

## 김치를 이용한 타블렛 조성물이 고지방식으로 유도된 흰쥐의 비만 억제에 미치는 효과

공연희<sup>1,2\*</sup> · 최홍식<sup>1</sup> · 송영옥<sup>1</sup> · 조연옥<sup>2</sup> · 최상윤<sup>2</sup>

<sup>1</sup>부산대학교 식품영양학과

<sup>2</sup>한국식품연구원

### Anti-Obesity Effects of Kimchi Tablet Composition in Rats Fed High-Fat Diet

Yeon-Hee Kong<sup>1,2\*</sup>, Hong-Sik Cheigh<sup>1</sup>, Young-Ok Song<sup>1</sup>, Youn-Ock Jo<sup>2</sup>, and Sang Yoon Choi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pusan National University, Busan 609-735, Korea

<sup>2</sup>Korea Food Research Institute, Gyeonggi 463-746, Korea

#### Abstract

Anti-obesity effects of kimchi tablet composition (KTC) were investigated with male Sprague-Dawley rats fed high-fat diet for 8 weeks. Fifty rats were classified to 4 groups: normal diet (ND), high fat diet (HFD), HFD+KTC 5% and HFD+KTC 10% for feeding experiments. This research showed that the final weight, weight gain, food efficiency ratio and organ weight were decreased by the addition of KTC compared to those of HFD group. Amount of subcutaneous fat of KTC groups were 13.6% and 21.3%, respectively. The plasma triglyceride concentration of KTC groups was lower than that of high fat diet group. Plasma cholesterol concentration of all four groups were not significantly different. HDL-cholesterol concentration of KTC groups was higher than those of high fat diet group. In addition, triglyceride and cholesterol concentrations in the liver and heart were reduced by the addition of KTC. Moreover, triglyceride concentration of fecal and hepatic HMG-CoA reductase activity were increased in KTC group. These results suggested that KTC might be useful for obesity control and good source of functional kimchi tablet.

**Key words:** kimchi tablet, cholesterol, lipid, obesity

#### 서 론

오늘날 사회 경제적 수준의 향상과 함께 식생활과 생활양식이 변함에 따라 비만인구의 비율이 점차 증가되고 있다. 비만은 2차적으로 여러 퇴행성 질환의 유발과 깊은 관련이 있어 최근 커다란 건강문제로 대두되었다(1). 비만증은 지방세포의 수와 크기 증대에 따라 과도하게 기관 혹은 피하에 집중적으로 지방이 축적되는 것으로 혈청콜레스테롤 농도의 상승과 LDL 콜레스테롤 농도의 상승이 직접적인 주요 인자에 속한다(2,3).

김치는 열량이 낮고 식이섬유와 비타민, 무기질의 함량이 높아 한국인의 식단에서 식이섬유를 비롯한 비타민과 무기질의 주요 공급원의 하나이며(4), 재료에 함유된 성분들과 발효과정에서 생성된 대사산물은 당뇨병 및 혈관질환과 관련된 성인병 예방 및 체중조절에 큰 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 김치에 함유된 활성성분 중 고춧가루의 capsaicin과 dehydrocapsaicin은 부신교감신경을 자극하여 아드레날린의 분비를 증가시키고 백색지방 조직에서 지방분해를 촉진시켜 생체의 에너지 소비기관인 갈색지방세포에서의 열

생산을 증가시킴으로써 결과적으로 체지방을 분해 연소시켜 체내 지방축적량을 감소시킨다(5). 또한 sitosterol, S-methylcystein sulfoxide와 김치 발효 시 생성되는 젖산균들은 콜레스테롤 농도를 낮춘다고 보고되어 있으며(6), 김치 속의 식이섬유소는 칼로리가 없고 포도당뿐만 아니라 단백질, 지질의 흡수율을 감소시킨다(7). 아울러 김치재료 중 마늘은 인체의 혈중 콜레스테롤 및 중성지방 농도를 감소시키고 간에서의 중성지방과 콜레스테롤의 합성을 방해하며 혈장의 지질 농도를 낮추는데, 이는 마늘의 allicin이 CoA와 반응하여 지방의 생합성에 필요한 -SH기를 차단함으로써 acetyl기의 전이를 방해한다(8). 그러나 김치는 보관이 용이하지 못하고 냄새 등으로 인하여 휴대 및 상용에 문제점을 갖고 있다. 따라서 본 연구에서는 이를 해결하기 위하여 동결건조한 김치 분말에 부형제로 glucose, 고춧가루, 식이섬유소 등을 혼합하여 김치 타블렛 제조용 조성물을 제조하고 흰쥐를 이용하여 이의 항비만 효과를 체중, 피하지방, 혈당, 혈중 지질 농도, 간조직의 지질 농도와 HMG-CoA reductase 활성, 분변으로의 지질 배설능 등을 측정하여 확인하고자 하였다.

\*Corresponding author. E-mail: kong1077@hanmail.net  
Phone: 82-31-780-9069, Fax: 82-31-709-9876

**Table 1. Kimchi recipe used for this experiment**

Ingredients	Weight (g)
Brined Korean cabbage ( <i>Brassica pekiinensis</i> )	1,000
Red pepper powder ( <i>Capsium annuum</i> )	18
Garlic ( <i>Allium sativum</i> )	7.5
Ginger ( <i>Zingiber officinale</i> )	1.9
Fermented shrimp sauce	22.5
Fermented sandlance sauce	22.5
Glutinous rice paste	12.8

## 재료 및 방법

### 김치 담금, 발효 및 동결건조

배추를 4 등분하여 10% 소금물 용액(수온 10°C)에 담귀 절인 후 물로 3회 씻어서 2시간 동안 물기를 제거 후 부산대학교 김치연구소에서 개발한 김치 레시피의 하나인 부재료의 양이 비교적 적게 첨가된 담금법(Table 1)으로 포기김치를 담았다. 김치는 재래식 독에 상온에서 하루 방치한 후 냉장 온도에서 15일간 숙성시켰다. 숙성된 포기김치를 적당한 크기로 잘라 동결시켜 동결 건조하여 실험용 시료로 사용하였다.

### 김치 조성물 조제 및 시약

본 연구에 사용한 김치조성물은 동결건조 김치 분말 37.8%, glucose 23.5%, 고춧가루 10.0%, 식이섬유소 18.7%, 기타 premixture 10%를 혼합하여 타블렛 제조용도로 조제하여 사용하였다. 혈장 및 간의 지질 농도 분석을 위한 콜레스테롤(아산제약, AM203-K)과 중성지방 분석용 kit(아산제약, AM 157S-K), HDL-C kit(아산제약, AM 203-K)를 구입하여 사용하였고 HMG-CoA reductase 활성 측정을 위한 HMG-CoA와 NADPH 및 그 밖의 시약들은 Sigma사(USA)에서 구입하였으며 용매는 Junsei사(Japan)의 특급시약을 사용하였다.

### 식이조제

식이 적응기간 동안 동물들에게 급여한 고품사료(Purina rat chow)는 효창 싸이언스(대구)에서 구입하였고, 실험식이 중 casein, cellulose, cholin bitartrate는 Sigma(USA)제품을 이용하였으며, mineral mixture, vitamin mixture는 ICN(Biomedical, Inc, USA)제품을 사용하였다. 식이는 정상대조군, 라드와 오일을 20% 첨가한 고지방군, 고지방식이에 KTC 5% 및 10% 첨가군 등 각각 4군을 조제하였다(Table 2). 정상대조군의 식이는 AIN-76 semipurified diet 제조법에 준하여 조제하였으며, 김치조성물 속에 포함된 당질, 조지방, 조단백 등의 에너지 성분을 고려하여 에너지 수준이 동일하게 하였다. 조제한 식이는 고품으로 만들어 건조시켜 4°C 냉장 보관하면서 공급하였다. 실험기간 중 고지방식이군의 평균식이 섭취량에 맞추어 제한식이를 하였고 식이는 이틀에 한 번씩 동일 시간에 제공하였다. 식이섭취량은 한

**Table 2. Compositions of experimental diet for the animal study** (g/100 g diet)

Ingredient	Normal diet	Experimental diet		
		HFD <sup>1)</sup>	HFD+KTC <sup>2)</sup> 5%	HFD+KTC10%
Casein	20.0	20.0	17.3	17.5
Sucrose	40.0	40.0	40.0	38.0
Corn starch	25.0	10.0	7.8	5.2
Corn oil	5.0	5.0	4.9	4.3
Lard	-	15.0	15.0	15.0
Cellulose	5.0	5.0	5.0	5.0
DL-methionin	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 composite flour	-	-	5.0	10.0
Total	100	100	100	100

<sup>1)</sup>HFD: High fat diet.

<sup>2)</sup>KTC: Kimchi tablet composition is prepared from kimchi extract and composed of 62.21% carbohydrate, 15.16% protein, 5.53% fat and 38.75% dietary fiber. One hundred gram of kimchi tablet composition gives 205.01 kcal.

주에 3회, 체중은 매 주 한 번씩 측정하였고 식이효율은 실험 동안의 체중증가량을 식이 섭취량으로 나누어서 구하였다.

### 실험동물

생후 4주령된 Sprague-Dawley계 흰쥐 50마리를 (주)바이오제노믹스사(서울)에서 구입하여 일주일간 적응시킨 후 실험에 사용하였다. 식이에 따라 정상군(ND), 고지방군(HFD), 고지방 식이에 KTC 5% 첨가군과 10% 첨가군으로 나누어 각 실험군당 11마리씩 난괴법으로 배치하여 8주간 실험하였다.

### 혈당 측정

매주 일정한 시간에 8시간 이상 절식시킨 후 꼬리 정맥에서 혈액을 채혈하여 자가혈당계(Glucotrend, Germany)를 이용하여 혈당을 측정하였다.

### 실험동물의 처리 및 시료 수집

흰쥐는 희생 전 24시간 절식시킨 후 에테르로 마취시킨 후 개복하였다. 헤파린으로 처리한 멸균주사기를 이용하여 심장에서 약 10 mL 정도의 혈액을 채취하였고 간, 심장, 신장, 폐, 고환 등의 장기를 적출하여 0.9% 생리식염수로 세척한 다음 여과지로 수분을 완전히 제거하여 중량을 측정하였고 모든 시료는 -70°C에 보관하면서 시료로 사용하였다.

### 간, 심장, 고환 및 분변 지질 추출 및 분석

간조직을 2 g씩 취하여 Folch 등의 방법(9)으로 지방을 추출하고, chloroform으로 25 mL가 되도록 정용하여 시료로 사용하였다. 간의 총콜레스테롤 농도 측정은 간 지방추출액을 0.1 mL씩 취하여 water bath에서 용매를 모두 휘발시킨 뒤 0.2 mL의 ethanol에 용해하였다. 반응액과의 혼탁을 방지하기 위하여 0.5% Triton X-100 0.5 mL를 첨가하고 정량

용 콜레스테롤 효소시약 AM 202-K(아산제약, 한국) 0.5 mL를 첨가하여 교반하였다.

37°C 수조에서 5분간 반응시켜 발색시킨 후, 증류수를 3 mL가 되도록 가하여 500 nm에서 흡광도를 측정하고 콜레스테롤 표준용액과 비교하여 총콜레스테롤 농도를 구하였고 심장 과 고환의 총 콜레스테롤 함량도 간과 동일한 방법으로 측정하였다. 분변은 0주, 8주째에 48시간 동안의 분변을 채취하여 동결 건조하였고 300 mg을 취해 ether 30 mL를 가하고 modified Soxhlet법(10)을 이용하여 3시간동안 지방을 추출한 후, ether로 25 mL가 되도록 정용하여 중성지방 및 콜레스테롤 정량용 시료로 하였다. 분변의 콜레스테롤과 중성지방 농도 측정은 간 콜레스테롤 정량 시와 동일한 방법으로 실시하였다.

**혈장 지질의 분석**

총콜레스테롤 함량은 효소법에 의한 정량용 kit시약(AM 202-K, 아산제약)을 사용하여 측정하였고 총 중성지방은 정량용 kit시약(AM 157S-K, 아산제약)을 사용하여 간에서의 함량 측정과 동일한 방법으로 측정하였다(11).

**간의 HMG-CoA reductase 활성 측정**

간조직의 콜레스테롤 생합성 속도조절효소인 HMG-CoA reductase의 활성도를 측정하기위해서 Shapiro(12) 등의 방법을 일부 수정하여 시행하였다. 간조직으로부터 microsome을 분리하여 HMG-CoA reductase 효소원으로 사용하였고 microsome을 가용화시키기 위하여 microsomal protein당 2 mM NADPH, <sup>14</sup>C로 labeling된 HMG-CoA [(주)에이젠 바이오, C-14, CFA-732, 57.0 MBq]와 가용성 buffer C를 첨가하고 37°C에서 예비 배양하였다. 이 후 10 N HCl을 가하여 배양하고, 이를 원심분리하여 상층액을 얻었다. 이 상층액과 mevalonate standard 용액을 TLC(silica gel 60 F<sub>254</sub>)에 점적한 후 benzene : acetone(1:1) 포화용액에서 전개하고 Image Analyzer(MacBas 1000, Fuji, Japan)로 전개된 시료의 mevalonate(lacton) band를 확인하고, 이를 모아 liquid scintillation cocktail(No.6013504)을 넣어 scintillation cou mevalonatenter에서 활성을 측정하였다. 효소 활성은 1분당 생성하는 mevalonate의 양을 pmole 단위로

나타내었다.

**통계처리**

실험결과는 평균±표준편차로 나타내었고 각 군 간의 유의성은 one-way ANOVA로 검증한 후 p<0.05 수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

**결과 및 고찰**

**체중 및 식이효율의 변화**

흰쥐의 체중증가량 및 식이효율은 Table 3에 나타내었다. 실험 전 흰쥐의 평균체중은 154 g 정도였으며, 사육 8주 후의 평균체중은 고지방군이 553 g으로 가장 높았고, 정상대조군 508 g, KTC 5% 첨가군 521 g, KTC 10% 첨가군 512 g으로 나타났(p<0.05). 이들의 체중 증가율은 고지방군이 대조군에 비해 38.5% 증가하였고, KTC 5% 첨가군과 10% 첨가군은 고지방군에 비하여 각각 7.68%, 10.11% 감소하여 KTC 첨가군의 체중 감량 효과를 확인할 수 있었다. 이러한 KTC 첨가군의 체중 감량 효과는 함유된 체내 당질 대사와 지방질대사에 직접 관여하는 여러 효소들의 작용과 식이섬유소 등 생리활성 물질들의 작용으로 난 결과로 추측된다(13,14). 흰쥐의 식이효율은 정상대조군이 0.3, 고지방군의 식이효율이 0.38로 나타났고 KTC 5%, 10% 첨가군이 각각 0.33와 0.29로 KTC 첨가량이 많아질수록 유의적으로 감소하였다(Table 3).

**장기무게 변화**

흰쥐의 장기무게 측정결과 고지방식이는 간을 제외하고는 심장, 신장, 폐 및 비장의 무게에 영향을 미치지 못하였다(Table 4). 따라서 고지방식이에 의한 지방축적이 많은 장기는 간으로 관찰되었는데, 정상대조군보다 연소시켜 간의 약 13% 증가하여 유의적인 차이를 보였다(p<0.05). KTC 5%와 10% 첨가군의 간 무게는 고지방군에 비하여 각각 20%, 26% 감소하여 KTC가 간에 지방축적을 억제하는 것으로 나타났으며(p<0.05), 이는 KTC의 식이섬유소가 지방 흡수를 억제 하였거나 capsaicin을 포함한 활성성분이 체내 지방질을 분해, 연소시켜 간에서의 중성지방 합성을 억제시켰기 때문으

**Table 3. Changes in body weight, food intake and food efficiency ratio of rats fed high-fat diet containing kimchi tablet composition for 8 weeks**

Groups <sup>1)</sup>	Initial weight (g)	Final weight (g)	Weight gain (g/day)	Food intake (g/day)	Food efficiency ratio <sup>2)</sup>
ND	159.17±17.72 <sup>3)ns4)</sup>	507.67±19.3 <sup>ab5)</sup>	6.23±0.36 <sup>c</sup>	23.05±0.07 <sup>ns</sup>	0.30±0.03 <sup>b</sup>
HFD	152.67±9.12	552.67±5.28 <sup>a</sup>	7.14±0.24 <sup>a</sup>	22.56±0.06	0.38±0.05 <sup>a</sup>
KTC5%	151.43±5.15	520.71±28.45 <sup>a</sup>	6.59±0.52 <sup>b</sup>	22.91±0.08	0.33±0.03 <sup>b</sup>
KTC10%	152.86±10.96	512.43±37.54 <sup>b</sup>	6.38±0.72 <sup>bc</sup>	22.73±0.08	0.29±0.03 <sup>ab</sup>

<sup>1)</sup>ND: normal diet, HFD: High fat diet, KTC5%: HFD+kimchi tablet composition 5% (w/w), KTC10%: HFD+kimchi tablet composition 10% (w/w).

<sup>2)</sup>Food efficiency ratio: weight gain/ amount of food intake.

<sup>3)</sup>Values are means±SD (n=12).

<sup>4)</sup>ns: not significant.

<sup>5)</sup>Means with the different letters in the same column are significantly different (p<0.05).

**Table 4. Organ weights of rats fed high-fat diet containing kimchi tablet composition for 8 weeks**

Groups <sup>1)</sup>	Liver (g)	Kidney (g)	Heart (g)	Lung (g)	Spleen (g)
ND	15.41 ± 2.41 <sup>2)bc3)</sup>	1.88 ± 0.12 <sup>ns4)</sup>	1.48 ± 0.02 <sup>ns</sup>	1.61 ± 0.09 <sup>ns</sup>	0.91 ± 0.06 <sup>ns</sup>
HFD	17.8 ± 2.22 <sup>a</sup>	1.94 ± 0.17	1.49 ± 0.09	1.76 ± 0.23	0.86 ± 0.13
KTC 5%	14.29 ± 1.59 <sup>bc</sup>	1.72 ± 0.21	1.4 ± 0.08	1.63 ± 0.13	0.74 ± 0.07
KTC 10%	13.2 ± 1.89 <sup>c</sup>	1.59 ± 0.13	1.34 ± 0.13	1.5 ± 0.09	0.76 ± 0.06

<sup>1)</sup>See the legend of Table 3.

<sup>2)</sup>Values are means ± SD (n=12).

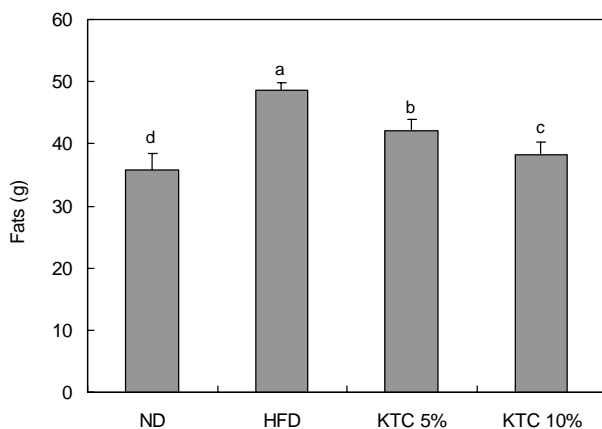
<sup>3)</sup>Means with the different letters in the same column are significantly different (p<0.05).

<sup>4)</sup>ns: not significant.

로 사료되었다(15).

#### 피하지방 함량의 변화

흰쥐의 복부를 중심으로 주요 장기를 덮고 있는 피하지방을 적출하여 balance에 무게를 측정된 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 피하지방의 무게는 고지방군이 48.7 g으로 정상대조군에 비해 25% 증가하였고, KTC 5%와 10% 첨가군은 42.1 g, 38.3 g으로 정상대조군에 비해 각각 13.7%, 5.2% 증가하여 KTC가 고지방식이로 인한 피하지방의 축적을 억제함을 확인할 수 있었다(p<0.05). KTC의 주구성성분인 김치에는 체내 당질 대사와 지방질 대사에 직접 관여하는 여러 효소들의 보조소인 티아민, 리보플라빈, 나이아신, 판토텐산 등의 비타민 B복합체가 있으며 유산균 발효에 의해 생성된 구연산 등의 유기산은 에너지 대사 과정인 TCA 사이클의 회전을 촉진하여 섭취 열량의 분해 및 연소를 촉진하여 잉여 열량이 체지방으로 축적되는 것을 줄이게 된다고 보고된 바 있다(16). 또한 KTC에 함유된 식이섬유소가 열량의 섭취 제한과 체의 배설 작용을 하며(9,11) 고추의 capsaicin이 부신교감신경을 자극하여 아드레날린 분비를 증가시키고 백색 지방조직에서의 지방 분해 및 갈색지방세포에서의 열생산을 증가시킴으로써 체지방을 분해, 연소시켜 체내 지방질 축적을 감소시키는 것으로 추측된다(17,18).



**Fig. 1. The amount of subcutaneous fat in rats fed high-fat diet containing kimchi tablet composition for 8 weeks.**

Groups: See the legend of Table 3.

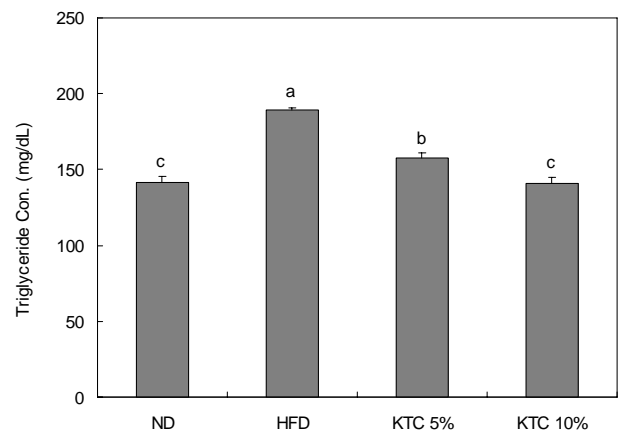
Means with the different letters (a~d) on the bar are significantly different (p<0.05).

#### 혈장 중성지질 농도

혈장 중성지질(TG) 농도는 정상군이 141.6 mg/dL, 고지방군이 189.4 mg/dL로 고지방식이에 의한 혈중 중성지질 농도가 정상군에 비해 25% 정도 증가하였고(p<0.05), 고지방식이에 KTC 5%와 10%첨가군의 혈장 중성지질 농도는 각각 157.8 mg/dL, 140.9 mg/dL로 고지방군에 비해 16.7%, 25.6% 정도 감소하였다(Fig. 2). 특히 KTC 10% 첨가군의 혈중 중성지질 농도는 정상군의 혈중 중성지질 농도와 차이가 없었고 이는 동결건조 김치를 함유한 식이를 흰쥐에 4주간 섭취시켰을 때 김치 10% 섭취군이 정상대조군에 비해 혈청 중성지방이 33.8% 저하되었다고 보고한 Kim 등(19)의 보고와 김치 10% 첨가한 식이를 6주간 섭취시켰을 때 혈중 중성지방이 정상대조군에 비해 41% 감소한 Kwon 등(20)의 보고와 유사한 경향을 나타내었다.

#### 혈장 LDL 콜레스테롤 농도

식이와 조직에서 공급된 콜레스테롤은 간과 장에서 분비되는 지단백질의 구성성분에 포함되어 free cholesterol(FC) 또는 cholesterylester(CE)의 형태로 혈장 내로 분비되거나, 또는 다른 조직의 세포막에서 분비되어 혈장 지단백질 입자 내로 이동한다. Chylomicron과 VLDL은 체내로 흡수되는



**Fig. 2. Triglyceride concentration of blood plasma in rats fed high-fat diet containing kimchi tablet composition for 8 weeks.**

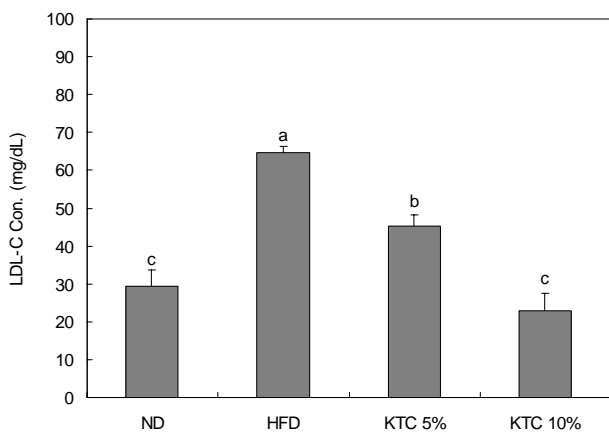
Groups: See the legend of Table 3.

Means with the different letters (a~c) on the bar are significantly different (p<0.05).

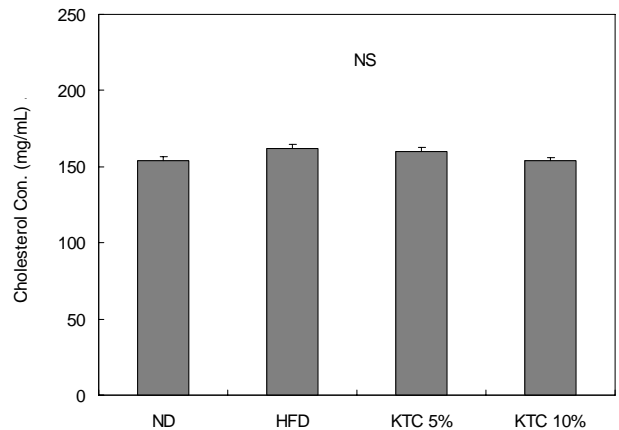
외인성 TG와 체내에서 합성되는 내인성 TG를 조직으로 운반하는 역할을 하고(21), 혈장내에서 VLDL로부터 전환되는 LDL은 혈장 콜레스테롤을 steroidogenic tissue로 수용하는 운반체 역할을 하며 심장순환기 계통의 질병에 대한 위험인자로 알려져 있다(22). 혈중 콜레스테롤은 거대한 지단백질 분자의 형태로 움직이며 이 중 약 3/4은 LDL을 형성하며 혈중 LDL 농도와 동맥경화증 발병빈도의 비례관계는 지금까지 잘 알려져 있다(23). 농도 측정된 결과 정상군 29.5 mg/dL에 비해 고지방군 64.6 mg/dL이 54% 정도 높았고 ( $p<0.05$ ), 고지방식이에 KTC 5%와 10% 첨가군은 각각 45.2 mg/dL, 23.01 mg/dL로 고지방군에 비해서 30%, 64% 감소하였다(Fig. 3). 이는 동결건조 배추김치 10% 함유 식이를 흰쥐에 6주간 섭취시켰을 때 LDL 콜레스테롤 농도가 정상대조군에 비해 10% 감소하였다는 보고(20)와 김치 용매 획분을 첨가한 식이를 토끼에 16주간 섭취시켰을 때 정상대조군에 비해 37~44% 감소하였다는 보고(24)와 유사한 경향을 나타냈다. 이러한 KTC의 LDL 콜레스테롤 저하 효과를 앞서 확인된 KTC의 혈중 중성지방 농도 감소 효과에 의해 혈장 내에서 VLDL 생성량이 감소하여 이로부터 전환되는 LDL 생성이 적어졌기 때문으로 추측된다.

**혈장 총콜레스테롤 농도**

흰쥐의 총콜레스테롤(TC) 농도는 8주 섭취 후 정상군이 154 mg/dL, 고지방군이 161.7 mg/dL으로 고지방군이 5% 정도 높았으나 통계적인 유의성이 없었다. 고지방식에 KTC 5% 및 10% 첨가군의 혈장 콜레스테롤 농도는 각각 159.7 mg/dL, 153.8 mg/dL로 고지방군에 비하여 1.2%, 4.9% 정도 감소하였으나 이 결과도 통계적인 유의성은 없었다(Fig. 4). 이는 흰쥐에 김치 10% 첨가한 식이를 섭취시켰을 때 총콜레스테롤 양은 감소하였으나 유의성이 없었던 Kim 등(19)의 보고와 유사한 경향을 나타내었다.



**Fig. 3. LDL-cholesterol concentration of the rats after 8 weeks.**  
Groups: See the legend of Table 3.  
Means with the different letters (a~c) on the bar are significantly different ( $p<0.05$ ).



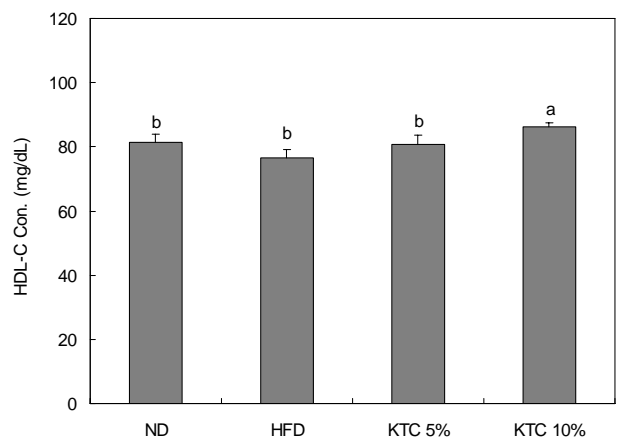
**Fig. 4. Plasma-cholesterol concentration of rats fed diet after 8 weeks.**  
Groups: See the legend of Table 3. NS: not significant.

**혈장 HDL 콜레스테롤 농도**

HDL-콜레스테롤 농도를 측정된 결과는 Fig. 5와 같다. 정상군은 81.3 mg/dL, 고지방군은 76.6 mg/dL로 고지방군이 정상군에 비해 오히려 6% 정도 낮아졌고, 고지방식에 KTC 5% 및 10% 첨가군의 HDL-콜레스테롤 농도는 80.8 mg/dL, 86.3 mg/dL로 고지방군에 비해 각각 5%, 13% 유의적으로 증가하였다.

**간 지질의 농도**

일반적으로 지방의 과잉섭취는 지질대사의 이상을 초래하여 간조직에 지방침착을 일으킴으로써 비만증, 고지혈증, 지방간 등을 유발하는데(25), 8주동안 김치와 타블렛 조성물을 급여한 후 고지방군의 간의 색조는 다소 분홍색을 띄었고 다른 군들에 비해서 비대해져 있었다. 간의 중성지방 농도 측정 결과 정상대조군이 37.4 mg/dL, 고지방군이 43.7 mg/dL로 나타났으며 고지방식에 KTC 5%, 10% 첨가군



**Fig. 5. HDL-cholesterol concentration of rats fed diet after 8 weeks.**  
Groups: See the legend of Table 3.  
Means with the different letters (a, b) on the bar are significantly different ( $p<0.05$ ).

**Table 5. Lipid concentration of liver in rats fed high-fat diet containing kimchi tablet composition for 8 weeks**

Groups <sup>1)</sup>	Lipid (mg/g wet wt)	
	Triglyceride	Cholesterol
ND	37.43±2.03 <sup>2)c3)</sup>	39±1.11 <sup>c</sup>
HFD	43.65±1.23 <sup>a</sup>	47.85±2.27 <sup>a</sup>
KTC 5%	41.55±3.12 <sup>b</sup>	45.15±2.27 <sup>b</sup>
KTC 10%	38.69±1.38 <sup>c</sup>	39.6±0.98 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>See the legend of Table 3.<sup>2)</sup>Values are means±SD (n=12).<sup>3)</sup>Means with the different letters in the same column are significantly different (p<0.05).

은 고지방군에 비해 각각 5%, 11% 정도 유의적으로 감소하였다(Table 5). 이는 KTC 첨가에 의해 혈중 중성지방 농도가 낮아짐으로써 간으로 이동한 지방의 농도가 적어 간에 축적되는 양이 낮은 것으로 사료된다. 또한 간의 콜레스테롤 농도는 고지방 식이에 의해 8% 정도 유의적으로 증가하였고, 고지방식이에 KTC 5% 및 10% 첨가군은 고지방군에 비해 6%, 17% 유의성 있게 감소하였다. 간은 콜레스테롤 합성의 주요 장기로 유리형 콜레스테롤 또는 에스테르형 콜레스테롤로서 지단백을 구성하여 순환계로 분비함으로써 혈액 중의 콜레스테롤 농도를 조절하는 역할을 한다(26). 혈중 콜레스테롤 농도가 식이군간에 유의적인 차이가 없었던 것과는 다른 기전으로, 고지방군에서 간의 콜레스테롤 농도가 유의적으로 증가하는 것은 고지방 식이가 혈중 중성지방을 상승시켜 간에서 VLDL의 생성을 증가시키고, 이로부터 전환된 LDL이 증가하여 이를 간에서 제거하는 양이 높아져 간의 콜레스테롤 농도가 높아진 것으로 생각되어진다.

#### 심장 지질의 농도

심장의 중성지방과 콜레스테롤 농도는 Table 6에 나타내었다. 중성지방 농도는 정상군이 12.84 mg/dL, 고지방군이 18.5 mg/dL으로 고지방군이 정상군에 비해 30% 증가하였고(p<0.05) 고지방 식이에 KTC 5% 및 10% 첨가군은 각각 15.7 mg/dL, 14.0 mg/dL로 정상군에 비해 18%, 8% 증가하여 고지방군에 비해 다소 낮은 증가율을 보였다. 또한 심장의 콜레스테롤 농도는 정상군이 5.5 mg/dL, 고지방군 8 mg/dL이었으며 고지방식이에 KTC 5%, 10% 첨가군은 각

**Table 6. Lipid concentration of heart in rats fed high-fat diet containing kimchi tablet composition for 8 weeks**

Groups <sup>1)</sup>	Lipid (mg/g wet wt)	
	Triglyceride	Cholesterol
ND	12.84±0.28 <sup>2)b3)</sup>	5.45±0.36 <sup>b</sup>
HFD	18.46±1.05 <sup>a</sup>	7.97±0.48 <sup>a</sup>
KTC 5%	15.74±2.74 <sup>ab</sup>	7.07±0.29 <sup>ab</sup>
KTC 10%	13.95±9.27 <sup>b</sup>	6.23±1.87 <sup>ab</sup>

<sup>1)</sup>See the legend of Table 3.<sup>2)</sup>Values are means±SD (n=12).<sup>3)</sup>Means with the different letters in the same column are significantly different (p<0.05).**Table 7. Lipid concentration of testis in rats fed high-fat diet containing kimchi tablet composition for 8 weeks**

Groups <sup>1)</sup>	Lipid (mg/g wet wt)	
	Triglyceride	Cholesterol
ND	8.88±1.6 <sup>2)a3)</sup>	9.54±1.17 <sup>b</sup>
HFD	10.52±2.4 <sup>a</sup>	15.97±1.35 <sup>a</sup>
KTC 5%	9.87±1.24 <sup>a</sup>	10.52±2.62 <sup>b</sup>
KTC 10%	9.08±1.14 <sup>a</sup>	9.81±2.85 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>See the legend of Table 3.<sup>2)</sup>Values are means±SD (n=12).<sup>3)</sup>Means with the different letters in the same column are significantly different (p<0.05).

각 7.1 mg/dL, 6.2 mg/dL으로 나타나 고지방군에 비해서 11%, 22% 감소하였다.

#### 고환 지질의 농도

고환의 중성지방 농도는 정상군이 8.9 mg/dL, 고지방군이 10.5 mg/dL, 고지방 식이에 KTC 5% 첨가군 9.9 mg/dL, 10% 첨가군 9.1 mg/dL로 나타났다(Table 7). 고지방군은 정상군에 비해 16% 증가하였고, KTC 5% 및 10% 첨가군은 고지방군에 비해서 6%, 14% 감소하였다. 고환의 콜레스테롤 농도는 정상군이 9.5 mg/dL, 고지방군이 16 mg/dL로 고지방군이 정상군에 비해 50% 정도 유의성 있게 증가하였고(p<0.05) KTC 5% 및 10% 첨가군은 10.5 mg/dL, 9.8 mg/dL으로 고지방군에 비해 각각 34%, 39% 감소하였다.

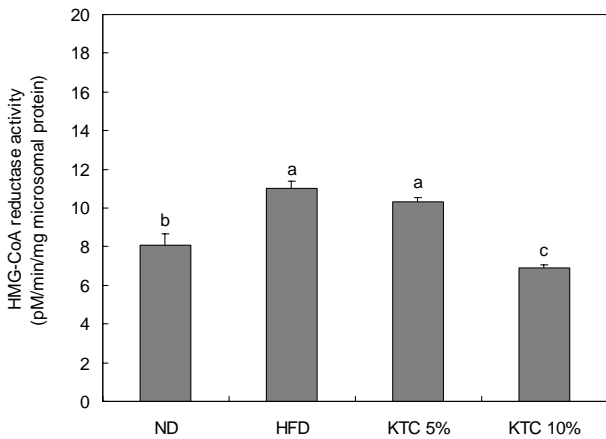
#### 분변 지질 농도의 변화

실험 종료 전 48시간 동안 수집한 분변의 지방질 농도를 분석한 결과 분변의 중성지방 농도는 정상군이 9.1 mg/g, 고지방군 11.3 mg/g, KTC 5% 및 10% 첨가군이 각각 11.7 mg/g, 12.5 mg/g으로 나타나(Table 8) 고지방군에서 분변으로 중성지방 배설량이 증가하는 현상을 보였는데 이는 식이 중 지방의 함량이 높기 때문으로 생각되며, KTC 첨가 함량에 비례적으로 분변의 중성지방 농도가 높아지는 결과는 KTC 중의 식이섬유소인 cellulose나 pectin이 지질의 흡수를 방해하여 분변으로의 배설을 증가시키는 것이 주요원인으로 사료된다. 분변의 콜레스테롤 농도는 정상군이 8.6 mg/g, 고지방군이 9.1 mg/g, 고지방식이에 KTC 5%와 10%

**Table 8. Lipid concentration of feces in rats fed high-fat diet containing kimchi tablet composition for 8 weeks**

Groups <sup>1)</sup>	Lipid (mg/g)	
	Triglyceride	Cholesterol
ND	9.04±0.37 <sup>2)b3)</sup>	8.63±0.27 <sup>ns4)</sup>
HFD	11.27±0.31 <sup>a</sup>	9.14±0.21
KTC 5%	11.68±0.73 <sup>a</sup>	9.36±0.45
KTC 10%	12.53±0.51 <sup>a</sup>	9.84±0.17

<sup>1)</sup>See the legend of Table 3.<sup>2)</sup>Values are means±SD (n=12).<sup>3)</sup>Means with the different letters in the same column are significantly different (p<0.05).<sup>4)</sup>ns: not significant.



**Fig. 6. Hepatic HMG-CoA reductase activity of each group after 8 weeks.**

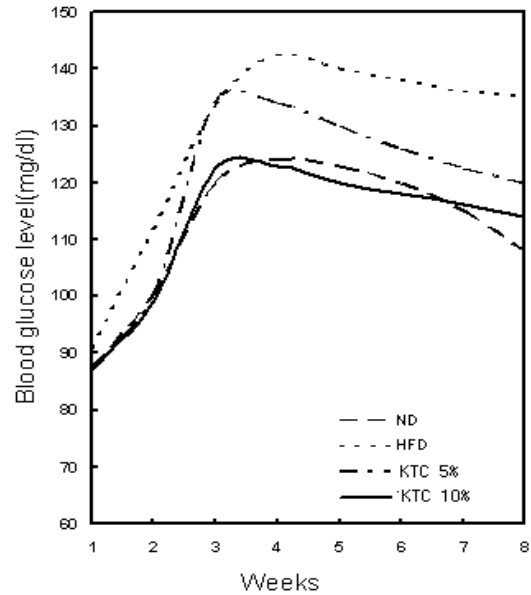
Groups: See the legend of Table 3.  
Means with the different letters (a~c) on the bar are significantly different ( $p < 0.05$ ).

첨가군이 각각 9.4 mg/g, 9.8 mg/g으로 나타났으며 각 군간의 유의성은 없었는데 이는 사료 중에 콜레스테롤 농도가 낮기 때문에 흡수되지 않은 콜레스테롤이 분변으로 배설될 함량이 낮은 것으로 생각된다. 그러나 실험군 중 KTC 10% 첨가군의 분변 콜레스테롤 농도가 다른 군에 비해 높은 것은 간의 콜레스테롤 농도가 낮은 결과를 일부 뒷받침하는 결과라고 생각된다. 간의 콜레스테롤은 담즙 생성시 구성 성분으로 사용되어 지질을 소화시키고 난 다음 장내에서 일부 배설되기 때문에 이러한 결과는 KTC 10% 첨가군의 분변 콜레스테롤 농도가 다른 군에 비해 높은 편이었는데 이는 간의 콜레스테롤 농도가 낮은 결과를 일부 뒷받침하는 결과라고 생각된다. 간의 콜레스테롤은 담즙 생성시 구성 성분으로 사용되어 지질을 소화시키고 난 다음 장내에서 일부 배설되기 때문에 KTC 첨가량이 높을수록 분변의 콜레스테롤 농도가 증가하는 것으로 보고된 다른 결과와 유사하다(27,28).

**간조직의 HMG-CoA reductase 활성**

간세포에서 acetyl-CoA를 전구체로 하여 복잡한 단계를 거쳐 콜레스테롤이 생합성되는데 콜레스테롤 합성량은 초기 단계에서 3-hydroxy methyl glutaryl coenzyme A (HMG-CoA)가 mevalonate로 전환되는 반응을 촉매하는 효소인 HMG-CoA reductase 활성에 의해 조절되며 이는 콜레스테롤 합성계에서 가장 중요한 효소로 알려져 있다(29).

본 연구에서 채취된 간조직의 HMG-CoA reductase 활성은 Fig. 6에 나타내었다. 정상군의 활성은 8.1, 고지방군 11.0, 고지방식이에 KTC 5% 및 10% 첨가군이 각각 10.33, 6.9 pmoles/min/mg · microsomal protein으로 유의적으로 낮았는데, KTC 첨가군의 양이 많아질수록 고지방군에 비해 효소활성이 유의적으로 낮게 나타나( $p < 0.05$ ) 이 때문에 콜레스테롤 농도가 감소한 것으로 추측된다. 이와 유사한 결과로 동결건조 배추김치를 함유한 식이를 흰쥐에 6주간 섭취시켰



**Fig. 7. Blood glucose level of each group for 8 weeks.**

Groups: See the legend of Table 3.

을 때 HMG-CoA reductase 활성은 대조군에 비해 김치 섭취군에서 농도 의존적으로 활성이 낮았다(24). 콜레스테롤과 또한 김치 재료를 첨가한 식이를 토끼에 12주간 급여했을 때 간의 HMG-CoA reductase 활성은 정상대조군에 비해 증가하였으며 특히 김치 재료 중 마늘군의 HMG-CoA reductase 활성이 높았다고 보고된바 있다(19).

**혈당 저하 효과**

실험기간동안 혈당치의 변화는 Fig. 7에 나타내었다. 혈당치는 실험군간 비교하기가 어렵지만 고지방식이에 의한 혈당 변화를 살펴보면 3주까지 혈당치가 급속히 증가하다가 4주부터 혈당치를 유지 내지 감소하는 현상을 보였다. 8주 후 혈당치는 대조군이 107.33 mg/dL로 가장 낮았고, 고지방군은 139.14 mg/dL로 가장 높았으며, KTC 5%와 10% 첨가군의 혈당치는 각각 130.14 mg/dL, 126.71 mg/dL로 고지방군에 비해 각각 6.47% 및 8.93% 감소하였다. KTC를 첨가한 군이 고지방군에 비해 혈당 증가폭이 낮게 나타났고, 이는 KTC가 고지방식이의 혈당치를 떨어뜨림을 알 수 있었다. 고지혈증을 수반하는 비만환자들 경우 비교적 혈당이 높게 나타나는 경우가 많고 특히 인슐린 비의존성 당뇨병의 대부분이 비만으로 인하여 생기므로 혈당과 상관성이 높은 것으로 알려져 있다(30).

**요 약**

동결건조된 김치분말을 주성분으로 하여 부형제로 glucose, 고춧가루, 식이섬유소 등을 혼합하여 제조된 김치 타블렛 제조용 조성물(KTC)의 항비만 효과를 알아보기 위하여 4주령의 SD계 수컷 흰쥐를 식이에 따라 정상대조군, 고지

방식이군, 고지방 식이에 KTC 5%와 10% 첨가군의 4군으로 나누어 8주간 사육하고 체중, 피하지방, 혈당, 혈 중 지질 농도, 간조직의 지질 농도와 HMG-CoA reductase 활성, 분변으로의 지질 배설능 등을 측정된 결과는 다음과 같다. 고지방 식이에 KTC 첨가량이 늘어날수록 흰쥐의 혈중 중성지질, 총콜레스테롤치를 농도 의존적으로 감소시켜 혈액내 지방의 축적을 저해하였고, 복부 피하지방의 양은 KTC 5%, 10% 첨가군이 고지방군에 비해 13.6%, 21.3% 감소시켰다 ( $p < 0.05$ ). 또한 간과 심장, 고환의 중성지방, 콜레스테롤 농도는 KTC 첨가군이 고지방식이군에 비해 농도 의존적으로 감소하였고 ( $p < 0.05$ ), HMG-CoA reductase 활성 및 혈당 농도를 고지방식이군에 비해 유의적으로 감소시켜 KTC가 흰쥐의 비만을 억제함을 확인할 수 있었다.

### 감사의 글

본 연구는 농림부 농림기술개발사업의 지원과 한국식품연구원 기관고유연구사업비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

### 문 헌

1. 백희영, 문현경, 최영선, 안윤옥, 이홍규, 이승옥. 1997. 한국인의 식생활과 질병. 서울대학교 출판부, 서울.
2. Casteli WP, Garrison RI, Wilson PWF, Abbott RD, Kalousdia NS, Kanel WB. 1986. Incidence of coronary heart disease and lipoprotein-cholesterol levels. The Framingham Study. *JAMA* 256: 2835-2845.
3. Rifkind BM. 1986. Diet, plasma cholesterol and coronary heart disease. *J Nutr* 116: 1578-1580.
4. Cheigh HS, Park KY. 1994. Biochemical, microbiological and nutritional aspects of kimchi. *Crit Rev Food Sci Nutr* 34: 175-183.
5. Watanabe T, Kawada T, Iwai K. 1987. Enhancement by capsaicin in of energy metabolism in rat through secretion of catecholamine from adrenal medulla. *Agric Biol Chem* 51: 75-79.
6. Kim MK, Jung HJ. 1998. Antimicrobial activity of extracts from spices on lactic acid bacteria related to kimchi fermentation. *Korean J Food Preserv* 5: 81-87.
7. Kay RM, Truswell AS. 1977. Effect of citrus pectin on blood lipids and fecal steroid excretion in man. *Am J Clin Nutr* 30: 171.
8. Stacy P, William SH. 1993. Garlic supplementation and lipoprotein oxidation susceptibility. *Lipids* 28: 475-477.
9. Folch J, Lees M, Sloane Stanley GH. 1956. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *J Biol Chem* 226: 497-509.
10. Barriada-Pereira M, Concha-Graña E. 2003. Microwave-assisted extraction versus Soxhlet extraction in the analysis of 21 organochlorine pesticides in plant. *J Chromatography A* 1008: 115-122.
11. Allain CC, Poon LS, Chan CSG, Richman W, Fu PC. 1974. Enzymatic determination of total serum cholesterol. *Clin Chem* 20: 470-475.
12. Shapiro DJ, Nordstorm JL, Rodwell VW, Mitschelen JJ. 1974. 3-Hydroxy-3-methyl glutaryl coenzyme A reductase in rat liver and in L-cell fibroblasts. *Biochem Biophys Acta* 370: 369-371.
13. Kim YJ. 1999. Physiological properties of Kimchi. *Food Industry and Nutrition* 4: 59-65.
14. Lee YO, Park KY, Cheigh HS. 1996. Antioxidative effect of kimchi with various fermentation period on the lipid oxidation of cooked ground meat. *J Korean Soc Food Nutr* 25: 261-266.
15. Yoshika M, St-Pierre S, Drapeau V, Dionne I, Doucet E, Suzuki M, Tremblay A. 1999. Effects of red pepper on appetite and energy intake. *Br J Nutr* 82: 115-123.
16. Kim JY, Lee YS. 1997. The effects of kimchi intake on lipid contents of body and mitogen response of spleen lymphocytes in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 1200-1207.
17. Kawada T, Hagigara K, Iwai K. 1986. Effects of capsaicin on lipid metabolism in rats fed a high fat diet. *J Nutr* 116: 1272-1278.
18. Yoshioka M, St-Pierre S, Drapeau V, Dionne I, Doucet E, Suzuki M, Tremblay A. 1999. Effects of red pepper on appetite and energy intake. *Br J Nutr* 82: 115-123.
19. Kim HJ, Kwon MJ, Song YO. 2000. Effects of solvent fractions of Korean cabbage Kimchi on antioxidative enzyme activities and fatty acid composition of phospholipid of rabbit fed 1% cholesterol diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 900-907.
20. Kwon MJ, Song YS, Song YO. 1998. Antioxidative effect of Kimchi ingredients on rabbits fed cholesterol diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 1189-1196.
21. Jang JY, Lee MK. 1998. Effect of on serum lipid metabolism in rats with diet induced cholesterolemia. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 1211-1216.
22. Stubbs CD, Smith AD. 1984. The modification of mammalian membrane polyunsaturated fatty acid composition in relation to membrane fluidity and function. *Biochem Biophys Acta* 179: 89-96.
23. Morimoto C, Tsujita T, Okuda H. 1997. Epinephrine-induced lipolysis in rats fat cells from visceral and subcutaneous sites role of hormone-sensitive and lipid droplets. *J Lipid Res* 38: 132-138.
24. Kim HJ, Kwon MJ, Seo JM, Kim JK, Song SH, Suh HS, Song YO. 2004. The effect of 3-(4-hydroxy-3',5'-dimethoxyphenyl) propionic acid in Chinese cabbage Kimchi on lowering hypercholesterolemia. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 52-58.
25. Gurr MI. 1988. Lipid metabolism in man. *Proceedings of Nutrition Society* 47: 1128-1131.
26. Yao T, Sato M, Kobayashi Y, Wasa T. 1985. Amperometric assays of total and free cholesterol in serum by the combined use of immobilized cholesterol esterases and cholesterol oxidant reactors and peroxidase electrode in a flow injection system. *Anal Biochem* 149: 387-391.
27. Stein Y, Dabach Y, Hollander G and Stein O. 1990. Cholesteryl ester transfer protein activity in hamster plasma increased by fat and cholesterol rich diets. *Biochem Biophys Acta* 1042: 138-145.
28. Stehens WE. 1986. An appraisal of cholesterol feeding in experimental atherogenesis. *Prog Cardiovas Dis* 29: 107-128.
29. Hulcher H, Oleson WH. 1973. Simplified spectrophotometric assay for HMG-Co A reductase. *J Lipid Res* 14: 625-631.
30. Sheo HJ. 1999. Effects of gastric on the blood lipid and other serum components in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 1139-1148.

(2007년 10월 1일 접수; 2007년 11월 29일 채택)