

새싹채소 혼합분말이 고지방 식이를 급여한 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향

이재준¹ · 이유미¹ · 신형덕¹ · 정영심² · 이명렬^{1*}

¹조선대학교 식품영양학과

²까치마을 영농조합법인

Effects of Vegetable Sprout Powder Mixture on Lipid Metabolism in Rats Fed High Fat Diet

Jae Joon Lee¹, Yu Mi Lee¹, Hyoung Duck Shin¹, Young Sim Jeong² and Myung Yul Lee^{1*}

¹Dept. of Food and Nutrition, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea

²Ccachimaeul Farming Cooperation, Jeonnam 517-923, Korea

Abstract

This study was performed to investigate the effects of vegetable sprout powder on serum and adipose tissue lipid metabolism in rats fed high-fat diet for 4 weeks for induction hyperlipidemic model rat. Weight-matched male Sprague-Dawley rats were assigned to five groups according to dietary fat level (10% or 20% of diet wt.) and mixture of vegetable sprout powder levels (5% or 10% or 20% of diet wt.). Vegetable sprout powder was the mixture of same amounts of dried barley, broccoli, rapeseed, alfalfa, radish, mustard, buckwheat and brussels sprouts. Experimental groups were normal fat diet with 5% cellulose (NF-C), high fat diet without fiber (HF-N), high fat diet with 5% cellulose (HF-C), HF-C diet with 5% vegetable sprout powder (HF-CSL), and HF-C diet with 10% vegetable sprout powder (HF-CSH). The body weight of HF-N group increased 16% compared with the NF-C group, while it was decreased by 15% and 22% for HF-CSL group and HF-CSH group, respectively. Fat mass and fat cell size of adipose tissue were lower in HF-CSL group and HF-CSH group compared with HF-C group, and lower in HF-CSH group compared with HF-CSL group. Serum triglyceride, total cholesterol and LDL-cholesterol contents were markedly decreased by vegetable sprout powder containing diet, while the serum HDL-cholesterol and phospholipid contents were higher in vegetable sprout powder containing diet in a dose-dependent manner. Leptin and insulin levels in serum showed a decrease in HF-CSH group. Significantly increased contents of triglyceride, total cholesterol, LDL-cholesterol, leptin and insulin in the serum of HF-N group were returned to normal or even below normal levels by feeding 10% vegetable sprout powder diet. The increased activities of NADP-malate dehydrogenase (ME), glucose-6-phosphate dehydrogenase (G6PDH) and 6-phosphogluconate dehydrogenase (6PGDH) and lipoprotein lipase (LPL) in adiposetissue by HF-N group were decreased to the activity of normal fat group by feeding vegetable sprout powder in a dose-dependant manner. These results indicate that lipid metabolism in rats fed high-fat diet was suppressed by feeding vegetable sprout powder.

Key words: vegetable sprout powder mixture, high fat diet, lipid profiles, hypocholesterolemic effect, lipogenic enzyme

서 론

새싹채소는 씨앗에서 싹이 나와 잎이 1~3개 정도 되는 싹이 발아한지 1주일 남짓 된 어린 채소를 말하는데 크기는 10 cm 미만으로 일반 채소에 비해 작지만 다 자란 채소보다 5배에서 10배 정도의 영양소를 함유하고 있다고 알려져 있다(1,2). 싹을 틔우기 위해 소모된 에너지가 최대한 간직돼 있는 시기이다. 두꺼운 껍질과 배아 속에서 안전하던 씨앗이 수분과 온도가 주어지면서 싹이 트는데 이때 식물은 곰팡이, 박테리아 등 외부의 적으로부터 자신을 방어할 무기로서 생리활성물질을 또한 생산하게 된다(3). 싹이 트지 씨앗에 따

라 3일에서 9일 정도로, 본 잎이 나오기 전의 어린 떡잎 상태 일 때가 이러한 유용한 생리활성물질의 생성량이 최대가 되며, 완전히 자란 식물에 비해 4~100배 정도 이상 함유하고 있다(4,5).

약 5,000년 전부터 중국은 새싹채소를 다양하게 식용으로 사용하였으며, 영국에서도 무, 겨자, 크레스, 적양배추 등의 새싹채소를 빅토리아여왕 시대부터 식용으로 즐겨 사용하였다는 기록이 있다. 우리나라의 경우도 예로부터 즐겨 먹었던 전통채소인 콩나물, 숙주나물 및 무순이 대표적인 새싹채소이다(6). 이러한 씨앗의 기능성 발아에 관한 연구는 1993년 독일 막스 프랑크연구소에서 발표한 연구가 주목받기 시

*Corresponding author. E-mail: mylee@mail.chosun.ac.kr
Phone: 82-62-230-7722, Fax: 82-62-225-7725

작하여 미국을 비롯한 유럽과 호주 등지에서는 채소 매장의 30% 정도를 새싹채소가 차지할 정도로 건강식품의 하나로 일반화되었으며, 일본인들의 식탁에서는 매일 섭취할 정도이다(7).

채소 중 새싹채소는 깨끗한 물로만 키우는 환경친화적인 기능성 청정채소이며, 연중 신선한 채소를 필요한 시기에 먹을 수 있는 이점이 있다. 특히 섭취하기 직전에 뽑아서 사용할 수 있으므로 항상 신선하고 영양소의 손실이 없는 생 채소이다. 새싹채소는 세포벽이 얇아 함유된 영양소를 쉽게 배출할 수 있을 뿐만 아니라 채소 자체 내 다량의 효소를 함유하고 소화가 잘 되는 특징이 있다(2,5). 새싹채소는 성숙한 채소에 비해 기능성 성분인 비타민과 무기질을 비롯한 식이섬유소와 생리활성물질을 다량 함유하고 있다. 예를 들면 메밀은 발아과정 중 불용성 식이섬유소와 수용성 식이섬유소가 증가하고, rutin 같은 생리활성물질도 증가하며(8-10), 유채는 발아과정 중 필수아미노산과 항산화비타민 함량이 현저히 증가되었다(11). 또한 무순은 항산화비타민, 식이섬유소 및 isothiocyanates 함량이 높으며(6), 알팔파 싹은 polyphenol을 비롯하여 양질의 단백질, 불포화지방산 및 식이섬유소가 풍부하다(12).

1970년대부터 당뇨병, 관상심장질환, 다발성 관절염, 대장암 등과 같은 만성 퇴행성질환의 높은 발병율과 식이섬유소의 낮은 섭취량은 상관관계가 있을 것이라는 가설(13)을 제안한 이래 많은 연구에서 식이섬유소의 질병예방효과가 입증되었다(14,15). 식이섬유소는 섭취량이 증가할수록 변의 양이 많아지고 변으로 배설되는 지방의 양이 증가하여, 이로 인해 담즙을 통한 콜레스테롤의 배설이 촉진되기 때문에 고지혈증을 비롯한 심혈관계질환의 예방효과를 가지고 있다(14,16,17). Jo 등(18)의 연구에 의하면 pectin을 비롯한 각종 수용성 식이섬유소가 풍부한 갯 분말을 흰쥐에게 급여 시 혈청 중 총콜레스테롤 및 LDL-콜레스테롤 농도 저하, HDL-콜레스테롤 농도 증가 및 동맥경화지수의 저하 등 혈청 지질 개선효과가 있었으며, 갯의 급여로 인한 혈청 콜레스테롤의 감소는 분변으로 배설되는 콜레스테롤 및 담즙산의 증가로 인한 것이라고 보고하였다. 한편 Behall 등(19)의 연구에 의하면 보리 싹과 보리에 풍부한 β -glucan인 수용성 식이섬유소도 혈청 총콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 함량을 낮추어 준다고 보고하였다. 따라서 새싹채소의 식이섬유소는 고지혈증을 비롯한 심혈관계 질환을 개선시킬 것으로 사료된다.

또한 식이섬유소의 비만억제효과에 관한 연구는 수용성 식이섬유소가 불용성 식이섬유소보다 식욕을 감퇴시키는 효과가 크다고 보고하였는데 이는 수용성 식이섬유소가 소장 내에서 단쇄지방산으로 분해되어 에너지를 생산할 수 있기 때문에 에너지 및 수분섭취량이 줄어 체중이 저하되었다고 하였다(20). Bonfield(21)는 식이섬유소는 불용성 혹은 수용성 모두 체중을 감량하는 효과가 있다고 하였다. 메밀, 보

리, 무, 알팔파 및 클로버 싹과 같은 새싹채소들도 불용성 식이섬유소와 수용성 식이섬유소를 다량 함유한 저칼로리 식품으로 배변을 원활하게 하고 체중감량효과가 있는 것으로 알려져 있다(22).

우리나라의 경우 새싹채소에 대한 수요와 관심이 급속도로 증가하는 추세이지만 새싹채소에 대한 연구는 매우 미흡하여 무순, 메밀, 알팔파, 유채 싹의 발아 중 영양소와 생리활성 성분 변화에 관한 연구(6,8-12,22) 및 알팔파와 메밀의 효능에 관한 연구(12,23-25)가 전부이다. 새싹채소는 다양하고 다량의 생리활성물질을 함유하고 있지만 이들의 효능에 관한 연구는 아직도 부족한 실정이다. 특히 새싹채소와 같은 천연식품을 식품재료화하여 기능성식품의 신소재로 개발하기 위해서는 과학적이며 체계적인 생리활성 연구가 우선적으로 선행되어 그 효능을 검증해야 한다.

따라서 본 연구에서는 배추, 유채, 브로콜리, 적무, 갯, 알팔파, 메밀 및 보리의 8종류 새싹채소를 동결 건조 후 동량을 넣어 혼합분말로 제조한 다음 이들 새싹채소가 고지방식을 급여한 흰쥐의 혈청 및 지방조직의 지질대사 개선효과에 미치는 영향을 알아보려고 시도하였다.

재료 및 방법

새싹채소

배추, 유채, 브로콜리, 적무, 갯, 알팔파, 메밀 및 보리의 8종 새싹채소를 까치마을 영농조합(전남)으로부터 구입하여 동결 건조한 후 동량을 분쇄하고 분말로 제조한 다음 -80°C 에서 냉동보관하면서 시료로 사용하였다.

실험동물 사육 및 식이조성

생후 6주령 된 흰쥐 수컷 Sprague-Dawley종 40마리(평균체중 205~210 g)를 사용하였으며, 환경에 적응시키기 위해 일주일 동안 일반배합사료로 사육한 후, 체중에 따라 각 처리구당 8마리씩 5군으로 나누어 완전 임의배치하여 1마리씩 분리하여 4주간 사육하였다. 실험동물 사육실 환경온도는 $22\pm 1^{\circ}\text{C}$, 상대습도는 $65\pm 5\%$ 로 유지하였고, 명암은 12시간 주기(09:00~21:00)로 조절하였으며, 전 실험기간 동안 물과 사료는 *ad libitum*으로 급여하였다. 식이섭취량과 체중은 매주 일정한 시간에 측정하였다. 실험에 사용된 8종의 새싹채소분말은 동일한 비율로 혼합하여 혼합분말로 제조한 것을 사용하였으며, 식이조성은 AIN-93M 정제식이 조성에 따라 Table 1과 같다(26). 사료 내 지방 함량은 식이 무게의 10%와 20%로 정상지방 수준과 고지방 수준으로 나누어 첨가하였으며, 새싹채소 혼합분말은 식이 무게의 5%와 10%로 하여 첨가하였다. 실험군은 정상지방 5% cellulose 첨가군(NF-C: 10% fat+5% cellulose), 고지방(HF: 20% fat) 식이섬유소 무첨가군(HF-N), 고지방 5% cellulose 첨가군(HF-C: 20% fat+5% cellulose), 고지방 5% cellulose와 5% 새싹채

Table 1. Composition of experimental diet

(g/kg diet)

Ingredients	NF-C	Experimental group ¹⁾			
		HF-N	HF-C	HF-CSL	HF-CSH
Casein	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0
L-cystine	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
Corn starch	501.2	451.2	401.2	351.2	301.2
Sucrose	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Cellulose	50.0	-	50.0	50.0	50.0
Vegetable sprout powder ²⁾	-	-	-	50.0	100.0
Lard	100.0	200.0	200.0	200.0	200.0
Mineral mix ³⁾	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0
Vitamin mix ⁴⁾	10.2	10.0	10.0	10.0	10.0
Choline bitartrate	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Energy (kJ/g)	17.20	20.13	19.28	18.45	17.62
% Energy from fat	21.87	37.41	39.07	40.80	42.74

¹⁾NF: Normal fat diet, HF: High fat diet, NF-C: Normal fat diet+5% of cellulose, HF-N: High fat diet+no fiber, HF-C: HF+5% of cellulose, HF-CSL: HF+5% of cellulose+5% of vegetable sprout powder, HF-CSH: HF+5% of cellulose+10% of vegetable sprout powder.

²⁾Vegetable sprout powder: mixtures of same amounts of dried barley sprout, broccoli sprout, rapeseed sprout, alfalfa sprout, radish sprout, mustard sprout, buckwheat sprout and brussels sprout.

^{3),4)}AIN-93-MX mineral mixture and AIN-93-VX vitamin mixture (21).

소 혼합분말 첨가군(HF-CSL: 20% fat+5% cellulose+5% 새싹채소 혼합분말), 고지방 5% cellulose와 10% 새싹채소 혼합분말 첨가군(HF-CSH: 20% fat+5% cellulose+10% 새싹채소 혼합분말) 5군으로 나누어 실시하였다. 본 연구에 사용되어진 새싹채소 혼합분말의 총 식이섬유소 함량은 건물 당(dry basis) 29.35 g/100 g이었으며, 수용성 식이섬유소와 불용성 식이섬유소의 합한 함량이다.

시료채취

실험동물은 사양시험 종료 후 22시간 절식시킨 다음 CO₂로 가법계 마취된 상태에서 단두 절단하고 채혈한 후 즉시 해부하여 부고환지방조직을 적출하였다. 혈액은 3,000 rpm에서 20분간 원심분리하여 혈청을 얻어 분석에 이용하였다. 적출한 부고환지방조직은 생리식염수로 세척하고 여과지로 표면의 수분을 제거하여 중량을 측정된 후, lipoprotein lipase(LPL) 활성 측정을 위해 20~50 mg의 지방조직을 떼어 내었고, NADP-malate dehydrogenase(ME), glucose-6-phosphate dehydrogenase(G6PDH) 및 6-phosphogluconate dehydrogenase(6PGDH) 활성 측정을 위해서 1 g 정도를 떼어 낸 후 효소 활성이 떨어지지 않도록 methanol을 함유한 dry ice에 넣어 급속 동결시킨 다음 분석 전까지 -80°C에 냉동 보관하면서 분석에 이용하였다.

혈청 중 인슐린, 렙틴, 중성지방, 총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤 및 LDL-콜레스테롤 함량 분석

혈청 중 인슐린과 렙틴 함량 측정은 radioimmunoassay kit(Linco Research Immunoassay, St. Charles, MO, USA)로 분석하여 liquid scintillation counter(LS100C, Beckman Co., USA)로 정량하였고, 혈청 중 중성지방, 인지질, 총콜레스테롤 및 HDL-콜레스테롤 함량 분석은 Ectachem DT60 II analyzer(Johnson & Johnson, USA)를 사용하여 분석하

였으며, LDL-콜레스테롤 함량은 Friedewald 등(27)의 방정식에 의거하여 구하였다.

지방세포 크기 측정

부고환지방세포의 크기는 Hirsch와 Gallian의 방법(28)을 변형한 Digirolamo 등의 방법(29)에 의해 측정하였다. 세절된 부고환지방조직의 부위를 37°C에서 1주일 동안 2% osmium tetroxide를 함유한 0.05 M collidine buffer(pH 7.4)에 넣어 고정시킨 다음 분석 전까지 냉장 보관하였다. 지방세포 고정 후 aspiration에 의해 osmium : collidine buffer를 제거한 다음 지방세포를 분리하기 위해 8 M의 urea가 들어 있는 0.154 M NaCl 용액에 48시간 보관하였다. 분리된 지방세포는 250 µm nylon mesh를 통과한 지방세포만 한번 더 25 µm nylon mesh를 이용하여 분리하였으며, 이때 mesh를 통과하지 않은 지방세포를 모아서 일정한 부피의 isotonic solution을 넣은 다음 Coulter counter(Coulter Electronics, Hialeah, FL, USA)를 이용하여 지방세포의 크기를 측정하였다.

지방조직의 효소 활성 측정

지방조직의 효소 활성 측정을 위하여 지방조직 무게의 3배 부피에 해당하는 0.1 M potassium phosphate buffer(pH 7.4, 37°C)를 첨가하여 homogenize한 후 3,000 rpm에서 15분간 원심분리하고 상층액을 다시 15,000 rpm에서 30분간 원심분리한 다음 상층액만을 모아 사용하였다. ME 활성은 Ochoa의 방법(30)에 의해서 측정하였고, G6PDH와 6PGDH 활성은 Bernt와 Bergmeyer의 방법(31)에 의해 측정하였으며, 효소의 활성은 340 nm에서 NADPH 생성량으로 측정하였는데, 최소 6분간 효소의 작용이 linear했으며, 사용된 기질의 양은 Vmax에 이르는 양이었다.

지방조직의 LPL 활성 측정

지방조직의 heparin-releasable LPL(HR-LPL) 활성은 heparin을 함유한 배양액 중으로 방출된 지방조직의 세포외액에 함유된 LPL의 활성을 측정하는 것으로 Nilsson-Ehle와 Schotz의 방법(32)을 변형시킨 Fried와 Zechner의 방법(33)에 의하여 측정하였고, 지방조직의 세포내액 및 세포외액 모두에 존재하는 총체적인 LPL 활성을 측정하는 방법인 total extractable LPL(TE-LPL) 활성 측정은 Iverius와 Brunzell의 방법에 의해 실시하였다(34).

통계분석

모든 실험분석의 결과는 Statistical Analysis System (SAS) package를 이용하여 GLM(general linear model)으로 분석하였고, 평균과 표준오차로 표시하였으며, 각 실험군의 평균 간의 유의성은 $\alpha < 0.05$ 수준에서 Tukey's test로 검정하였다.

결과 및 고찰

체중증가량, 식이섭취량 및 식이효율

고지방식이와 새싹채소 혼합분말의 첨가 수준을 달리하여 4주간 급여한 흰쥐의 식이섭취량, 체중증가량 및 식이효율은 Table 2와 같다.

실험기간 4주 동안의 체중증가는 실험군 간의 유의차를 보여 고지방식에 식이섭취량을 첨가하지 않은 HF-N군이 다른 군들에 비하여 유의하게 증가하였다. 새싹채소 혼합분말의 첨가 수준이 증가할수록 체중이 유의하게 감소하는 경향이 있었다. 고지방식이와 5% 새싹채소 혼합분말을 급여한 HF-CSL군의 체중증가량은 NF-C군과는 비슷하였으나, 고지방식이와 10% 새싹채소 혼합분말을 급여한 HF-CSH군은 NF-C군에 비하여 오히려 감소하는 경향을 보였다. Artiss 등(35)도 흰쥐에서 고지방식이군이 저지방식이군에 비하여 증체량이 증가되었으며, 또한 고지방식이와 수용성 식이섬유소를 동시에 섭취한 군이 고지방식이만을 섭취한 군에 비하여 증체량이 저하되었으며 저지방식이군과는 비슷한 경향을 보인 결과와 유사한 경향이 있었다.

식이섭취량은 고지방식이를 섭취한 군들(HF-N, HF-C,

HF-CSL, HF-CSH)에 비하여 정상지방을 섭취한 NF-C군이 유의하게 증가하였다. 정상지방 식이와 5% cellulose를 첨가한 NF-C군은 고지방 식이와 5% cellulose를 첨가한 HF-C군에 비하여 체중증가량은 저하되었으나, 식이섭취량은 증가하였다. 새싹채소 혼합분말 첨가 수준이 증가할수록 식이섭취량은 감소하였다. 고지방식이군들 간의 식이섭취량의 변화는 식이섬유소를 전혀 첨가시키지 않은 HF-N군에 비하여 식이섬유소를 첨가시킨 HF-C군, HF-CSL군 및 HF-CSH군이 유의하게 저하되었다. 식이효율은 NF-C군이 다른 군들에 비하여 유의하게 저하되었으며, 고지방식이군들 간에는 유의차가 없었다. NF-C군과 HF군들 간의 식이섭취량의 차이는 정상지방 섭취군이 고지방 섭취군들에 비하여 식이 내 지방 함량이 적어 즉, 에너지 밀도가 낮았기 때문에 이러한 결과가 나타난 것으로 생각되어지며, 이는 흰쥐에서 에너지 밀도가 낮은 저지방식이군이 에너지 밀도가 높은 고지방식이군에 비하여 사료섭취량이 낮았다는 Pellizzon 등(36)의 연구 결과와도 유사하였다.

수용성 식이섬유소인 pectin, gums, mucilage, hemicellulose 등은 체내에서 쉽게 팽윤되어 포만감을 유발하여 식이섭취를 저하시키고 영양소의 흡수를 방해하여 체외 배설작용을 촉진하는 작용이 있는 것으로 보고되었다(37). 따라서 다 자란 채소에 비해 어린 채소일수록 수용성 식이섬유소가 풍부한 것으로 알려져 있는데(8-10) 새싹채소의 수용성 식이섬유소들이 체중감량 효과에 영향을 미친 것으로 사료된다.

지방무게 및 지방 함량

고지방식이와 새싹채소 혼합분말이 체내 부고환지방조직의 중량과 지방 함량에 미치는 영향은 Table 3과 같다.

지방조직의 무게도 체중 변화와 유사하여 고지방식이를 급여한 HF-N군이 다른 군들에 비하여 유의하게 증가하였다. 이러한 증가 현상은 고지방식에 새싹채소 혼합분말을 동시에 급여 시 새싹채소 혼합분말의 첨가 수준이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 고지방식이와 새싹채소 혼합분말을 동시에 급여한 HF-CSL군과 HF-CSH군의 지방조직의 무게는 NF-C군에 비해서도 유의하게 감소하였다. 식이 내 지방 함량만 다르게 급여한 NF-C군과 HF-C군 간에는

Table 2. Changes in food intake, weight gain and food efficiency ratio of rats fed high-fat diet containing vegetable sprout powder mixture for 4 weeks

Experimental group ¹⁾	Initial weight (g)	Final weight (g)	Weight gain (g/day)	Food intake (g/day)	FER ²⁾
NF-C	174.50 ± 2.45 ³⁾	336.83 ± 11.07 ^{b4)}	5.76 ± 0.33 ^b	21.51 ± 0.46 ^a	0.27 ± 0.02 ^b
HF-N	175.33 ± 2.91	366.00 ± 7.46 ^a	6.83 ± 0.19 ^a	17.92 ± 0.13 ^b	0.38 ± 0.01 ^a
HF-C	174.33 ± 2.84	347.33 ± 14.16 ^{ab}	6.16 ± 0.39 ^{ab}	17.34 ± 0.98 ^b	0.35 ± 0.01 ^a
HF-CSL	174.83 ± 3.95	337.00 ± 10.22 ^b	5.78 ± 0.27 ^b	15.78 ± 0.39 ^c	0.37 ± 0.02 ^a
HF-CSH	175.00 ± 3.78	323.67 ± 9.82 ^b	5.33 ± 0.30 ^a	15.21 ± 0.27 ^c	0.34 ± 0.02 ^a

¹⁾See the legend of Table 1.

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

³⁾The results are mean ± SEM for 8 rats in each group.

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

Table 3. Fat content and weight of epididymal adipose tissue of rats fed high fat diet containing vegetable sprout powder mixture for 4 weeks

Experimental group ¹⁾	Wt. (g/100 g carcass wt.)	Fat (%)
NF-C	1.25±0.12 ²⁾⁶³⁾	68.44±5.65 ^b
HF-N	1.42±0.17 ^a	80.26±7.54 ^a
HF-C	1.33±0.10 ^a	72.69±4.94 ^{ab}
HF-CSL	0.97±0.20 ^c	69.88±6.98 ^b
HF-CSH	0.91±0.06 ^c	62.33±8.32 ^b

¹⁾See the legend of Table 1.

²⁾The results are mean±SEM for 8 rats in each group.

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

NF-C군이 HF-C군에 비하여 지방조직의 무게뿐만 아니라 지방 함량도 저하되었다. 이러한 결과는 Artiss 등(35)의 연구에서도 저지방식을 급여했을 때보다 고지방식을 급여한 흰쥐의 체지방 함량이 증가한 결과와 유사하며, 고지방 식이와 수용성 식이섬유소를 동시에 급여한 군은 저지방식이군과 비슷한 체지방 함량을 나타내었다고 하였다.

체지방 함량이 동일하더라도 복부지방 함량이 증가할수록 대사성 합병증이 증가하는 것으로 알려져 있다(38). 복부 지방세포는 피하지방세포와 달리 지방세포의 크기가 크고 지방조직 내 LPL 활성이 증가하여 중성지방의 분해가 지속적으로 증가하고 유리지방산 농도가 증가되며, 유리된 지방산은 지방조직으로의 유입이 증가되어 중성지방의 형태로 지방조직 내 축적됨으로써 복부비만을 유발하게 된다(39,40). 식이섬유소를 첨가하지 않고 고지방식이만을 급여한 HF-N군은 체중과 더불어 복부지방 부위를 차지하는 부고환지방조직의 무게가 가장 증가하였다. 체중과 복부지방 함량과는 정의 상관관계가 보고되었는데(41), 본 연구에서도 체중 증가가 가장 적었던 HF-CSH군이 체내 지방 함량도 가장 적은 경향을 보였다.

혈청 중 총콜레스테롤, LDL-콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, 인지질 및 중성지방 함량

고지방식이 및 새싹채소 혼합분말을 4주간 급여 후 혈청 중 중성지방, 인지질, 총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤 및 LDL-콜레스테롤 함량에 미치는 영향은 Table 4와 같다.

식이섬유소를 첨가하지 않고 고지방식이만을 급여한 HF-C군의 혈청 중 중성지방과 총콜레스테롤 함량은 다른 군들에 비하여 유의하게 증가하였다. 고지방식이에 새싹채소 혼합분말을 급여한 HF-CSL군과 HF-CSH군은 NF-C군과 비슷한 수준으로 혈청 중 중성지방과 총콜레스테롤 함량이 감소되었다. 새싹채소 혼합분말의 첨가 수준에 따른 유의차는 없었으나 첨가량이 증가할수록 중성지방 및 총콜레스테롤 함량이 저하되었다. NF-C군과 HF-C군 간에도 유의차가 보여 지방섭취량이 높은 HF-C군이 중성지방 및 총콜레스테롤 함량이 증가하였다. 수용성 식이섬유소가 혈청 콜레스테롤 함량을 낮추는 이유는 Buhman 등(42)이 수용성 식이섬유소가 담즙산, 식이 콜레스테롤 및 유리지방산과 결합하여 담즙산의 배설과 합성을 촉진하기 때문이라고 보고하였으며, Kaewprasert 등(43)은 소화되지 않은 수용성 식이섬유소를 대장균이 발효하여 짧은 사슬 지방산을 생성하여 혈중 콜레스테롤 농도를 낮춘다고 하였으나 본 연구에서는 측정하지 않았기에 정확한 작용 기전을 설명할 수는 없다. 또한 새싹채소 혼합분말로 인하여 혈청 중 중성지방 함량의 감소는 모세혈관 벽의 LPL에 의해 중성지방의 주요 운반체 지단백질인 chylomicron과 VLDL의 분해가 촉진되어 나타난 결과로 생각되어진다(44).

혈청 중 인지질 함량은 HF-N군이 다른 군들에 비하여 가장 낮은 수준이었고, 새싹채소 혼합분말 첨가로 증가되었다. NF-C군이 혈청 중 인지질 함량이 가장 높았으나, HF-CSL군과 HF-CSH군과는 비슷한 수준으로 유의차가 없었다. 고콜레스테롤 혹은 고지방식으로 인한 지방간 발병의 주된 원인은 인지질 합성 감소로 인한 것으로 보고되었는데(45), 새싹채소 혼합분말 급여로 혈청 중 인지질 함량 증가는 새싹채소 혼합분말이 지방간 진행을 억제할 뿐만 아니라 예방할 수 있는 가능성도 제시하고 있다.

혈청 중 LDL-콜레스테롤 함량은 HF-N군이 다른 군들에 비해 유의하게 낮았다. HF-C군은 HF-N군에 비하여 혈청 중 LDL-콜레스테롤 함량이 감소하였고, HF-CSL군과는 비슷한 경향이였다. LDL-콜레스테롤은 혈청 중 콜레스테롤의 주된 운반형태 중 가장 많이 차지하며, 주로 동맥 혈관벽에 콜레스테롤을 축적하여 동맥경화를 일으킬 수 있어 동맥경화증과 심혈관계질환의 발병에 중요한 위험인자로 알려져

Table 4. Lipid profiles in serum of rat fed high fat diet containing vegetable sprout powder mixture for 4 weeks

Experimental group ¹⁾	Triglyceride	Phospholipid	Total cholesterol	LDL-cholesterol	HDL-cholesterol
NF-C	89.36±9.99 ²⁶³⁾	302.34±20.11 ^a	96.33±7.78 ^b	37.23±4.95 ^c	52.69±4.16 ^a
HF-N	138.23±12.31 ^a	231.29±18.36 ^c	124.36±9.98 ^a	61.23±5.43 ^a	42.23±3.23 ^b
HF-C	101.26±10.43 ^b	256.32±14.22 ^b	114.23±7.89 ^a	51.23±4.36 ^{ab}	48.33±2.46 ^b
HF-CSL	92.39±11.26 ^{bc}	265.98±13.96 ^b	101.23±6.78 ^{ab}	49.79±2.69 ^b	56.89±5.21 ^a
HF-CSH	85.64±8.97 ^c	299.87±19.89 ^a	92.33±7.23 ^b	32.33±3.79 ^c	64.19±4.23 ^a

¹⁾See the legend of Table 1.

²⁾The results are mean±SEM for 8 rats in each group.

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

있다(46). 또한 동맥경화증을 개선시켜주는 요인으로 알려져 있는 HDL-콜레스테롤은 말초조직으로부터 과잉의 콜레스테롤을 간으로 이동시키고 거품세포 형성을 방해하여 동맥경화증의 진행을 늦추게 하는 것으로 알려져 있는데(47), 본 실험 결과 새싹채소 혼합분말 급여로 혈청 중 HDL-콜레스테롤 함량이 증가하였으며 NF-C군보다도 높은 경향이였다. 이상의 결과는 수용성 식이섬유소가 풍부한 것 분말을 흰쥐에게 급여 시 혈청 중 총콜레스테롤 및 LDL-콜레스테롤 농도 저하, HDL-콜레스테롤 농도 증가 및 동맥경화지수의 저하 등 혈청 지질 개선효과를 보고한 Jo 등(18)의 연구 결과와도 유사하였다.

고지혈증 및 고콜레스테롤혈증은 심혈관계 질환의 위험인자로서 소장에서 중성지방의 재합성과 chylomicron의 분비 증가, 간에서의 콜레스테롤 합성과 분비 증가, HDL-콜레스테롤 합성 저하 및 지방조직의 LPL 활성 저하로 인하여 말초조직에서 중성지방의 분해 감소로 기인된 것으로 알려져 있어(48), 만성 대사증후군의 예방 및 치료 시 혈중 지질의 개선이 중요하다고 지적하고 있다. 따라서 본 실험에서도 고지방식이와 새싹채소 혼합분말 급여가 고지방식이만의 급여로 증가한 혈청 중 중성지방 및 총콜레스테롤 함량은 저하시키고, 감소된 인지질 및 HDL-콜레스테롤 함량은 증가시키는 것으로 보아 고지혈증 개선효과가 있는 것으로 사료된다.

혈청 중 인슐린 및 렙틴 함량

고지방식이 및 새싹채소 혼합분말을 4주간 급여한 후 혈청 중 인슐린과 렙틴 함량에 미치는 영향은 Table 5와 같다.

Table 5에서와 같이 혈청 중 인슐린 함량은 HF-N군이 다른 군들에 비하여 증가하였으며, 새싹채소 혼합분말 첨가량이 증가할수록 감소되는 경향을 보였다. HF-C군과 HF-CSL군 간에는 혈청 중 인슐린 함량의 유의차가 없었으며, NF-C군과 HF-CSH군도 유의차가 없었다.

렙틴은 에너지가 과다하게 축적될 때 생성이 증가하며 비만 지표로 사용되기에(49) 본 연구에서도 새싹채소 혼합분말이 혈청 중 렙틴 함량에도 영향을 미치는지 알아보았다. 혈청 중 렙틴 함량은 NF-C군에 비하여 고농도의 새싹채소

혼합분말을 급여한 HF-CSH군을 제외한 고지방식이를 급여한 HF군들 모두 유의하게 높았다. 이러한 결과는 혈중 렙틴 농도는 고지방식을 급여 시 증가한다는 연구 결과와 일치하였으며(50), 흰쥐의 경우 고지방식이와 수용성 식이섬유를 동시에 급여한 군은 고지방식이군에 비하여 낮았다는 연구 결과와도 유사한 경향이였다(35). 이와 같이 혈청 중 인슐린과 함께 렙틴 농도는 새싹채소 혼합분말을 공급한 흰쥐에서 낮게 나타났다.

혈청 중 렙틴 농도는 체중 및 체지방량에 비례하는 것으로 알려졌으며(51), 인슐린과 렙틴 농도 상호간은 서로 생성을 촉진하는 것으로 알려져 있다(52). 따라서 본 연구 결과 새싹채소 혼합분말을 급여한 HF-CSL군과 HF-CSH군에서 혈중 렙틴 농도가 낮게 나타난 것은 새싹채소 혼합분말 섭취에 의해 체지방 축적이 억제되고, 혈중 인슐린 분비 억제와 중성지방의 함량 저하에 기인된 것으로 사료된다.

지방세포 크기

고지방식이와 새싹채소 혼합분말을 흰쥐에게 4주간 급여한 후 부고환지방세포의 크기는 Table 6과 같다.

지방세포의 크기는 HF-N군이 다른 군들에 비하여 유의하게 컸으며, 새싹채소 혼합분말의 첨가량이 증가할수록 지방세포의 크기가 작았다. 지방세포의 크기는 혈중 렙틴 농도와 정의 상관관계가 있다고 보고되었는데(53), 본 연구에서도 렙틴 농도가 가장 높았던 HF-N군이 지방세포 크기도 가장 큰 것으로 나타났다.

이상의 결과 고지방식이에 의해 유도된 지방세포의 크기도 새싹채소 혼합분말에 의해 감소하는 결과를 보여 새싹채소 혼합분말에 의한 체지방 축적 억제는 지방세포의 hypertrophy도 억제하는 것으로 사료된다.

지방조직 내의 효소 활성

지방합성에 관여하는 주요 효소인 ME, 6PGDH 및 G6PDH 활성을 지방조직 내에서 측정하여 Table 7에 나타내었다.

지방조직의 ME 활성은 HF-N군이 HF-CSH군과 NF-C군에 비하여 유의하게 높았으나, HF-C군, HF-CSL군과는

Table 5. Levels of insulin and leptin in serum of rats fed high fat diet containing vegetable sprout powder mixture for 4 weeks

Experimental group ¹⁾	Insulin (µM/mL)	Leptin (ng/mL)
NF-C	22.61 ± 2.16 ^{2)bc3)}	4.34 ± 0.56 ^{bc}
HF-N	36.34 ± 1.58 ^a	10.63 ± 0.72 ^a
HF-C	31.53 ± 2.14 ^a	9.24 ± 0.61 ^a
HF-CSL	30.34 ± 1.87 ^a	7.21 ± 0.49 ^a
HF-CSH	22.02 ± 2.17 ^b	6.31 ± 0.58 ^b

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

Table 6. Fat cell size of rats fed high fat diet containing vegetable sprout powder mixture for 4 weeks

Experimental group ¹⁾	Fat cell size (µg/lipid/cell)
NF-C	0.69 ± 0.05 ^{2)bc3)}
HF-N	1.09 ± 0.04 ^a
HF-C	0.92 ± 0.02 ^a
HF-CSL	0.76 ± 0.07 ^b
HF-CSH	0.65 ± 0.04 ^b

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

Table 7. Activities of ME, 6PGDH and G6PDH in epididymal adipose tissue of rats fed high fat diet containing vegetable sprout powder mixture for 4 weeks (mmol/min/g protein)

Experimental group ¹⁾	ME	6PGDH	G6PDH
NF-C	901.28 ± 75.23 ^{2)bc3)}	745.43 ± 99.83 ^b	601.23 ± 78.62 ^{bc}
HF-N	1,406.24 ± 116.89 ^a	1,089.31 ± 227.43 ^a	869.46 ± 85.98 ^a
HF-C	1,326.71 ± 102.96 ^a	956.27 ± 120.39 ^a	741.29 ± 89.69 ^b
HF-CSL	1,026.03 ± 126.17 ^{ab}	948.64 ± 102.85 ^a	742.96 ± 97.23 ^b
HF-CSH	859.23 ± 89.23 ^b	756.01 ± 98.26 ^b	589.19 ± 112.3 ^c

¹⁾See the legend of Table 1.

²⁾The results are mean ± SEM for 8 rats in each group.

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

유의차가 없었다. 6PGDH 활성은 NF-C군이 다른 군들에 비하여 가장 낮았으며, HF-CSH군과는 유사한 경향이였다. G6PDH 활성도 HF-N군이 가장 높게 나타났으나, HF-C군, HF-CSL군과는 유의차가 없었다. 새싹채소 혼합분말의 첨가량이 증가할수록 지방조직의 ME, 6PGDH 및 G6PDH 활성은 저하되었다.

사람과는 달리 흰쥐의 경우 지방대사와 관련된 가장 주된 기관이 지방조직으로 알려져 있다(54). 즉 지방합성에 관여하는 주요 효소인 adenosine triphosphate[ATP]-citrate lyase 활성 및 포도당이 지방산으로의 합성률(*de novo* fatty acid synthesis)이 간조직에 비하여 지방조직이 훨씬 높기 때문에 지방합성의 주된 부위가 지방조직으로 간주되고 있다. 따라서 본 연구에서도 간조직이 아닌 지방조직에서 지방합성관련 효소의 활성을 조사하였다. 또한 지방합성은 지방조직 내 acetyl CoA carboxylase, fatty acid synthetase와 같은 효소뿐만 아니라 ME, 6PGDH 및 G6PDH와 같은 지방합성관련 효소(lipogenic enzyme)에 의해서 조절되므로 이들 효소의 활성이 체내 중성지방량 조절에도 중요한 역할을 하는데, 본 연구에서는 새싹채소 혼합분말 첨가로 이들 효소의 활성을 저하시켰다. 따라서 새싹채소 혼합분말의 급여로 지방합성관련 효소 활성 저하효과는 비만 억제효과도 있는 것으로 사료된다.

지방조직의 LPL 활성

새싹채소 혼합분말 급여가 지방조직의 LPL 활성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 HR-LPL과 TE-LPL 활성을 측정하였는데 그 결과는 Table 8과 같다.

지방조직의 HR-LPL과 TE-LPL 활성은 모두 HF-N군이 다른 군들에 비하여 증가하였으며, 새싹채소 혼합분말의 첨가량이 증가할수록 HR-LPL과 TE-LPL 활성 모두 유의하게 저하되었다. HF-CSL군은 HF-C군보다 HR-LPL과 TE-LPL 활성이 모두 저하되었으나 유의차는 없었다. NF-C군의 LPL 활성과 새싹채소 혼합분말을 고농도 첨가한 HF-CSH군과는 비슷한 LPL 활성을 보였다. 아울러 TE-LPL 활성은 HR-LPL 활성에 비하여 모든 군에서 높게 나타났다.

LPL은 중성지방이 풍부한 지단백질을 monoacylglycerol 과 지방산으로 가수분해하는 주된 효소로 지방세포에서 합

Table 8. Activities of HR-LPL and TE-LPL in epididymal adipose tissue of rats fed high fat diet containing vegetable sprout powder mixture for 4 weeks (Unit/g)

Experimental group ¹⁾	HR-LPL ²⁾	TE-LPL ³⁾
NF-C	2.99 ± 0.19 ^{4)bc5)}	15.46 ± 1.09 ^c
HF-N	5.98 ± 0.36 ^a	29.56 ± 1.96 ^a
HF-C	4.21 ± 0.21 ^{ab}	20.13 ± 2.02 ^b
HF-CSL	3.99 ± 0.38 ^b	18.23 ± 2.36 ^{bc}
HF-CSH	3.01 ± 0.24 ^b	15.02 ± 1.95 ^c

¹⁾See the legend of Table 1.

²⁾Heparin-releasable (HR) LPL activity was measured in media samples after incubation of epididymal adipose tissue fragment with 5 × 103 units/L heparin for 45 min at 24°C.

³⁾Total extractable (TE) LPL activity was measured in deoxycholate extracts of epididymal adipose tissue.

⁴⁾The results are mean ± SEM for 8 rats in each group.

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

성되고 분비되어 모세혈관의 내피세포로 수송되어 중성지방을 가수분해하는 효소이며, LPL 활성은 식이섭취 후 증가하여 지단백질 대사에 관여하며 과잉의 에너지를 지방세포에 중성지방의 형태로 저장하게 된다(55). 또한 LPL은 동맥 내벽 세포에서 LDL receptor 결합력과 콜레스테롤 흡수를 촉진하는 것으로 알려져 있다(56). 유전적 원인에 의해 LPL이 결핍되어지면 지단백질의 가수분해가 저하되어 혈액 내 VLDL을 증가시키고, HDL을 감소시켜 동맥경화증을 유발한다는 사실로 미루어 보아(57), 간 및 혈청 내 콜레스테롤 함량과 더불어 LPL 활성 측정은 고지혈증 및 고콜레스테롤 혈증과 관련한 중요한 기초 자료를 제공해 준다. 즉 LPL은 지단백질 내 중성지방을 분해하여 혈중 중성지방 함량을 조절할 뿐만 아니라 지단백질의 구조를 변형시켜 콜레스테롤 함량도 조절하는 것으로 알려졌다(58). 따라서 정상상태의 LPL 활성은 정상식이를 급여한 수준과는 비슷하여야 하고, 지나치게 낮거나 혹은 높을 경우에는 오히려 고지혈증과 비만 유발인자로 작용한다. 따라서 본 실험 결과 고지방식이로 인하여 증가된 지방조직의 LPL 활성은 새싹채소 혼합분말의 첨가로 정상지방 첨가군 수준으로 LPL 활성이 저하되었으며, 이로 인하여 혈중 중성지방 및 총콜레스테롤 함량은 저하되고, HDL-콜레스테롤 함량은 증가되었다.

또한 지방조직의 LPL 활성과 혈청 중 중성지방 함량은

정의 상관관계를 나타내는데(59), 본 연구에서도 HF-N군이 다른 군들에 비하여 혈청 중 중성지방 함량과 지방조직의 LPL 활성이 유의하게 높은 경향이였다. 지방조직의 LPL 활성을 조절하는 주된 호르몬은 인슐린이며, LPL 활성과 인슐린 함량은 정의 상관관계가 있다고 보고되었는데(60), 본 연구에서도 LPL 활성이 가장 낮았던 HF-CSH군의 인슐린 함량이 가장 낮았다.

요 약

본 연구는 새싹채소 혼합분말(배추, 유채, 브로콜리, 적무, 갓, 알팔파, 메밀 및 보리)이 혈액 및 지방조직의 지질대사 개선효과를 살펴보기 위하여 고지방식을 섭취한 흰쥐에게 새싹채소 혼합분말을 식이의 5%와 10%로 4주간 급여한 후, 체내 지방조직의 지방 함량, 지방세포의 크기, 지방합성 관련 효소인 ME, 6PGDH, G6PDH, LPL 활성, 혈청 지질성상, 인슐린 및 렙틴 농도를 측정하였다. 체중증가량은 고지방식만을 급여한 HF-N군이 유의하게 증가하였으며, 고지방식과 새싹채소 혼합분말을 동시에 급여한 HF-CSL군과 HF-CSH군은 정상지방섭취군인 NF-C군과 유사하였다. 고지방식만을 급여한 HF-N군은 지방조직의 무게와 지방 함량이 유의하게 높았으며, HF-CSL군과 HF-CSH군은 NF-C군보다도 낮은 경향이였다. 혈청 중 중성지방, 총콜레스테롤 및 LDL-콜레스테롤 함량은 고농도의 새싹채소 혼합분말을 급여한 HF-CSH군이 정상지방섭취군인 NF-C군보다도 낮았으며, HDL-콜레스테롤 함량은 NF-C군보다 높았다. 혈청 인슐린과 렙틴 농도는 HF-N군이 다른 군들에 비하여 가장 높게 나타났으며, 새싹채소 혼합분말의 효과는 새싹채소 혼합분말의 섭취량이 증가함에 따라 감소하였다. 지방세포의 크기도 HF-N군이 다른 군들에 비하여 유의하게 컸다. 새싹채소 혼합분말의 섭취량이 증가함에 따라 지방세포 크기가 작아지는 경향이였다. 지방조직의 지방합성 관련 효소인 ME, 6PGDH 및 G6PDH 활성은 지방조직 모두 HF-N군에서 가장 높았다. 새싹채소 혼합분말을 고농도 첨가한 HF-CSH군은 ME와 G6PDH 활성이 가장 낮았으며, NF-C군과는 유사한 활성을 나타내었다. 새싹채소 혼합분말의 섭취량이 증가함에 따라 지방조직의 ME, 6PGDH 및 G6PDH 활성은 저하되었다. 지방조직의 HR-LPL과 TE-LPL 활성은 HF-N군이 다른 군들에 비하여 증가하였으며, 새싹채소 혼합분말의 첨가량이 증가할수록 HR-LPL과 TE-LPL 활성 모두 유의하게 저하되었다. 고농도의 새싹채소 혼합분말을 첨가한 HF-CSH군은 NF-C군과 비슷한 LPL 활성을 나타내었다. 이상의 결과 흰쥐의 경우 식이섬유소를 첨가하지 않고 고지방식만을 급여 시 체중 및 체지방 함량 증가, 혈청 중 총콜레스테롤 및 중성지방 함량 증가, 지방합성 관련 효소 활성 증가를 유도하며, 식이 지방의 섭취 수준이 심혈관계질환에 미치는 영향이 큰 것으로 나타났다.

고지방식이로 인하여 증가된 이러한 결과는 새싹채소 혼합분말 섭취로 혈청 및 지방조직의 지질대사 개선에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이러한 효과는 새싹채소 혼합분말이 혈청 중 총콜레스테롤, 중성지질, 인슐린, 렙틴 농도의 변화와 지방조직의 지방합성 관련 효소의 활성 변화로 유도된 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2005년도 조선대학교 전통식품 첨단화 인력양성 사업단(NURI) 산학협력 연구비지원에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

문 헌

- Gopalan C, Rama Sastri BV, Balasubramanian SC. 2004. Nutritive values of indian foods. National Institute of Nutrition, Indian Council of Medical Research. Hyderabad, Indian.
- Khalil AW, Zeb A, Mahmmod F, Tariq S, Khattak AB, Shah H. 2007. Comparison of sprout quality characteristics of desi and kabuli type chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.). *LWT* 40: 937-945.
- Badshah A, Zeb A, Sattar A. 1991. Effect of soaking, germination and autoclaving on selected nutrients of rapeseed. *Pakistan J Sci Indus Res* 34: 446-448.
- Sattar A, Shah A, Zeb A. 1995. Biosynthesis of ascorbic acid in germinating rapeseed cultivars. *Plant Food for Human Nutr* 47: 63-70.
- El-Adawy TA. 2002. Nutritional composition and antinutritional factors of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) undergoing different cooking methods and germination. *Plant Food for Human Nutr* 57: 83-97.
- Song MR. 2001. Volatile flavor components of cultivated radish (*Raphanus sativus* L.) sprout. *Korean J Food & Nutr* 14: 20-27.
- Kuo TH, Van Middlesworth JF. 1988. Content of raffinose and oligosaccharides and sucrose in various plants. *J Agric Food Chem* 36: 32-29.
- Lee MH, Woo SJ, Oh SK, Kwon TB. 1994. Changes in contents and composition of dietary fiber during buckwheat germination. *Korean J Food & Nutr* 7: 274-283.
- Kwon TB. 1994. Changes in rutin and fatty acids of buckwheat during germination. *Korean J Food & Nutr* 7: 124-127.
- Kim YS, Kim JG, Kang IJ, Lee YS. 2005. Comparison of the chemical components of buckwheat seed and sprout. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 206-211.
- Kim IS, Han SH, Han KW. 1997. Study on the chemical change of amino acid and vitamin of rapeseed during germination. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 1058-1062.
- Lee YA, Kim HY, Cho EJ. 2005. Comparison of methanol extracts from vegetables on antioxidative effect under *in vitro* and cell system. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 1151-1156.
- Burkitt DP, Waker ARP, Painter NS. 1974. Dietary fiber and disease. *J Am Med Assoc* 229: 1068-1074.
- Fernandez ML, Lin ECK, Trejo A, McNamara DJ. 1992. Prickly pear (*Opuntia* sp) pectin reverses low density lip-

- oprotein receptor suppression induced by a hypercholesterolemic diet in guinea pig. *J Nutr* 122: 2330-2340.
15. Lee YE. 2005. Bioactive compounds in vegetables: their role in the prevention of disease. *Kor J Food Cookery Sci* 21: 380-398.
 16. Kim YS, Min BY, Seo GB. 1983. Effects of dietary fiber on lipid metabolism of albino rats. *Kor J Food & Nutr* 12: 310-315.
 17. Aro A, Uusitupa M, Voutilainen E, Korhonen T. 1984. Effects of guar gum in male subjects with hypercholesterolemia. *Am J Clin Nutr* 39: 911-916.
 18. Jo YS, Park JR, Park SK, Chun SS, Chung SY, Ha BS. 1993. Effects of mustard leaf (*Brassica juncea*) on cholesterol metabolism in rats. *Kor J Nutr* 26: 13-20.
 19. Behall JM, Scholfield DJ, Hallfrisch J. 2004. Diets containing barley significantly reduce lipids in mildly hypercholesterolemic men and women. *Am J Clin Nutr* 80: 1185-1193.
 20. Bueno AAR, Cappel TG, Sumvold GD, Moxley RA, Reinhart GA, Clemens ET. 2000. Feline colonic microbes and fatty acid transport: effects of feeding cellulose, beet pulp and pectin/gum arabic fibers. *Nutr Res* 20: 1319-1328.
 21. Bonfield CT. 1995. Dietary fiber and body management. In *Dietary fiber in health and disease*. Kritchevsky D, Bonfield CT, eds. Eagan Press, Washington, DC. p 459-465.
 22. Kim SL, Kim SK, Park CH. 2004. Introduction and nutritional of buckwheat sprouts as a new vegetable. *Food Res Int* 37: 319-327.
 23. Cho YS, Horigoma T. 1989. Effect of alfalfa saponin on the serum cholesterol level in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 18: 430-434.
 24. Lee JS, Park SJ, Sung KS, Han CK, Lee MH, Jung CW, Kwon TB. 2000. Effects of germinated-buckwheat on blood pressure, plasma glucose and lipid levels of spontaneously hypertensive rats. *Korean J Food Sci Technol* 32: 206-211.
 25. Hwang EJ, Lee SY, Kwon SJ, Park MH, Boo HC. 2006. Antioxidative, antimicrobial and cytotoxic activities of *Fagopyrum esculentum* Mönch extract in germinated seeds. *Korean J Medical Crop Sci* 14: 1-7.
 26. Reeves PG, Nielson FH, Fahey Jr GC. 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.
 27. Friedewald WT, Levy RI, Fredrickson DS. 1972. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem* 18: 499-502.
 28. Hirsch J, Gallian E. 1968. Methods for the determination of adipose cell size in man and animals. *J Lipid Res* 9: 110-119.
 29. Digirolamo M, Mendlinger S, Fertig JA. 1971. Simple method determines fat cell size and number in four mammalian species. *Am J Physiol* 221: 850-858.
 30. Ochoa S. 1955. Malic enzyme. *Methods Enzymol* 1: 735.
 31. Bernt E, Bergmeyer HU. 1974. Hexokinase. In *Methods of Enzyme Analysis*. Bergmeyer HU, Gawehn K, eds. Academic Press, New York. p 473-474.
 32. Nilsson-Ehle P, Schotz MC. 1976. A stable radioactive substrate emulsion for assay of lipoprotein lipase. *J Lipid Res* 17: 536-541.
 33. Fried SK, Zechner R. 1989. Cathectin/tumor necrosis factor decreases human adipose tissue lipoprotein lipase mRNA levels, synthesis, and activity. *J Lipid Res* 30: 1917-1923.
 34. Iverius PH, Brunzell JD. 1985. Human adipose tissue lipoprotein lipase: changes with feeding and relation to post-heparin plasma enzyme. *Am J Physiol* 249: E107-E114.
 35. Artiss J, Brogan K, Brucal M, Moghaddam M, Catherine Jen KL. 2006. The effects of a new soluble dietary fiber on weight gain and selected blood parameters in rats. *Metab Clin Exp* 55: 195-202.
 36. Pellizzon M, Busion A, Jen KL. 2000. Short-term weight cycling in aging female rats increases rate of weight gain but not body fat content. *Int J Obes* 24: 236-245.
 37. Imaizumi K, Tominaga A, Maivatari K, Sugano M. 1982. Effect of cellulose and guar gum on the secretion of mesenteric lymph chylomicrons in meal-fed rats. *Nutr Rep Int* 26: 263-269.
 38. Despres JP. 1993. Abdominal obesity as important component of insulin-resistant syndrome. *Nutrition* 19: 452-459.
 39. Rebuffe-Scrive MU, Walsh A, Mcewen B, Rodin J. 1992. Effects of chronic stress and exogenous glucocorticoids on regional fat distribution and metabolism. *Physiol Behav* 52: 583-559.
 40. Sugden MC, Holness MJ, Howard RM. 1993. Changes in lipoprotein lipase activities in adipose tissue, heart and skeletal muscle during continuous or interrupted feeding. *Biochem J* 292: 113-119.
 41. Kang KJ, Kim KH, Park HS. 2002. Dietary conjugated linoleic acid did not affect on body fitness, fat cell size and leptin levels in male Sprague Dawley rats. *Nutr Sci* 5: 117-122.
 42. Buhman K, Furumoto E, Story J. 1998. Dietary payllium increases fecal bile acid excretion, total steroid excretion and bile acid biosynthesis in rats. *J Nutr* 128: 1199-1203.
 43. Kaewprasert S, Okada M, Aoyama Y. 2001. Nutritional effects of cyclodextrins on liver and serum lipids and cecal organic acids in rats. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)* 47: 335-339.
 44. Kim SY, Kim HS, Kim SH, Su IS, Chung SY. 2003. Effects of the feeding *Platycodon grandiflorum* and *Codonopsis lanceolata* on the fatty acid composition of serum and liver in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 1211-1216.
 45. Oda T, Shikata T, Natio C, Suzuki H, Kanetaka T. 1970. Phospholipid fatty liver: a report of three cases with a new type of fatty liver. *Jpn J Exp Med* 40: 127-140.
 46. Gordon T, Castelli W, Dawber T. 1981. Lipoprotein, cardiovascular disease and death, the Framingham study. *Arch Inter Med* 141: 1128-1135.
 47. Tall A. 1990. Plasma high density lipoproteins metabolism and relationship to atherogenesis. *J Clin Invest* 86: 379-384.
 48. Miller NE. 1987. The evidence for the antiatherogenicity of high density lipoprotein in man. *Lipid* 13: 914-919.
 49. Keith DG, Martin J, Pet J. 1998. The mechanism of proton transport mediated by mitochondrial uncoupling proteins. *FEBS Lett* 438: 10-14.
 50. Barnes M, Lapanowski K, Conley A, Rafols J, Jen KL, Dunber J. 2003. High fat feeding is associated with increased blood pressure, sympathetic nerve activity and hypothalamic mu opioid receptors. *Brain Res Bull* 61: 511-519.
 51. Havel PJ. 2000. Role of adipose tissue in body-weight regulation: mechanism regulating leptin production and energy balance. *Proc Nutr Soc* 59: 359-371.
 52. Havel PJ, Kasim KS, Mueller W, Johnson PR, Gingerich RL, Stern JS. 1996. Relationship of plasma leptin to plasma insulin and adiposity in normal weight and overweight women: effects of dietary fat content and sustained weight loss. *J Clin Endo Met* 81: 4406-4413.
 53. Van Harmelen V, Reynisdottir S, Erickson P, Throne A,

- Hoffstedt J, Lonnqvist F, Arner P. 1998. Leptin secretion from subcutaneous and visceral adipose tissue in women. *Diabetes* 47: 913-917.
54. Kochan Z, Karbowska J, Swierczynski J. 1997. Unusual increase of lipogenesis in rat white adipose tissue after multiple cycles of starvation-refeeding. *Metabolism* 46: 10-17.
55. Lee JJ, Chun CS, Kin JG, Choi BD. 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.
56. O'Brien KD, Gordon D, Deeb S, Ferguson M, Chait A. 1992. Lipoprotein lipase is synthesized by macrophage-derived foam cells in human coronary atherosclerotic plaques. *J Clin Invest* 89: 1544-1550.
57. Semenkovich CF, Coleman T, Daugherty A. 1998. Effects of heterozygous lipoprotein lipase deficiency on diet-induced atherosclerosis in mice. *J Lipid Res* 39: 1141-1148.
58. Tall AR. 1986. Plasma lipid transfer proteins. *J Lipid Res* 27: 361-367.
59. Paik HS, Yearick ES. 1978. The influence of dietary fat and meal frequency on lipoprotein lipase and hormone-sensitive lipase in rat adipose tissue. *J Nutr* 108: 1978-1805.
60. Cryer A, Riley SE, Williams ER, Robinson DS. 1976. Effect of nutritional status on rat adipose tissue, muscle and post-heparin plasma clearing factor lipase activities: their relationship to triglyceride fatty acid uptake by fat-cells and to plasma insulin concentration. *Clin Sci* 50: 213-221.

(2007년 5월 4일 접수; 2007년 7월 13일 채택)