해 생성된 유산, 펩톤, 펩타이드 및 미량활성 물질이 간 기능을 항진시킴으로서 간 기능을 개선하는 효과가 있을 것이라고 보고하였다.

#### 분변의 지질농도

17주 사육 후 희생하기 전 이틀 동안 수집한 분변의 지방농도를 분석한 결과 HFD의 분변 중성지방 및 콜레스테롤 농도

는 ND와 유사하여 식이로 섭취된 지방이 대부분 흡수된 것으로 나타났다. 그러나 HFK10 및 HFK20의 중성지방 농도는 HFD에 비해 각 62% 와 111% 정도 현저하게 증가하였고, 콜레스테롤 농도는 HFK20에서 약 31% 정도 증가하였다(Table 8,  $p < 0.05$ ). 본 연구결과 김치유산균 추출물은 지방의 흡수를 억제하여 분변으로 배설을 촉진하는 식이섭취소와 유사한 효과가 있음이 관찰되었고 이는 유산균 균체는 장내에서 영양분을 포집하여 흡수를 방해하는 효과가 있다는 결과와 일치하였다(32). 이러한 결과는 김치유산균추출물의 첨가량에 비례하여 혈장, 간 및 심장 지질 농도가 낮아진 결과를 일부 확인해 주고 있다.

## 요 약

김치유산균추출물의 비만억제 및 지질 저하 효과를 20%(w/w) 고지방식을 섭취시킨 흰 쥐에서 살펴보았다. 제한식을 하였음에도 불구하고 HFD의 체중은 ND에 비해 약 50% 증가하였고, HFK10 및 HFK20에서는 HFD에 비해 각각 13% 그리고 15%( $p < 0.01$ ) 감소하였다. HFD의 복부지방의 함량은 ND에 비해 98% 증가하였고( $p < 0.01$ ), HFK10 및 HFK20에서 각각 42%, 48% 유의적으로 감소하여( $p < 0.01$ ) 체중 저하 효과 보다 복부지방 축적을 억제하는 효과가 더 높은 것으로 나타났다. 혈장 중성지방의 농도는 HFD가 ND에 비해 약 55% 증가하였고( $p < 0.01$ ), HFK10 및 HFK20은 HFD에 비해 26%, 및 35% 농도 의존적으로 감소하였다( $p < 0.01$ ). 혈장 총 콜레스테롤 농도 역시 HFK10 및 HFK20에서 농도 의존적으로 유의적인 감소를 보였고( $p < 0.01$ ) LDL 농도는 HFD가 ND보다 61% 정도 증가하였고( $p < 0.01$ ), HFK10 및 HFK20에서 약 8%, 33% 감소하여( $p < 0.01$ ) 총 콜레스테롤 보다 LDL의 감소가 더 현저하였다. HDL은 증가하여 김치유산균추출물의 첨가에 의한 지질 개선 효과가 관찰되었다. 김치 유산균 추출물의 간 기능 개선 효과는 고지방 식이에 의해 유발된 지방간 현상으로 정상대조군에 비해 상승되었던 혈장 AST 및 ALT 활성이 감소됨으로서 관찰되었다. 분변의 지방농도를 HFD와 HFK10 및 HFK20간에 비교하였을 때 중성지방 농도는 각 62%와 111% 정도 현저하게 증가하였고, 콜레스테롤 농도는 HFK20에서 약 31% 정도 증가하였다( $p < 0.05$ ). 이상의 결과에서 사균의 형태인 김치유산균추출물은 비만을 억제하고 혈장 지질을 저하시키는 효과가 있음이 확인되었으며, 간 기능 보호효과도 확인되었다. 이러한 김치유산균 추출물의 효과는 장내에서 지방의 흡수를 억제하기 때문으로 생각된다.

## 감사의 글

본 연구는 농림부에서 시행한 2003년 농림기술개발 사업(302001-03-2-HD110)의 협동연구과제로 수행된 연구 결과의 일부로 연구비 지원에 감사드립니다.

본 연구를 위하여 김치유산균추출물분말을 연구용으로 제공해주신 (주)세전에 감사드립니다.

## 문 헌

1. Perdigon G, Nader de Macias ME, Alvarez S, Oliver G, Pesce de Holgado AA. Prevention of gastrointestinal infection using immunobiological methods with milk fermented with *Lactobacillus*

- casei* and *Lactobacillus acidophilus*. J. Dairy Res. 57: 255-264 (1990)
2. Jun HS, Choi YK, Won YS, Hun BH, Kim JW. Effects of lactic acid bacteria on infection of *Salmonella typhimurium* in mouse. Korean J. Dairy Sci. 21: 171-182 (1999)
  3. Sahani KM, Ayebo AD. 1980. Role of dietary *Lactobacilli* in gastrointestinal microecology. Am. J. Clin. Nutri. 33: 2448-2457 (1980)
  4. Shida K, Makino K, Morishita A, Takamizawa K, Hachimura S, Ametani A, Sato T, Kumagai Y, Habu S, Kaminogawa S. *Lactobacillus casei* inhibits antigen-induced IgE secretion through regulation of cytokine production in murine splenocyte cultures. Int Arch. Allergy Immunol. 115: 278-287 (1998)
  5. Rhim KH, Kim JG, Han JH. Effects of fermented milk on rats fed by hypercholesterolemic diet. Korean J. Environ. Hlth. Soc. 19: 77-89 (1993)
  6. Jaspers DA, Massey LK, Luedecke LO. Effect of consuming yogurts prepared with three culture strains on human serum lipoproteins. J. Food Sci. 49: 1178-1181 (1984)
  7. Pulusani SR, Rao DR. Whole body, liver and plasma cholesterol levels in rats fed thermophilus, bulgaricus, and acidophilus milks. J. Food Sci. 48: 280-281 (1983)
  8. Rao DR, Chawan CB, Pulusani SR. Influence of milk and thermophilus milk on plasma cholesterol levels and hepatic cholesterogenesis in rats. J. Food Sci. 46: 1339-1341 (1981)
  9. Grunewald KK. Serum cholesterol levels in rats fed skim milk fermented by *Lactobacillus acidophilus*. J. Food Sci. 47: 2078-2079 (1982)
  10. Jung HK, Kim ER, Yae HS, Choi SJ, Jung JY, Juhn SL. Cholesterol-lowering effect of lactic acid bacteria and fermented milks as probiotic functional foods. Food Ind. Nutr. 5: 29-35 (2000)
  11. Baek YJ. Lactic acid bacteria and human health. Korean J. Food Nutr. 6: 53-65 (1993)
  12. Kato I, Endo K, Yokokura T. Effects of oral administration of *Lactobacillus casei* on antitumor responses induced by tumor resection in mice. Int. J. Immunopharmacol. 16: 29-36 (1994)
  13. Kim HH, Han MJ. Inhibition of intestinal bacteria enzymes by Lactic acid bacteria. Yakhak Hoeji. 39: 169-174 (1995)
  14. Kim HS, Ham JS. Antioxidative ability of lactic acid bacteria. Korean J. Food Sci. Ani. Resour. 23: 186-192 (2003)
  15. Kaizu H, Sasaki M, Nakajima H, Suzuki Y. Effect of antioxidative lactic acid bacteria on rats fed a diet deficient in vitamin E. J. Dairy Sci. 76: 2493-2499 (1993)
  16. Lee HY, Lee Y, Park JH, Seok SH, Cho SA, Baek MW, Kim DJ, Park JH. Effect of probiotic lactic acid bacteria isolates in Korea in cutaneous hypersensitivity rats. Korean J. Lab. Ani. Sci. 19: 117-119 (2003)
  17. Rhee YH, Kang MS. Physico-chemical characteristics and  $\beta$ -galactosidase activity of *Lactobacillus plantarum* from kimchi. Agric. Chem. Biotechnol. 39: 54-59 (1996)
  18. Lee SH, No MJ. Viability in artificial gastric and bile juice and antimicrobial activity of some lactic acid bacteria isolated from kimchi. Korean J. Appl. Microbiol. Biotechnol. 25: 617-622 (1997)
  19. Oh CK, Oh MC, Hyon JS, Choi WJ, Lee SH, Kim SH. Depletion of nitrite by lactic acid bacteria isolated from kimchi(I). J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 26: 549-555 (1997)
  20. Oh CK, Oh MC, Hyon JS, Choi WJ, Lee SH, Kim SH. Depletion of nitrite by lactic acid bacteria isolated from kimchi (II). J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 26: 556-562 (1997)
  21. Lee SH, Park NY. Nitrite depletion and antimicrobial activity of lactic acid bacteria isolated from kimchi. Korean J. Appl. Microbiol. Biotechnol. 28: 39-44 (2000)
  22. Chae O, Shin K, Chung H, Choe T. Immunostimulation effects of mice fed with cell lysate of *Lactobacillus plantarum* isolated from kimchi. Korean J. Biotechnol. Bioeng. 13: 424-430 (1998)
  23. Shin K, Chae O, Park I, Hong S, Choe T. Antitumor effects of mice fed with cell lysate of *Lactobacillus plantarum* isolated from kimchi. Korean J. Biotechnol. Bioeng. 13: 357-363 (1998)
  24. Park KY, Kim SH, Son TJ. Antimutagenic activities of cell wall and cytosol fractions of lactic acid bacteria isolated from kimchi. J. Food Sci Nutr. 3: 329-333 (1998)
  25. Kwon MJ, Chun JH, Song YS, Song YO. Daily kimchi consumption and its hypolipidemic effect in middle-aged men. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 28: 1144-1150 (1999)
  26. Kim HJ, Kwon MJ, Seo JM, Kim JK, Song SH, Suh HS, Song YO. The effect of 3-(4'-hydroxyl-3',5'-dimethoxyphenyl)propionic acid in Chinese cabbage kimchi on lowering hypercholesterolemia. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 33: 52-58 (2004)
  27. Choi SH, Kim HJ, Kwon MJ, Baek YH, Song YO. The effect of kimchi pill supplementation on plasma lipid concentration in healthy people. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 32: 250-255 (2001)
  28. Choi WY, Park KY. Anticancer effects of organic Chinese cabbage kimchi. J. Food Sci. Nutr. 4: 113-116 (1999)
  29. Nomoto K, Miake S, Hashimoto S, Yokokura T, Mutai M, Yoshikai M, Nomoto K. Augmentation of host resistance to *Listeria monocytogenes* infection by *Lactobacillus casei*. J. Clin. Immunol. 17: 91-97 (1985)
  30. Park SY, Ko YT, Jung HK, Yang JO, Chung HS, Kim YB, Ji GE. Effect of various lactic acid bacteria on the serum cholesterol levels in rats and resistance to acid, bile and antibiotics. Korean J. Appl. Microbiol. Biotechnol. 24: 304-310 (1996)
  31. Folch IL, Stanley GH. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. J. Biochem. 223: 498 (1956)
  32. Gilliland SE, Nelson CR, Maxwell C. Assimilation of cholesterol by *Lactobacillus acidophilus*. Appl. Environ. Microbiol. 49: 377-381 (1985)
  33. Klaver FAM, van der Meer R. The assumed assimilation of cholesterol by lactobacilli and Bifido bacterium bifidum is due to their bile salt deconjugating activity. Appl. Environ. Microbiol. 59: 1120-1124 (1993)
  34. Rasic JL, Vujicic IF, Skrinjar M, Vulic M. Assimilation of cholesterol by some cultures of lactic acid bacteria and bifidobacteria. Biotechnol. Lett. 14: 39-44 (1992)
  35. Tahri K, Crociani J, Ballongue J, Schneider F. Effects of three strains of bifidobacteria on cholesterol. Lett. Appl. Microbiol. 21: 149-151 (1995)
  36. Tahri K, Grill JP, Schneider F. Bifidobacteria strain behavior toward cholesterol: Coprecipitation with bile salts and assimilation. Curr. Microbiol. 33: 187-193 (1996)
  37. Sadzikowski MR, Sperry JF, Silkins TD. Cholesterol-reducing bacterium from human feces. Appl. Environ Microbiol. 34: 355-362 (1977)
  38. Harrison VC, Peat G. Serum cholesterol and bowel flora in the newborn. Am. J. Clin. Nutr. 28: 1351-1355 (1975)
  39. Boguslawski W, Wrobel J. An inhibitor of sterol biosynthesis in cow's milk. Nature 247: 210-211 (1974)
  40. Lin SY, Ayres JW, Winkler W Jr, Sandine WE. *Lactobacillus* effects on cholesterol: *In vitro* and *in vivo* results. J. Dairy Sci. 72: 2885-2899 (1989)