

흰쥐에서 김치식이 조직과 분변의 지질조성과 Apo단백 및 Thyroxine 농도에 미치는 영향

권명자 · 송영옥 · 송영선*†

부산대학교 식품영양학과 및 김치연구소
*인제대학교 식품영양학과

Effects of Kimchi on Tissue and Fecal Lipid Composition and Apolipoprotein and Thyroxine Levels in Rats

Myung-Ja Kwon, Young-Ok Song and Young-Sun Song*†

Dept. of Food Science and Nutrition, and Kimchi Research Institute,
Pusan National University, Pusan 609-735, Korea

*Dept. of Food Science and Nutrition, Inje University, Kimhae 621-749, Korea

Abstract

This study was carried out to examine whether kimchi has hypolipidemic effect and to know how it exerts lipid-lowering effect in rats. Male Sprague-Dawley rats were fed with kimchi-free diet, or 3%, or 5%, or 10% kimchi diets for 6 weeks. Plasma cholesterol level was lowered in rats fed all concentrations of kimchi diets, and plasma triglyceride(TG) level was lowered in 10% kimchi diet group compared with that of control significantly ($p < 0.05$). The intake of kimchi lowered VLDL-cholesterol and VLDL-TG levels, whereas increased HDL-cholesterol level significantly ($p < 0.05$). LDL-cholesterol level was lowered only in 5% kimchi diet group and LDL-TG level was lowered in all kimchi diet groups compared with those of control significantly ($p < 0.05$). The intake of 5% and 10% kimchi diets also lowered the levels of hepatic cholesterol, TG, total lipid, and apolipoprotein B, whereas increased the levels of fecal total fat, cholesterol, TG, and apolipoprotein A-1 significantly ($p < 0.05$). Triiodothyronine(T_3) level was elevated in rats fed kimchi diet, whereas thyroxine(T_4) level was not affected by kimchi treatment. These observations support that the intake of kimchi in rats lowers plasma and hepatic lipid levels by increasing the excretion of TG and cholesterol through feces, by the elevation of T_3 level, and by the altered lipoprotein metabolism.

Key words: kimchi, rats, hypocholesterolemic effect, thyroxine, apolipoprotein

서론

최근 우리나라에서도 경제발전으로 생활양식과 식생활이 서구화되어감에 따라, 동물성 식품의 소비가 증가하는 경향이 있으며(1), 이로 인한 고지방, 고단백, 저섬유 식이는 총지방, 포화지방 및 콜레스테롤의 섭취를 증가시켜 관상동맥심장질환(Coronary heart disease, CHD)의 발병률을 증가시키는 요인이 되고 있다(2). 이러한 순환기계 질병은 비정상적인 지질대사, 혈소판 응고 및 동맥경화와 관련되어 있으며, 위험인자로는 고콜레스테롤혈증, 고혈압, 흡연, 당뇨, 비만 등이 있으나, 특히 혈장 콜레

스테롤수준의 상승이 직접적인 위험인자로 알려져 있다.

한편, 김치는 배추, 무 등을 주원료로 하여 여기에 고춧가루, 파, 마늘, 양파, 잣갈 등의 부재료를 넣고 숙성시킨 한국고유의 젓산발효식품이다. 김치재료의 공통된 특징은 열량이 낮고 비타민, 무기질의 함량이 높아 한국인의 식단에서 비타민과 무기질의 농도가 높은 식품으로 알려져 있다(3). 그리고 김치담금에 사용되는 대부분의 재료들이 각기 다른 기능성을 가진 식물에 속하는 것이고, 발효중에 생성되는 유산균은 또한 생리활성물질들을 만들어내어 복합적인 기능을 나타낸다고 보고되고 있다(4). 즉, 김치의 주재료인 배추에

† To whom all correspondence should be addressed

상당량 존재하는 sistosterol, S-methylcystein sulfoxide는 동물실험에서 콜레스테롤치를 낮춘다고 보고되고 있고(5), 그리고 김치에 첨가되는 부재료인 고추에는 매운 맛성분으로 capsaicin과 dehydrocapsaicin 등이 들어 있는데, 이 capsaicin은 혈전용해능이 매우 큰 것으로 알려져 있고, 이 성분은 혈관확장을 일으키는 acetylcholine이나 aspirin과 유사한 효과가 있다고 보고되고 있다(6). 또한 마늘섭취가 인체의 혈중지질 변화에 미치는 연구에서 600~700mg 정도의 마늘분말 섭취(마늘한쪽)는 혈중 콜레스테롤의 농도를 약 10%, 혈중 중성지방농도를 약 13% 낮추었다고 보고되었다(7). Giri 등(8)은 생강을 섭취한 쥐에서도 콜레스테롤을 강하효과를 관찰하였다고 보고하였으며, 고추의 capsaicin과 생강은 쥐에서 변중 담즙 분비량을 증가시켰다고 보고되고 있다(7,8). 그리고 김치저장시 생성되는 젖산균들이 혈압강화 및 혈중 콜레스테롤 농도의 상승을 억제한다는 것이 보고되고 있다(9).

현재까지 김치의 성인병 예방 효과에 관한 자료로는 김치에 쓰이는 재료의 효능에 대한 것이 대부분이며, 김치자체의 생리학적 작용을 설명하고 규명하는 자료는 빈약한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 서구화되어가는 생활화로 우리 국민의 일일 김치 섭취량이 점점 줄어들고 있고, 오히려 순환기 계통질환과 같은 성인병이 점차적으로 증가하고 있는 이 시점에서 김치의 섭취가 콜레스테롤을 비롯한 지질대사에 미치는 영향을 연구하여 우리민족의 전통음식인 김치의 건강증진 효과를 밝히고 나아가서 김치의 소비를 증가시키는데 기여하고자 한다.

재료 및 방법

김치의 일반성분분석

김치는 진해농협에서 시판하는 배추김치를 이용하였으며, 이를 동결건조하여 식이에 사용하였다. 동결건조한 김치중의 조지방 함량은 soxhlet법(10)으로, 총 당 함량은 schoorl법(11)으로, 수분 함량은 감압건조법(11)으로, 총 식이섬유소 함량은 Prosky법(12)으로, 회분 함량은 회화법(10)으로, 그리고 조단백 함량은 macro kjeldahl 법(10)으로 측정하였다. 분석결과 동결건조한 김치의 조지방 함량은 2.84%, 총 당 함량은 59.45%, 수분 함량은 15.14%, 식이섬유 함량은 20.63%, 회분 함량은 0.035%, 그리고 조단백 함량은 1.91%였다

실험동물의 사육 및 식이제조

3주령의 S.D. 숫컷 36마리를 한국화학연구소에서 분

양반아 1주일간 고형사료로 적응시킨 후 각각 9마리씩 김치무첨가군(이하 대조군으로 약함), 3%, 5%, 그리고 10% 김치첨가군으로 나누어 한마리씩 대사 cage에 넣었다. 김치속의 일반성분을 고려하여 에너지 수준이 동일하게 식이를 조성하고 흰쥐의 체내 지방합성반응을 촉진시키기 위해 사료 100g에 대해 설탕을 40g씩 첨가하고, 지질로는 lard를 식이 100g당 각각 10g씩 첨가하여 식이를 조성하였다(Table 1). 실험식이중 casein, mineral mixture, vitamin mixture, 그리고 cellulose는 ICN (Biomedical, Inc., Ohio, USA)제품 그리고 choline bitartrate는 Sigma(Sigma chemical company, ST. Louis, USA) 제품을 이용하였다. 6주간의 사육기간동안 실험 식이와 물은 자유로이 섭취하게 하고, 사육실의 온도는 20~25°C를 유지하였으며, 명암은 12시간 간격으로 점등 및 소등하였다.

식이 섭취량은 1주에 2회, 체중은 전 실험기간을 통해 매주 한번씩 측정하였다. 식이 효율은 실험기간동안의 체중 증가량을 식이 섭취량으로 나누어서 구하였다.

시료의 수집 및 처리

6주간 사육한 실험동물을 24시간 동안 절식시킨뒤, CO₂로 질식사시켜 EDTA(10mg)를 함유한 주사기를 이용하여 심장에서 채혈하였다. 간장은 취하여 생리식염수로 씻고, 여과지로 생리식염수를 제거한뒤 무게를 측정하고 분석시까지 -70°C에 보관하였다. 혈액은 3000 rpm에서 10분간 원심분리한 후, 일부는 곧 바로 thyroxine의 농도 결정을 위해 사용하고 나머지 상등액은 혈장 총 콜레스테롤, 중성지방, 인지질, 단백질 등의 농도 결정을 위해 -70°C에 보관하였다. 혈장 lipoprotein fraction은 밀도의 차이를 이용한 sequential floatation ultracentrifugation에 의해 VLDL(d<1.006g/ml), LDL(d=1.006~1.063g/ml) 그리고 HDL(d=1.063~1.210g/ml)로 분리하였다(13). 분변은 해당식이를 섭취한 실험동

Table 1. Composition of experimental diets (%)

	Control	3% Kimchi	5% Kimchi	10% Kimchi
Casein	20	19.94	19.90	19.81
Sucrose	40	40	40	40
Corn starch	15.3	13.54	12.36	9.42
Corn oil	5	4.91	4.86	4.72
Lard	10	10	10	10
Cellulose	5	4.38	3.97	2.94
Choline bitartrate	0.2	0.2	0.2	0.2
AIN-76 vitamin mixture	3.5	3.5	3.5	3.5
AIN-76 mineral mixture	1	1	1	1

물을 대사 cage에 수용하고, 대변을 48시간 동안 수집하여 건조시킨 후, -20°C에 보관하면서 분석용으로 하였다.

혈장, lipoprotein, 간의 지질 및 단백질 분석

혈장과 지단백분획중의 총 콜레스테롤(Sigma kit, No. 352-50), 중성지질(Sigma kit, No.339-20) 및 인지질(영연화학주식회사, PLサイズ-600 '영연')은 각각 효소법을 이용한 kit로 측정하였다. 간조직의 지방은 Folch 등의 방법(14)으로 추출하고 총 콜레스테롤, 그리고 중성지방 정량은 혈장분석과 같은 효소법을 이용하되 turbidity에 의한 오차를 줄이기 위해 Sale 등의 방법(15)을 도입하였다. 단백질의 농도는 Lowry법(16)을 수정하여 측정하였다.

Thyroxine 농도 분석

혈장중의 Triiodothyronine(T₃) 함량은 radioimmunoassay법에 의한 정량용 kit시약(T₃ RIABAD, T₃ Diagnostic kit, USA)을 이용하여, 그리고 Thyroxine(T₄) 함량은 radioimmunoassay법에 의한 정량용 kit시약(Tetrabea-125, T₄ Diagnostic kit, USA)을 이용하여 Gamma counter로 radioactivity를 측정하였다.

분변의 지질분석

분변중의 스테롤은 Walters 등의 방법(17)으로 산성 스테롤을 추출하여 bile acid를 측정하였고, 콜레스테롤과 중성지방은 soxhlet법으로 추출한 total fat에서 효소법으로 측정하였다.

간에서의 apolipoprotein 농도 분석

간 1g을 취하여 10ml 인산완충액(pH 7.4)으로 균질화하여, 3000rpm에서 10분간 원심분리한 후, 상층액을 시료로 하였다. Apolipoprotein A-1과 apolipoprotein B의 함량은 효소법에 의한 정량용 kit시약(Sigma kit, No.356, Sigma kit, No.357)으로 각각 측정하였다. 상기의 모든 분석은 각 시료에서 2번 측정하였다.

통계처리

실험결과는 평균±표준편차로 표시하였으며, 각 군

간의 유의성은 one-way ANOVA로 조사하여 유의성이 발견된 경우, p<0.05 수준에서 Duncan's multiple range test와 Scheffe' test로 사후검정하였다.

결과 및 고찰

식이섭취량, 체중증가량 및 식이효율

각 실험식으로 흰쥐를 6주간 사육하면서 실험식이 섭취량, 체중 증가량 및 식이 효율을 측정된 결과는 Table 2와 같다. 실험기간중의 식이 섭취량과 체중 증가량은 김치를 3% 첨가한 군에서 대조군에 비해 각각 1.5%, 12% 증가를 보였으나, 유의적인 차이는 없었다. 식이 섭취량에 대한 체중 증가량을 백분율로 계산한 식이 효율에 있어서는 대조군에 비해 유의적인 차이는 없었지만 3% 김치첨가군에서는 9%, 5% 김치첨가군에서는 12%, 10% 김치첨가군에서는 6%의 증가를 보였다. 이같은 사실로부터 김치의 매운맛은 흰쥐의 식이 섭취량을 다소 감소시킨 하였으나, 식이 효율은 도리어 증가시킴을 알 수 있었다.

혈장의 지질 및 단백질 함량

흰쥐 혈장내의 지질 및 단백질 함량은 Table 3과 같다. 혈장내 중성지질은 대조군에 비해 10% 김치섭취군에서 41% 저하하였고, 통계적으로 유의하였다(p<0.05). 혈장의 총 콜레스테롤 함량은 3%, 5%, 10% 김치섭취군에서 대조군에 비해 각각 16%, 24%, 16% 저하되었다(p<0.05). Fujiwara(5)는 김치의 주재료인 배추에 상당량 존재하는 sistosterol, S-methylcystein sulfoxide가 동물실험에서 콜레스테롤치를 낮추는 효과가 있다고 보고하고 있고, 마늘(18,19), 채소류에 존재하는 pectin(20)은 혈중 콜레스테롤치를 낮추는 효과가 있다고 알려져 있으며, 또한 김치속성중 생성되는 젖산균이 혈중 콜레스테롤 농도의 상승을 억제한다고 보고되고 있다(9). 따라서 본 실험에서 흰쥐에서 김치의 섭취가 혈중 콜레스테롤 농도를 낮춘 것은 위의 여러요인들이 복합적으로 작용한 것으로 보인다.

Lipoprotein의 지질 조성

혈장 지단백분획의 지질조성은 Fig. 1과 같다. VLDL

Table 2. Feed intake, body weight gain and feeding efficiency in rats fed kimchi-free diet, 3%, 5% and 10% kimchi diets

	Control	3% Kimchi	5% Kimchi	10% Kimchi
Feed intake(g/d)	16.90±2.41 ^{1NS}	17.13±2.11	15.65±1.82	15.66±1.68
Body weight gain(g/d)	5.37±0.96	6.02±0.72	5.81±0.98	5.34±0.85
Feeding efficiency	0.32±0.03	0.35±0.02	0.36±0.01	0.34±0.04

¹Values are means±SD(n=9)

^{NS}Not significant

Table 3. Plasma TG, cholesterol, phospholipid and protein concentrations in rats fed kimchi-free diet, 3%, 5%, and 10% kimchi diets

	Control	3% Kimchi	5% Kimchi	10% Kimchi
Triglyceride	72.02 ± 15.06 ^{a1)}	57.98 ± 10.46 ^{ab}	65.44 ± 14.26 ^{ab}	42.35 ± 15.71 ^b
Cholesterol	88.43 ± 6.36 ^a	74.38 ± 2.58 ^b	66.89 ± 3.88 ^b	73.92 ± 9.06 ^b
Phospholipid	207.96 ± 26.20 ^a	181.44 ± 26.75 ^b	181.58 ± 27.65 ^b	184.26 ± 30.47 ^b
Protein	86.35 ± 3.72	87.55 ± 3.50	86.58 ± 3.55	83.15 ± 3.69

¹⁾Values are means ± SD(n=9)

Values in rows without common superscripts are significantly different(p<0.05)

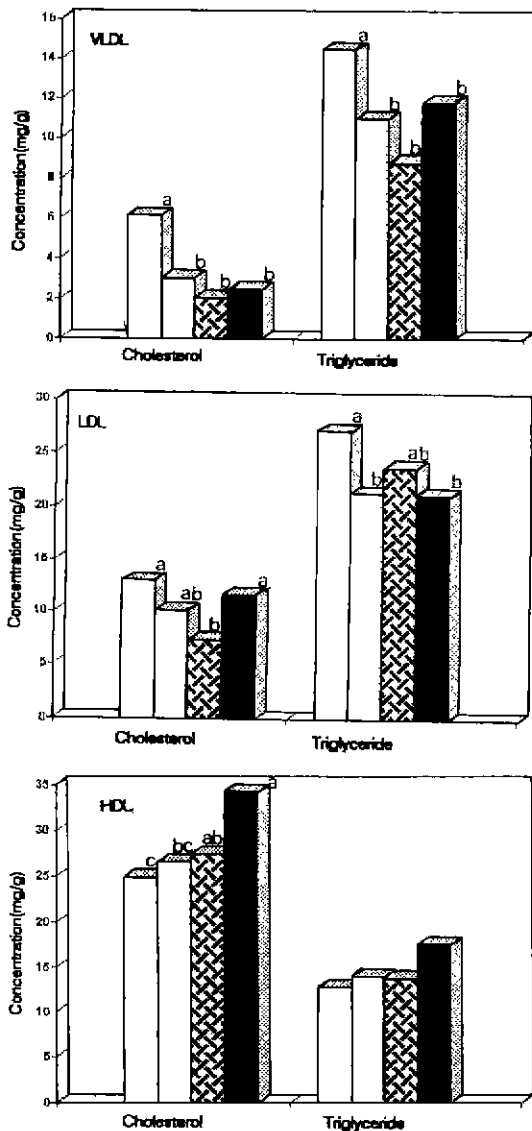


Fig. 1. Cholesterol and triglyceride concentration in the lipoprotein fraction of the rats fed kimchi-free diet, 3%, 5% and 10% kimchi diets.

Bars with different superscript are significantly different at p<0.05.

□ : Control ▨ : 3% Kimchi
▩ : 5% Kimchi ■ : 10% Kimchi

분획에서의 콜레스테롤과 중성지방 함량은 대조군에 비해 3%, 5%, 10% 김치섭취군에서 모두 유의적으로 감소하였다(p<0.05). LDL분획에서는 대조군에 비해 김치섭취군에서 콜레스테롤과 중성지방 함량이 감소하였으나 총 콜레스테롤 함량은 5% 김치섭취군에서, 중성지방은 3%와 10% 김치섭취군에서 유의적으로 낮게 나타났다(p<0.05). HDL분획에서의 총 콜레스테롤 함량은 대조군에 비해 5%와 10% 김치섭취군에서 유의적으로 증가하였으나(p<0.05), 중성지방의 함량은 차이를 보이지 않았다. 즉 김치섭취군의 VLDL과 LDL 분획에서 콜레스테롤과 중성지방의 저하효과가 관찰되었고, 콜레스테롤 역수송에 관계하는 HDL분획에서는 콜레스테롤 농도가 김치섭취군에서 도리어 증가하였다. 본실험의 결과를 동맥경화지수로 나타내었을 때, 대조군, 3%, 5%, 그리고 10% 김치섭취군에서 각각 2.55, 1.80, 1.45, 1.16으로 김치첨가 농도에 의존적으로 동맥경화지수가 감소함을 볼 수 있었다. 이러한 결과는 김치가 동맥경화를 예방할 수 있는 건강식품으로 이용될 수 있음을 제시하는 결과라 하겠다.

간의 지질 함량

간장의 지질조성을 측정된 결과는 Table 4와 같다. 콜레스테롤 함량은 대조군에 비해 모든 김치 농도섭취군에서 감소되었고(p<0.05), 중성지방의 함량은 5%와 10% 김치섭취군에서 감소되었다(p<0.05). 따라서 간에서도 김치를 섭취한 군에서는 콜레스테롤과 중성지방 함량이 감소되는 현상이 관찰되었다. 간에서의 인지질 함량은 대조군과 김치섭취군간에 차이를 보이지 않았으며, 총 지질 함량은 대조군에 비해 김치 5%와 10% 섭취군에서 감소하였다(p<0.05). 김치의 지방농도 저하 효과는 여러가지 요인으로 설명할 수 있겠으나 먼저 김치중에 21%나 들어있는 식이섬유의 효과에 기인한 것으로 설명할 수 있겠다. 왜냐하면 수용성 식이섬유는 지방을 비롯한 영양소의 소화와 흡수에 영향을 미쳐 분변으로의 지방배설을 증가시켜 체내농도를 저하시키며, 특히 담즙의 배설을 증가시키는 효과가 있기 때문이다. 강 등(21)과 Nishina 등(22)은 alginate, pectin과

Table 4. Liver cholesterol, TG, phospholipid, and total lipid concentrations of rats fed kimchi-free diet, 3%, 5%, and 10% kimchi diets

	Control	3% Kimchi	5% Kimchi	10% Kimchi
Cholesterol(mg/g)	20.24 ± 4.15 ^a	16.09 ± 2.18 ^b	14.22 ± 3.07 ^b	14.85 ± 2.79 ^b
Triglyceride(mg/g)	11.10 ± 2.24 ^a	9.53 ± 1.24 ^{ab}	7.15 ± 1.92 ^b	6.99 ± 1.27 ^b
Phospholipid(mg/g)	1.16 ± 0.10	1.27 ± 0.12	1.27 ± 0.16	1.19 ± 0.12
Total lipid(mg/g)	73.3 ± 20.3 ^a	65.9 ± 13.1 ^{ab}	55.8 ± 10.9 ^b	54.5 ± 6.00 ^b

¹⁾Values are means ± SD(n=9)

Values in rows without common superscripts are significantly different(p<0.05)

같은 수용성 식이섬유를 섭취한 흰쥐에서 간장의 콜레스테롤 및 중성지방 함량이 저하하였다고 보고하였으며, 이것은 이들 식이섬유의 높은 점성이 소장에서의 중성지방의 흡수를 저해하여 콜레스테롤 합성을 위한 기질저하를 초래하였기 때문이라고 하였다. 또한 김치의 부재료로 이용되는 마늘이 간에서의 콜레스테롤 합성과 중성지방 합성을 방해하여 혈장 지질 농도를 저하한다는 보고가 있으며(23), 그 기작으로는 마늘의 allicin 이 CoA와 반응하여 지방산, 중성지방, 인지질, 콜레스테롤의 생합성에 필요한 SH-group을 차단함으로써 acetyl기의 전이를 방해하기 때문으로 설명되고 있다(24).

간의 apolipoprotein 함량

간장에서의 apolipoprotein A-1(Apo A-1)와 apolipoprotein B(Apo B) 함량을 측정된 결과는 Table 5와 같다. Apo A-1의 함량은 대조군에 비해 5%와 10% 김치섭취군에서 증가되었으며(p<0.05), Apo B 함량은 감소되었다(p<0.05). 한편, Apo A-1/Apo B의 비를 조사한 결과, 대조군에 비해 5%와 10% 김치섭취군에서 유의적으로 증가되었다(p<0.05). Apolipoprotein은 혈장에서 지질을 운반하는 운반체인 lipoprotein을 구성하는 단백질분이다. 각 lipoprotein은 각각 특이한 조성의 apolipoprotein pattern을 가지고 있으며, 식이의 종류에 따라 혈장 apolipoprotein의 분포와 농도에 변화가 생긴다고 알려져 있다. Hwang 등(25)은 김치를 하루 300g 씩 섭취한 사람에게서 Apo A-1 농도의 상승효과를 관찰하였다고 보고하고 있다. 본 실험에서도 김치를 섭취한 흰쥐에서 HDL에 결합하는 apolipoprotein형인 Apo A-1는 증가하였고, LDL에 결합하는 apolipoprotein인

Apo B는 감소하였으며, Apo A-1/Apo B의 비는 증가함을 볼 수 있었다(p<0.05). 이는 김치가 VLDL의 합성을 저하시키고 HDL의 합성을 증가시키는 지단백대사에 관여하여 지질대사에 영향을 주는 것으로 생각된다. 이러한 결과는 앞에서의 지단백 분획조성에서 김치섭취군의 HDL-콜레스테롤 농도는 증가하고, LDL-콜레스테롤 농도가 감소한 결과와 일치함을 보여준다(Fig. 1). 그러므로 김치를 일상적으로 섭취하는 것, 특히 5% 이상(하루 김치 100g 이상) 섭취하는 것은 동맥경화증과 같은 고지혈증을 예방하는데 효과가 있을 것으로 생각된다.

분변의 지질 함량

김치의 섭취가 분변으로의 지질 배설능에 미치는 영향을 알아보기 위하여 분변중의 콜레스테롤과 중성지방, 총 지방 함량을 측정된 결과는 Fig. 2와 같다. 분변으로 배설되는 콜레스테롤, 중성지방 함량은 대조군에 비해 5%와 10% 김치섭취군에서 유의적으로 증가되었으며(p<0.05), 총 지방 함량은 대조군에 비해 모든 김치 섭취군에서 증가되었다(p<0.05). 따라서 본 실험에서 분변중의 콜레스테롤과 중성지방 함량이 김치를 첨가한 군에서 증가하는 것은 김치가 체내에 존재하는 콜레스테롤과 중성지방을 분변으로 배설시키는 작용으로 인해 혈중 지질농도를 낮추는 것으로 사료된다. 식이섬유는 지질의 흡수를 방해하여 분변으로의 배설을 증가시키는 것으로 알려져 있다(26). 김치중에는 불용성인 cellulose와 수용성인 pectin이 함유되어 있으며 대조군에는 cellulose의 형태로 식이섬유가 보충되었기 때문에 김치섭취에 의한 분변내 지질 배설 증가는 cellulose

Table 5. Liver Apo A-1, Apo B concentrations and Apo A-1/Apo B ratio in rats fed kimchi-free diet, 3%, 5% and 10% kimchi diets

	Control	3% Kimchi	5% Kimchi	10% Kimchi
Apo A-1(mg/g)	1.62 ± 0.47 ^c	2.47 ± 0.24 ^{bc}	3.72 ± 1.21 ^a	3.11 ± 0.58 ^{ab}
Apo B(mg/g)	16.35 ± 2.90 ^a	14.61 ± 2.79 ^a	12.83 ± 2.52 ^b	12.52 ± 0.93 ^b
Apo A-1/Apo B ratio	0.14 ± 0.03 ^b	0.17 ± 0.04 ^b	0.27 ± 0.08 ^a	0.24 ± 0.03 ^a

¹⁾Values are means ± SD(n=9)

Values in rows without common superscripts are significantly different(p<0.05)

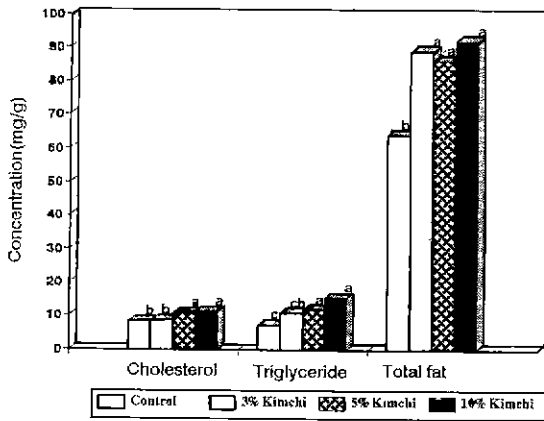


Fig. 2. Fecal cholesterol, triglyceride, and total fat concentrations in rats fed kimchi-free diet, 3%, 5% and 10% kimchi diets. Bars with different superscript are significantly different at $p < 0.05$.

가 아닌 다른 식이섭유에 의한 효과일 가능성이 높다. 또한 식물성 단백질 중 소화흡수되지 못한 소수성 peptide는 담즙이나 지방을 결합하여 분변으로 배설시키며(27), 마늘도 분변으로 중성 스테롤과 담즙의 분비를 증가시킨다(28)고 알려져 있으므로 김치에 함유된 2%의 단백질이나 마늘 등의 기타 성분이 분변으로의 지질 배설을 증가시킬 가능성을 배제할 수 없다. 특히 김치식은 콜레스테롤보다 중성지방을 효과적으로 배설하여 간지질의 감소와 콜레스테롤 합성에 필요한 기질의 부족을 초래할 수 있으며, 김치의 이러한 복합적인 생리작용이 콜레스테롤 농도를 저하시키는 원인으로 보인다.

혈장 thyroxine 농도

내분비계가 콜레스테롤 대사에 미치는 영향을 알아보기 위하여 측정된 혈장 thyroxine 농도는 Table 6과 같다. Triiodothyronine(T_3)는 대조군에 비해 3%, 5%, 10% 김치식이군에서 각각 190%, 220%, 170% 증가하였으나($p < 0.05$), thyroxine(T_4)은 대조군과 김치섭취군 간에 차이가 없었다. 그리고 T_4 의 농도는 T_3 보다 10배 정도 높게 나타났다. 이것은 T_3 가 갑상선 이외의 대부분

조직내에 존재하며, 골격근에 우세하게 많고, 비교적 적은 양이 순환계에 존재하는 반면, T_4 는 1/3은 혈장에, 그리고 1/3은 간에, 나머지는 기타조직에 존재하기 때문인 것으로 설명할 수 있다. 또한 갑상선 호르몬은 지방 대사를 촉진하며, 혈액내 이 호르몬이 증가하면 각 조직의 콜레스테롤, 인지질과 중성지방이 감소된다고 알려져 있다(29). 또한 Potter(30)는 대두단백질의 섭취가 흰쥐의 내분비계, 특히 thyroxine 농도에 변화를 일으켜 hypocholesterolemic effect를 초래한다고 보고하고 있고, 그 기작으로는 갑상선 호르몬의 농도가 높으면, 담즙산(chenodeoxycholic acid)의 합성이 향상되어, 혈중 콜레스테롤 농도가 저하한다고 설명하였다(31). 따라서 본 실험에서도 김치섭취군에서 T_3 농도가 높고, 혈중 콜레스테롤 농도가 저하하는 사실과 관련지어 볼 때, 김치의 섭취는 T_3 의 농도를 상승시켜 콜레스테롤 농도를 저하하는 것으로 설명할 수 있겠다.

요 약

흰쥐에 있어서 김치의 섭취가 지질 농도를 저하시키는 효과가 있는지의 여부와 그 기작을 연구하기 위하여 Sprague Dawley 수컷 흰쥐에 김치 무침가 식이, 3%, 5%, 10%의 김치식이를 6주간 공급한 후 혈장, 지단백, 간에서의 지질조성과 분변으로의 배설능, apo단백 합성능, 호르몬 level에 미치는 영향을 조사하였다. 혈장내 중성지질은 대조군에 비해 10% 김치섭취군에서 32% 저하하였으며($p < 0.05$), 혈장의 총 콜레스테롤 함량은 모든 김치농도 섭취군에서 저하하였다. 김치섭취는 VLDL 분획의 콜레스테롤과 중성지방 함량을 저하시켰으며($p < 0.05$), HDL분획의 콜레스테롤 농도를 상승시켰다($p < 0.05$). LDL분획의 콜레스테롤 농도는 김치 5% 섭취군에서 대조군보다 낮게 나타났다($p < 0.05$). 간의 콜레스테롤, 중성지방, total lipid, Apo B 농도는 대조군에 비해 5%와 10% 김치섭취군에서 감소하였으며($p < 0.05$), 반면 분변중의 콜레스테롤, 중성지방, Apo A-1 농도는 증가하였다. 뿐만 아니라 김치의 섭취는 T_3 농도의 증가를 유도하였으나($p < 0.05$), T_4 에는 영향을 미치지 않았다. 이러한 결과는 김치를 섭취한 흰쥐에 있어서 김치

Table 6. Plasma thyroxine hormone concentrations in rats fed kimchi-free diet, 3%, 5% and 10% kimchi diets ($\mu\text{g thyroxine/dl}$)

	Control	3% Kimchi	5% Kimchi	10% Kimchi
Triiodothyronine(T_3)	0.26 \pm 0.21 ^a	0.76 \pm 0.23 ^b	0.83 \pm 0.29 ^b	0.70 \pm 0.35 ^{ab}
Thyroxine(T_4)	8.12 \pm 1.42	9.00 \pm 2.06	8.67 \pm 2.05	9.02 \pm 1.70

^{a,b}Values are means \pm SD(n=9)

Values in rows without common superscripts are significantly different($p < 0.05$)

가 혈중 콜레스테롤 농도와 간 콜레스테롤, 중성지방 농도를 효과적으로 감소시킴을 보여주며, 이러한 효과는 김치의 섭취가 분변으로의 콜레스테롤과 중성지방 배설을 증가시키고, T₃의 농도를 상승시키며, apo단백의 합성능에 영향을 미치기 때문인 것으로 사료된다.

감사의 글

이 연구는 1995년도 농림수산부에서 시행한 농림수산특정연구사업의 연구비 지원에 의한 결과이며, 이에 감사드립니다.

문헌

1. 김숙희 · 지방영양. 민음사, p.12(1984)
2. Grundy, S. M. : Monounsaturated fatty acids, plasma cholesterol, and coronary heart disease. *Am. J. Clin. Nutr.*, **45**, 1168(1985)
3. 오영주, 황인주, Claus Leitzmann : 김치의 영양생리학적 평가. 김치의 과학, 식물과학회, p.226(1994)
4. Goldin, B. R. and Gorbach, S. L. : The effect of milk and lactobacillus feeding on human intestinal bacterial enzyme activity. *Am. J. Clin. Nutr.*, **39**, 756(1984)
5. Fujiwara, M. : Antihypercholesterolemic effect of sulfur containing amino acid, S-methyl-L-cysteine sulfide isolated from cabbage. *Experimenta*, **28**, 254(1972)
6. Elmadfa, I. and Leitzmann, C. : Ernährung des menschen. Eugen ulomer verlag, Stuttgart, p.449(1990)
7. Reuter, H. D. : Knoblauch al arteriosklerosehemmar. *Aeztle, Praxis*, **32**, 24(1988)
8. Giri, J., Devi, T. K. and Meeremani, S. : Effect of ginger on serum cholesterol level. *Ind. J. Nutr. Dietet*, **21**, 433(1984)
9. Gilland, S. E., Nelson, C. R. and Maxwell, C. : Assimilation of cholesterol by *Lactobacillus acidophilus*. *Appl. Environ. Microbiol.*, **49**, 337(1985)
10. A.O.A.C. : *Official methods of analysis*. Association of official analytical chemists washington, D. C., p.79(1990)
11. Whistler, R. L. and Wolform, M. L. : *Methods in carbohydrate chemistry*. Academic press, New York and London, Vol. 1, p.383(1962)
12. Prosky, L., Asp, N. C., Furda, J., Devries, J. W., Schweizer, T. F. and Harland, B. F. : Determination of total dietary fiber in foods and food products. Collaborative study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, **66**, 677(1985)
13. Converse, C. A. and Skinner, R. E. : *Lipoprotein analysis : A practical approach*. Oxford University Press, p.11(1992)
14. Folch, J., Lees, M. and Stanley, S. H. S. : A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *J. Biol. Chem.*, **223**, 498(1956)
15. Sale, F. O., Marchesini, S., Fishman, P. H. and Berra, B. : A sensitive enzymatic assay for determination of cholesterol in lipid extract *Anal. Biochem.*, **142**, 347(1984)
16. Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L. and Randall, R. J. : *Protein measurement with the folin phenol reagent*. *J. Biol. Chem.*, **193**, 265(1951)
17. Walters, R. L., Baird, M. I., Davies, P. S., Hill, M. J., Drasar, B. S., Southgate, D. A. T., Green, J. and Morgan, B. : Effect of two types of fecal steroid and lipid excretion. *Br. Med. J.*, **2**, 536(1975)
18. Orekhov, A. N., Tertov, V. V., Sobenin, I. A. and Pivovarov, E. M. : Direct anti-atherosclerosis-related effects of garlic. *Ann. Med.*, **27**, 63(1995)
19. 강정애, 강정숙 : 꼬 또는 저콜레스테롤 식이를 먹인 쥐에 있어서 양파, 마늘이 체내 콜레스테롤과 중성지방 수준 및 혈소판 응집에 미치는 영향. *한국영양학회지*, **30**, 132(1997)
20. Fernandez, M. L., Trejo, A. and McNamara, D. J. : Pectin isolated from prickly pear(*Opuntia* sp.) modifies low density lipoprotein metabolism in cholesterol-fed guinea pigs. *J. Nutr.*, **120**, 1283(1990)
21. 강희정, 서명자, 송영선 : Sodium alginate와 cellulose 가 식후 혈장 lipoprotein 조성과 콜레스테롤 대사에 미치는 영향(11). *한국영양학회지*, **23**, 887(1994)
22. Nishina, P. M., Schneeman, B. O. and Freedland, R. A. : Effects of dietary fibers on nonfasting plasma lipoprotein and apolipoprotein levels in rats. *J. Nutr.*, **122**, 219(1992)
23. Bordia, A., Arora, S. K. and Kothari, L. K. : The protective action of essential oils of onion and garlic in cholesterol-fed rabbits. *Atherosclerosis*, **22**, 103(1975)
24. Yeh, Y-Y and Yeh, S. M. : Garlic reduces plasma lipids by inhibiting hepatic cholesterol and triacylglycerol synthesis. *Lipid*, **29**, 189(1994)
25. Hwang, I. J., Oh, Y. J., Brehme, U., Michel, P., Loos, S., Wangemann, G. S., Temme, K. and Leitzmann, C. : Influence of regular consumption of sauerkraut and kimchi on various blood parameter. 4th International symposium on clinical nutrition, Heidelberg Germany. *Recent Advances in clinical nutrition*(1991)
26. Ebihara, K. and Schneeman, B. O. : Interaction of bile acids, phospholipids, cholesterol and triglyceride with dietary fibers in the small intestine of rats. *J. Nutr.*, **119**, 1100(1989)
27. Neves, L. B., Clifford, C. K., Kohler, G. O., De Fremery, D., Knuckles, B. E., Cheowtirakul, C., Miller, M. W., Weir, W. C. and Clifford, A. J. : Effects of dietary proteins from a variety of sources on plasma lipids and lipoproteins of rats. *J. Nutr.*, **110**, 732(1980)
28. Chi, M. S., Koh, E. T. and Stewart, T. J. : Effect of garlic on lipid metabolism in rats fed cholesterol or lard. *J. Nutr.*, **112**, 241(1982)
29. Shils, M. E., Olson, J. A. and Shike, M. : *Modern nutrition in health and disease*. 8th, Lea & Febiger, p.252(1994)
30. Potter, S. M. : Overview of proposed mechanisms for the hypocholesterolemic effect of soy. *J. Nutr.*, **125**, 606(1995)
31. Forsythe, W. A. : Soy protein, thyroid regulation and cholesterol metabolism. *J. Nutr.*, **125**, 619(1995)