

발아현미의 섭취에 의한 흰쥐의 비만 억제 및 콜레스테롤 저하 효과

최희돈* · 김윤숙 · 최인욱 · 석호문 · 박영도¹

한국식품연구원, ¹(주)미농바이오

Anti-obesity and Cholesterol-lowering Effects of Germinated Brown Rice in Rats Fed with High Fat and Cholesterol Diets

Hee-Don Choi*, Yun-Sook Kim, In-Wook Choi, Ho-Moon Seog, and Young-Do Park¹

Korea Food Research Institute, ¹MinongBio

Abstract To investigate the anti-obesity and cholesterol-lowering effects of germinated brown rice (GBR), male Sprague-Dawley rats were randomly divided into the following 4 groups and fed with high fat and cholesterol diets for 5 weeks; control group fed with experimental diet, rice group fed with diet containing 50% rice, brown rice group fed with diet containing 50% brown rice and GBR group fed with diet containing 50% GBR. All groups showed no significant difference in body weight, but the GBR group showed the lowest value in body weight, 471.2 ± 17.8 g. Body weight gain and FER of GBR group, 310.6 ± 14.7 g and $41.8 \pm 2.0\%$, respectively, were also lower than those of other groups. Blood triglyceride and cholesterol levels of the GBR group were 54.0 ± 23.4 mg/dL and 64.8 ± 14.7 mg/dL, respectively, which were significantly lower than those of rice groups and were the lowest values among the experimental groups. The weights of epididymal and kidney fat of GBR group also showed the lowest values compared to other groups. The liver total lipid and total cholesterol of the GBR group, 216.3 ± 35.7 mg/g liver and 16.5 ± 0.7 mg/g liver, respectively, were lower than those of other groups, and total lipid, total cholesterol and triglyceride of GBR group showed the same results. These results suggest that GBR diet reduces body weight and fat gain, and has cholesterol-lowering effect.

Key words: germinated brown rice, anti-obesity, cholesterol-lowering, high fat and cholesterol diets

서 론

비만은 신체 에너지 요구량보다 과잉으로 에너지를 섭취하였을 때 점차적으로 체지방이 축적되어서 체중이 증가하는 영양불량의 과열량 상태로서 유전적, 영양적, 환경적 및 사회적 요인 등 다양한 원인들이 관여하는 복합적 증후군이다(1). 비만은 그 자체가 일상생활의 지장을 초래하는 질병이기도 하지만 심혈관계 질환, 2형 당뇨병, 고혈압, 고지혈증, 고콜레스테롤혈증, 암, 천식, 관절염, 그리고 기타 불량한 건강상태의 발병 위험의 증가와 깊은 관련(2,3)이 있기 때문에 장기적인 관리와 치료가 필요하다.

체중을 감소시키기 위해서는 약물투여와 수술 뿐만 아니라 식이요법, 운동, 행동수정 요법들을 병행할 경우 좋은 효과를 나타내며(4), 이 중 식이요법은 비만의 예방과 치료에 있어서 가장 중요하고 근본적인 방법이다(5). 항비만 효능을 나타내는 기능성 식품 소재에 대한 연구도 활발하게 이루어져 *Garcinia cambogia* 과실의 껍질에서 추출한 성분인 hydroxycitrate(6,7), carnitine(8), conjugated linoleic acid(9,10), 식이섬유(11) 등의 소재들이 항비만 소재로 활용되며 또한 이를 활용한 다양한 형태의 비만억제용 제

품이 소개되고 있다. 이와 같이 다양한 소비자의 요구에 맞춘 여러 가지 형태의 제품들이 시장에 소개되고 있으나 그 중에는 부적절한 체중감소 및 신체적 부작용 발생 등의 문제가 대두되기 때문에 일상적으로 섭취하여 온 식품의 섭취를 통한 비만억제가 상당히 중요하며 이에 대해서도 많이 보고되고 있다. Ha 등(12)은 현미를 주원료로 하고 다양한 곡류 및 채소류를 첨가한 생식을 42명의 여성을 대상으로 섭취하도록 하여 비만억제 효과를 조사한 결과 평균 체중이 초기 69.1 kg에서 8주 후 64.6 kg으로 유의적으로 감소함을 보고하여 곡류를 주식처럼 일상적으로 섭취함으로써 비만을 억제할 수 있는 가능성을 제시한 바 있다. Seo 등(13)도 발아생식을 4주간 섭취시킨 비만 여성군에서 체중이 69.1 kg에서 65.5 kg으로, BMI도 27.5에서 26.1로 감소하는 것으로 조사되어 발아생식의 섭취가 체중감소에 도움이 될 수 있음을 보여 주었다. 또 Liu 등(14)은 중년 여성을 대상으로 1984년부터 1996년에 걸쳐 오랜기간 전곡립 위주의 식사를 섭취하도록 하여 체중, BMI 등을 조사하여 이와 유사한 결과를 보고하였다.

발아현미는 현미에 비해 취반성과 조직감이 개선되고 γ -aminobutyric acid(이하 GABA), γ -oryzanol 등의 기능성 성분이 증진되거나 세로이 생성되는 것으로 알려져 있으며 또한 발아시의 전분분해효소 작용에 의해 생성된 포도당 등의 유리당과 올리고당에 의해 식미가 개선되는 등 발아현미는 기능성 뿐만 아니라 기호성, 편의성 등이 현미에 비해 크게 증진되어 향후 우리 국민의 식생활에서 큰 비중을 차지할 가능성을 갖는 건강기능식품의 하나로 주목받고 있다. 그러나 발아현미에 관한 연구는 발아현미의 GABA 함량 증진 기술(15-17), 소재화 및 가공제품(18-20), 성분

*Corresponding author: Hee-Don Choi, Korea Food Research Institute, San 46-1, Baekhyun-dong, Bundang-gu, Seongnam-si, Kyonggi-do 463-746, Korea
Tel: 82-31-780-9068
Fax: 82-31-709-9876
E-mail: chdon@kfri.re.kr

Received April 20, 2006; accepted September 12, 2006

분석(21,22) 등 다양하게 이루어져 있지만 발아현미의 기능성, 백미, 현미와의 효능 비교 등에 관한 연구는 거의 이루어지지 않은 실정이다.

따라서 본 연구에서는 발아현미를 주식으로 일상적으로 섭취할 때 각종 성인병의 근원인 비만과 콜레스테롤에 대한 억제 가능성을 탐색하고자 하였으며, 이를 위해 고지방, 고콜레스테롤 식이가 공급된 실험동물에서 발아현미 식이가 동물의 체중, 콜레스테롤 및 지질대사에 미치는 영향을 조사하였고 이를 백미, 현미 식이와 비교하였다.

재료 및 방법

재료 및 발아현미 제조

백미와 현미를 이천 비곡종합처리장에서 구입하여 10°C로 유지되는 저온저장고에 보관하면서 실험에 사용하였다. 발아현미는 현미를 세척한 후 (주)비농바이오(수원, 한국)에서 자체 제작한 발아조를 이용하여 30°C로 24시간 발아 후 건조하여 시료로 사용하였다.

실험동물 및 식이

실험동물은 4주령의 Sprague-Dawley종 수컷 흰쥐를 분양받아 1주일간 고휘사료로 적응기간을 가진 후 실험식이를 공급하였다. 실험식이의 조성은 Table 1과 같으며, 표준식이(AIN-76)(Dyets Inc., Bethlehem, PA, USA)를 기준으로 비만을 유도하기 위하여 lard를 15%, 고콜레스테롤혈증을 유도하기 위하여 콜레스테롤을 0.5% 첨가하여 실험용 사료를 조제하였다. 본 연구에 사용한 고지방 식이는 정상식이(AIN-76)보다 총 에너지 수준이 20% 높고, 지방은 식이 에너지의 40%를 차지하게 제조하였다(23). 실험군은 실험

협쥐에 고지방, 고콜레스테롤 식이를 공급한 대조군(control), 고지방, 고콜레스테롤 식이에 백미를 50% 혼합한 식이를 공급한 백미군(Rice), 현미를 50% 혼합한 식이를 공급한 현미군(brown rice), 발아현미를 50% 혼합한 식이를 공급한 발아현미군(germinated brown rice)의 4가지 처리군으로 나누어 5주간 사육하였다. 식이는 백미, 현미, 발아현미의 열량과 식이섭취량을 고려하여 식이 배합을 조정하였다. 사육 중 물과 식이는 자유로이 섭취하도록 공급하였고 식이는 4°C에서 보관하며 사용하였으며, 실험동물들은 환경조절된 사육실(조명 6:00 pm~6:00 am, 온도 22±2°C)에서 분리사육하였고 각 실험군당 10마리로 하였다.

사육기간 중 실험동물의 체중은 주 1회 측정하였으며, 식이섭취량은 주 2회 일정시간에 식이급여량과 잔량을 측정하여 산출하였다. 식이효율(food efficiency ratio: FER)은 5주간의 총 식이섭취량에 대한 체중증가량의 비(FER = body weight gain(g)/food intake(g))로 계산하였다.

시료 채취 및 처리

사육 5주간의 최종일에 16시간 절식시킨 후 에테르 마취하에서 심장채혈법으로 약 5 mL 채혈하였으며, 채혈한 혈액은 3,000 rpm에서 15분간 원심분리후 혈장을 분리하여 분석시료로 사용하였다. 또한 간과 부고환지방, 신장지방을 적출하였으며, 적출한 간과 지방은 중량을 측정후 분석시까지 -70°C에서 냉동보관하였다. 분변은 사육 마지막 3일 동안 수집하였으며, 냉동건조후 분석에 사용하였다.

지질 및 콜레스테롤 분석

분리한 혈장의 총 콜레스테롤 함량은 cholesterol esterase를 이용한 분석 kit(Eiken, Tokyo, Japan)로 500 nm에서 비색정량하였고, HDL-콜레스테롤은 phosphotungstic-MgCl₂법(24)을 개량한 분석 kit(Eiken, Tokyo, Japan)로 555 nm에서 비색정량하였다. 혈장의 중성지질은 lipoprotein lipase를 이용한 분석 kit(Eiken, Tokyo, Japan)로 505 nm에서 비색정량하였다.

간의 지질은 Folch 등(25)의 방법 따라 간 2g에 10배량의 용매(chloroform : methanol = 2 : 1)를 가하여 지질을 반복추출하고 용매를 휘발시켜 지질을 얻었으며 추출한 지질을 ethanol로 15 mL로 정용하고 혈장에서의 분석과 동일한 방법으로 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, 중성지질 등을 측정하였다. 또한 변의 지질도 Folch 등의 방법에 따라 냉동건조시킨 변 2g을 동일한 용매로 지질을 반복추출하고 동일한 방법으로 콜레스테롤 등을 분석하였다.

통계처리

SAS(Statistical Analysis System)를 사용하여 분산분석을 행한 후 Duncan's multiple range test로 각 시료간의 유의성을 검증하였다(26).

결과 및 고찰

체중변화와 식이효율

고지방 및 고콜레스테롤 식이를 공급하면서 SD rats를 대조군, 백미군, 현미군, 발아현미군의 4가지 처리군으로 나누어 5주간 사육 후 이들의 체중변화와 식이효율을 조사한 결과는 Table 2, 3과 같다. Table 2는 5주 동안의 체중변화를 측정된 결과로서 대조군과 백미군은 5주 경과시 각각 502.2±43.4 g, 505.9±25.8 g으로 유사한 체중 변화를 나타낸 반면 현미군과 발아현미군은 통계적으로 유의적인 차이는 아니지만 대조군과 백미군에 비해 낮

Table 1. Composition of experimental diets (g/kg)

	Control	Rice	Brown rice	Germinated brown rice
Casein	200	166	164	163
DL-methionine	3	3	3	3
Corn starch	495	33	65	66
Cellulose	50	48	29	30
Lard	150	150	150	150
Corn oil	504	8	37	36
Vitamin mix ¹⁾	10	10	10	10
Mineral mix ²⁾	35	35	35	35
Choline bitartrate	2	2	2	2
Cholesterol	5	5	5	5
Rice		500		
Brown rice			500	
Germinated brown rice				500

¹⁾AIN vitamin mixture (g/kg mixture): thiamine HCl 600, riboflavin 600, pyridoxine HCl 700, nicotinic acid 3000, D-calcium pantothenate 1600, folic acid 200, D-biotin 20, cyanocobalamin 1, retinyl palmitate 120,000 retinol equivalents, dl- α -tocophenyl acetate 5,000IU vitamin E activity, cholecalciferol 2.5, menadione 5.0, sucrose finely powdered, to make 1,000 g.

²⁾AIN mineral mixture (g/kg mixture): calcium phosphate, dibasic 500, sodium chloride 74, potassium citrate, monohydrate 220, potassium sulfite 52, magnesium oxide 24, manganous carbonate 2.5, ferric citrate 6, zinc carbonate 1.6, cupric carbonate 0.3, potassium iodate 0.01, sodium selenite 0.01, chromium potassium sulfate 0.55, sucrose, finely powdered, to make 1,000 g.

Table 2. Changes in body weight in rats fed with high fat and cholesterol diets for 5 weeks

	Body weight (g)			
	0 week	1 week	3 week	5 week
Control	162.6 ± 4.0 ^{a1,2)}	244.7 ± 14.4 ^a	376.2 ± 17.4 ^a	505.9 ± 25.8 ^a
Rice	161.4 ± 8.4 ^a	248.1 ± 23.3 ^a	368.9 ± 37.4 ^a	502.2 ± 43.4 ^a
Brown rice	159.9 ± 12.3 ^a	243.1 ± 24.4 ^a	360.0 ± 24.1 ^a	484.2 ± 33.0 ^a
Germinated brown rice	160.6 ± 3.1 ^a	235.0 ± 3.9 ^a	357.6 ± 13.6 ^a	471.2 ± 17.8 ^a

¹⁾Each value represents mean ± SD.²⁾Values with the different letters in the same column are not significantly different ($p < 0.05$).**Table 3. Food intakes and food efficiency ratio in rats fed with high fat and cholesterol diets for 5 weeks**

	Food intake (g/week)	Body weight gain (g)	FER (%) ¹⁾
Control	146.4 ± 6.2 ^{a2,3)}	343.3 ± 24.8 ^a	46.9 ± 6.8 ^a
Rice	151.3 ± 3.3 ^a	340.8 ± 37.7 ^a	45.0 ± 7.7 ^a
Brown rice	145.0 ± 12.1 ^a	324.3 ± 36.9 ^a	44.7 ± 5.1 ^a
Germinated brown rice	148.5 ± 7.9 ^a	310.6 ± 14.7 ^a	41.8 ± 2.0 ^a

¹⁾FER (food efficiency ratio): body weight gain (g/week)/food intake (g/week)²⁾Each value represents mean ± SD.³⁾Values with the different letters in the same column are not significantly different ($p < 0.05$).**Table 4. Triglyceride, total cholesterol and HDL-cholesterol of blood in rats fed with high fat and cholesterol diets for 5 weeks**

	Triglyceride (mg/dL)	Cholesterol (mg/dL)	
		Total	HDL
Control	45.4 ± 11.5 ^{b1,2)}	58.4 ± 15.5 ^b	27.4 ± 5.9 ^b
Rice	81.3 ± 22.6 ^a	80.3 ± 11.4 ^a	34.1 ± 3.6 ^{ab}
Brown rice	64.9 ± 13.8 ^{ab}	70.5 ± 12.6 ^{ab}	41.0 ± 9.1 ^a
Germinated brown rice	54.0 ± 23.4 ^{ab}	64.8 ± 14.7 ^a	25.4 ± 6.8 ^b

¹⁾Each value represents mean ± SD.²⁾Values with the different letters in the same column are not significantly different ($p < 0.05$).**Table 5. Weight of liver and adipose tissue in rats fed with high fat and cholesterol diets for 5 weeks**

	Wt. of liver (g)	Wt. of liver (g)/100 g BW	Adipose tissue (g)	
			Epididymal fat	Kidney fat
Control	17.3 ± 1.3 ^{a1,2)}	3.5 ± 0.3 ^a	2.5 ± 0.4 ^a	5.0 ± 1.1 ^a
Rice	19.4 ± 4.1 ^a	3.9 ± 0.8 ^a	3.1 ± 1.4 ^a	6.5 ± 3.0 ^a
Brown rice	17.9 ± 2.4 ^a	3.7 ± 0.5 ^a	3.1 ± 1.2 ^a	6.0 ± 2.3 ^a
Germinated brown rice	16.9 ± 1.8 ^a	3.7 ± 0.4 ^a	2.4 ± 0.7 ^a	5.0 ± 0.9 ^a

¹⁾Each value represents mean ± SD.²⁾Values with the different letters in the same column are not significantly different ($p < 0.05$).

은 체중을 나타내었으며, 특히 발아현미군은 471.2 ± 17.8 g으로 가장 낮은 체중을 나타내어 발아현미가 비만 예방에 효과를 나타낼 가능성이 높음을 알 수 있었다. 그리고 Table 3은 식이섭취량과 식이효율을 나타낸 결과로서 모든 실험군에서 145.0 ± 12.1~151.3 ± 3.0 g/week의 유사한 식이섭취량을 나타낸 반면 체중증가량에서 발아현미군이 310.6 ± 14.7 g으로 기타 실험군에 비해 낮은 값을 나타내어 41.8 ± 2.0%의 가장 낮은 식이효율을 나타내었다.

혈중 콜레스테롤 및 중성지질

실험동물들 5주간 사육후 각 실험군의 혈중 콜레스테롤과 중성지질 함량을 조사한 결과는 Table 4와 같다. 중성지질의 경우 백미군 81.3 ± 22.6 mg/dL, 현미군 64.9 ± 13.8 mg/dL, 발아현미군은 54.0 ± 23.4 mg/dL을 나타내어 현미군과 발아현미군이 백미군에 비해 유의적으로 낮은 중성지질 함량을 나타내었고 특히 발아현미

군이 낮은 값을 나타내어 발아현미가 중성지질 감소에 우수한 효과를 지님을 알 수 있었다. 또한 발아현미군의 총 콜레스테롤과 HDL-콜레스테롤도 각각 64.8 ± 14.7 mg/dL과 27.4 ± 5.9 mg/dL로 백미군의 80.3 ± 11.4 mg/dL, 34.1 ± 3.6 mg/dL에 비해 유의적으로 낮은 값을, 그리고 현미군의 70.5 ± 12.6 mg/dL, 41.0 ± 9.1 mg/dL에 비해서도 크게 낮은 값을 나타내었다. 한편 대조군은 45.4 ± 11.5 mg/dL의 중성지질, 58.4 ± 15.5 mg/dL의 총 콜레스테롤, 27.4 ± 5.9 mg/dL의 HDL-콜레스테롤 함량을 나타내었다.

간 및 지방조직 성상

5주간 사육후 각 실험군의 실험동물로부터 적출한 간과 부고환지방, 신장지방의 중량을 조사한 결과는 Table 5와 같다. 간 중량의 경우 모든 처리군에서 16.9 ± 1.8~19.4 ± 4.1 g의 값을 나타내어 처리군간 유의적인 차이를 나타내지 않았고, 부고환지방, 신

Table 6. Liver cholesterol and triglyceride concentrations in rats fed with high fat and cholesterol diets for 5 weeks

	Total lipid (mg/g liver)	Total cholesterol (mg/g liver)	Triglyceride (mg/g liver)
Control	263.3 ± 37.9 ^{b1),2)}	18.0 ± 1.0 ^a	5.0 ± 0.5 ^a
Rice	320.0 ± 17.8 ^a	19.5 ± 1.3 ^a	4.7 ± 0.5 ^a
Brown rice	225.0 ± 42.6 ^b	16.2 ± 3.9 ^a	4.7 ± 0.8 ^a
Germinated brown rice	216.3 ± 35.7 ^b	16.5 ± 0.7 ^a	4.8 ± 0.5 ^a

¹⁾Each value represents mean ± SD.

²⁾Values with the different letters in the same column are not significantly different ($p < 0.05$).

Table 7. Fecal excretion of cholesterol and triglyceride in rats fed with high fat and cholesterol diets for 5 weeks

	Total lipid (mg/g feces)	Total cholesterol (mg/g feces)	Triglyceride (mg/g feces)
Control	110.0 ± 11.5 ^{b1),2)}	14.0 ± 0.3 ^c	2.3 ± 0.9 ^b
Rice	107.5 ± 10.6 ^b	17.4 ± 0.5 ^b	2.8 ± 0.6 ^{ab}
Brown rice	131.3 ± 32.7 ^b	19.5 ± 1.5 ^b	2.6 ± 0.3 ^{ab}
Germinated brown rice	165.0 ± 22.2 ^a	26.5 ± 2.7 ^a	3.4 ± 0.4 ^a

¹⁾Each value represents mean ± SD.

²⁾Values with the different letters in the same column are not significantly different ($p < 0.05$).

장지방의 증량에 있어서도 각각 $2.4 \pm 0.7 \sim 3.1 \pm 1.4$ g, $5.0 \pm 0.9 \sim 6.5 \pm 3.0$ g의 값을 나타내어 처리군간 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 발아현미군의 경우 간 중량 16.9 ± 1.8 g, 부고환지방 중량 2.4 ± 0.7 g, 신장지방 중량 5.0 ± 0.9 g으로 통계적으로 유의적인 수준은 아니지만 백미군과 현미군에 비해 크게 낮은 증량을 나타내었다. 그리고 실험동물의 희생 직후의 간의 형태를 비교한 결과 기타 처리군의 경우 고지방 및 고콜레스테롤 식이의 공급에 의해 간이 흐린 적색을 띠고 황색의 지방들이 점점이 분산, 침착되어 있는 전형적인 지방간의 형태를 보인 반면 발아현미군의 간의 경우 진한 선홍색을 띠면서 지질 침착이 거의 없는 정상적인 간의 형태를 유지하고 있었다.

각 실험군의 실험동물로부터 적출한 간으로부터 지질을 추출하고 이로부터 총 콜레스테롤과 중성지질을 측정된 결과는 Table 6과 같다. 간의 총 지질의 경우 백미군이 320.0 ± 17.8 mg/g liver의 값을 나타낸 반면 현미군 및 발아현미군은 각각 225.0 ± 42.6 mg/g liver와 216.3 ± 35.7 mg/g liver를 나타내어 현미군과 발아현미군의 간의 총 지질이 백미군에 비해 유의적으로 현저히 낮은 지질함량을 나타냄을 알 수 있었다. 한편 총 콜레스테롤과 중성지질의 경우에는 각각 $16.2 \pm 3.9 \sim 19.5 \pm 1.3$ mg/g liver와 $4.7 \pm 0.5 \sim 5.0 \pm 0.5$ mg/g liver의 값을 나타내어 처리군간 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다.

변의 지질 및 콜레스테롤

각 실험군의 변의 총 지질, 총 콜레스테롤 및 중성지질 함량을 측정된 결과는 Table 7과 같다. 변의 총 지질의 경우 대조군은 110 ± 11.5 mg/g feces, 백미군은 107.5 ± 10.6 mg/g feces, 현미군은 131.3 ± 32.7 mg/g feces, 그리고 발아현미군은 165.0 ± 22.2 mg/g feces로서 기타 처리군에 비해 발아현미군이 유의적으로 현저히 높은 총 지질 함량을 나타내어 발아현미군에서 변을 통해 지질이 많이 배설됨을 알 수 있었다. 변의 총 콜레스테롤도 발아현미군이 26.5 ± 2.7 mg/g feces를 나타내어 기타 실험군의 $14.0 \pm 0.3 \sim 19.5 \pm 1.5$ mg/g feces 보다 유의적으로 높은 값을 나타내었고, 중성지질도 3.4 ± 0.4 mg/g feces로 기타 처리군의 $2.3 \pm 0.9 \sim 2.8 \pm 0.6$ mg/g feces 보다 유의적으로 높은 값을 나타내었다. 이상의 결과를 통해 발아현미 섭취에 의해 지질과 콜레스테롤이 변을 통해 많이 배설됨을 알 수 있었으며, 이러한 변을 통한 지질

과 콜레스테롤의 배설에 의해 발아현미군의 혈액 및 간의 지질과 콜레스테롤 함량이 기타 실험군에 비해 유의적으로 낮은 값을 나타내는 것으로 판단된다.

일반적으로 지방 또는 콜레스테롤의 섭취에 의해 간 조직에서 지질대사 이상이 초래되어 지질의 침착에 의해 간의 무게가 증가하고 간에서의 지질과 콜레스테롤 함량이 증가한다(27). 식이 섬유 특히 수용성 식이섬유가 공급될 경우 식이섬유가 전분, 단백질, 지질 등의 영양성분을 둘러싸 이들의 흡수를 방지(28)할 뿐만 아니라 장내세균에 의해 발효되어 단쇄지방산을 생성함으로써 담즙산의 간장내 경로를 바꾸고 콜레스테롤의 합성을 억제한다(29). 또한 소장으로부터의 콜레스테롤과 담즙산의 흡수가 저하되면 간으로의 콜레스테롤 유입이 감소되어 콜레스테롤 농도가 낮아지게 된다. 이러한 식이섬유의 작용에 의해 간과 혈액내에서의 지질과 콜레스테롤의 축적이 억제되고 변을 통한 지질과 콜레스테롤의 배설량이 증가하게 된다. 발아현미의 경우 발아에 의해 식이섬유, 특히 수용성 식이섬유의 함량이 현미에 비해 상당히 증가(30)하기 때문에 실험동물의 간과 혈액에서의 지질과 콜레스테롤의 축적이 억제되고 체중 증가가 둔화되는 것으로 판단된다. Miura 등(31)은 hepatoma 보유 흰쥐에 발아현미 식이를 공급하였을 때 변을 통한 중성 스테롤과 담즙산의 분비가 증가하고 담즙산 생합성에 관여하는 cholesterol 7 α -hydroxylase의 활성이 증진되어 간에서의 콜레스테롤 합성이 저해됨으로써 혈중 콜레스테롤 및 중성지방 등이 감소한다고 하였다. 또한 γ -oryzanol은 콜레스테롤의 흡수를 억제함으로써 혈중 콜레스테롤 함량을 감소시키(32)기 때문에 백미에 비해 현미와 발아현미에 약 20배 이상 함유(31)되어 있는 γ -oryzanol이 현미 및 발아현미의 콜레스테롤 저하효과에 중요한 역할을 하는 것으로 생각된다. 그리고 발아에 의해 다량 생성되는 GABA도 그 기작이 명확하게 밝혀져 있지는 않지만 콜레스테롤의 증가를 억제하는 것으로 보고(33)되어 있어 발아현미의 콜레스테롤 저하효과에 상당히 큰 역할을 하였을 것으로 생각된다. 본 연구에 사용한 현미는 620.8 nM/g의 GABA 함량을 나타낸 반면 이를 발아시킨 발아현미는 1514.6 nM/g의 GABA 함량을 나타내어 현미에 비해 크게 높아진 GABA 함량이 발아현미의 콜레스테롤 저하 효과에 상당히 기여한 것으로 판단된다. 이상의 결과를 통해 볼 때 발아현미를 주식으로 일상적으로 섭취할 경우 체내 혈중 콜레스테롤을 저하시켜

심장질환을 예방하며 지방의 축적과 체중 증가를 억제하는 등 현대인의 성인병 예방 및 치료에 상당히 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

요 약

발아현미의 섭취에 의한 흰쥐의 비만억제 및 콜레스테롤 저하 효과를 조사하기 위하여 대조군, 백미군, 현미군, 발아현미군의 4 가지 처리군으로 나누어 흰쥐에 고지방, 고콜레스테롤 식이를 공급하면서 5주간 사육후 효과를 비교하였다. 체중의 경우 모든 처리군에서 유의적인 차이를 나타내지 않았으나 발아현미군에서 5 주 경과후의 체중에서 471.2 ± 17.8 g으로 가장 작은 값을 나타내었다. 체중증가량과 식이효율의 경우에도 발아현미군이 각각 310.6 ± 14.7 g과 $41.8 \pm 2.0\%$ 로 유의적인 수준은 아니지만 가장 낮은 값을 나타내었다. 혈중 중성지방 및 콜레스테롤의 경우 발아현미군은 5주 경과시 각각 54.0 ± 23.4 mg/dL, 64.8 ± 14.7 mg/dL로 백미군, 현미군에 비해 크게 낮은 뿐만 아니라 부고환지방, 신장 지방 중량에서도 낮은 값을 나타내었다. 간의 총 지질과 총 콜레스테롤에서 발아현미군은 216.3 ± 35.7 mg/g liver와 16.5 ± 0.7 mg/g liver로 기타 처리군에 비해 낮은 값을 나타내었으며, 변의 총 지질, 총 콜레스테롤, 중성지방에서도 각각 165.0 ± 22.2 mg/g feces, 26.5 ± 2.7 mg/g feces, 3.4 mg/g feces로 기타 처리군에 비해 유의적으로 높은 값을 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 농림부 농림기술개발사업(ARPC)의 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Chua S, Leibel RI. Obesity genes: molecular and metabolic mechanism. *Diabetes Rev.* 5: 2-7 (1997)
2. Dattilo MA, Kris-Etherton PM. Effects of weight reduction on blood lipids and lipoprotein: A meta analysis. *Am. J. Clin. Nutr.* 56: 320-328 (1992)
3. Heidi O. Attitude of dietetics students and registered dieticians toward obesity. *J. Am. Diet. Assoc.* 95: 914-916 (1995)
4. King DJ, Devaney N. Clinical pharmacology of sibutramine hydrochloride (BTS 54 525), a new antidepressant, in healthy volunteers. *Brit. J. Pharmacol.* 26: 607-611 (1988)
5. National Institute of Health. Methods for Voluntary Weight Loss and Control-Technology Assessment Conference Statement. *Nutr. Today* July/August, pp. 27-33 (1992)
6. Kovacs EMR, Westertep-Plantenga MS, de Vries M. Effect of 2-week ingestion of (-)-hydroxycitrate and (-)-hydroxycitrate combined with medium-chain triglycerides on satiety and food intake. *Physiol. Behav.* 74: 543-549 (2001)
7. Westertep-Plantenga MS, Kovacs EMR. The paradoxical effect of (-)-hydroxycitrate on energy intake regulation in humans. *Int. J. Obes.* 24: S189-192 (2000)
8. Helms R, Whittington P, Mauer E. Enhanced lipid utilization in infants receiving oral L-carnitine during long-term parenteral nutrition. *J. Pediatrics* 109: 984-988 (1986)
9. West DB, Delany JP, Camet PM, Blohm F, Truett AA, Scimeca J. Effects of conjugated linoleic acid on body fat and energy metabolism in the mouse. *Am. J. Physiol.* 275: R667-672 (2000)
10. Park Y, Albright KJ, Storkson JM, Cook ME, Pariza MW. Changes in body composition in mice during feeding and withdrawal of conjugated linoleic acid. *Lipids* 34: 243-248 (1999)
11. Birketvedt GS, Aaseth J, Florholmen JR, Rhttig K. Long-term effect of fibre supplement and reduced energy intake on body

weight and blood lipids in overweight subjects. *Acta Med.* 43: 129-132 (2000)

12. Ha TY, Kim NY. The effects of uncooked grains and vegetables with mainly brown rice on weight control and serum components in Korean overweight/obese female. *Korean J. Nutr.* 36: 183-190 (2003)
13. Seo JS, Bang BH, Yeo IB. Effect of improve obesity with sprout raw grains and vegetables. *Korean J. Food Nutr.* 14: 150-160 (2001)
14. Liu S, Willett WC, Manson JE, Hu FB, Rosner B, Colditz G. Relation between changes in intakes of dietary fiber and grain products and changes in weight and development of obesity among middle-aged women. *Am. J. Clin. Nutr.* 78: 920-927 (2003)
15. Saikusa T, Horino T, Mori Y. Accumulation of γ -aminobutyric acid(GABA) in the rice germ during water soaking. *Biosci. Biotech. Biochem.* 58: 2291-2292 (1994)
16. Aurisano N, Bertani A, Reggiani R. Anaerobic accumulation of 4-aminobutyrate in rice seedlings: causes and significance. *Phytochemistry* 38: 1147-1150 (1995)
17. Oh SH, Kim SH, Moon YJ, Choi WG. Change in the levels of γ -aminobutyric acid and some amino acids by application of a glutamic acid solution for the germination of brown rice. *Korean Soc. Biotechnol. Bioeng.* 17: 49-53 (2002)
18. Suzuki K, Okadome H, Okunishi T, Nakamura S, Ohtsubo K. Development of a novel food material using germinated brown rice by twin-screw extrusion. *J. Jpn. Soc. Food Sci. Technol.* 50: 474-482 (2003)
19. Park KB, Oh SH. Production and characterization of GABA rice yogurt. *Food Sci. Biotechnol.* 14: 518-522 (2005)
20. Han KH, Oh JC, Ryu CH. A study on the optimization for preparation conditions of germinated brown rice gruel. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 33: 1735-1741 (2004)
21. Yamada C, Izumi H, Hirano J, Mizukuchi A, Kise M, Matsuda T, Kato Y. Degradation of soluble proteins including some allergens in brown rice grains by endogenous proteolytic activity during germination and heat-processing. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 69: 1877-1883 (2005)
22. Su T, Nakamura K, Kayahara H. Analysis of phenolic compounds in white rice, brown rice and germinated brown rice. *J. Agric. Food Chem.* 52: 4808-4813 (2004)
23. Kwon JY, Cheigh HS, Song YO. Weight reduction and lipid lowering effects of kimchi lactic acid powder in rats fed high fat diets. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 1014-1019 (2004)
24. Burstein M, Scholnick HR, Morfin R. Rapid method for the isolation of lipoproteins from human serum by precipitation with polyanions. *J. Lipid Res.* 11: 583-589 (1970)
25. Folch J, Less M, Stanley GH. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226: 497-569 (1957)
26. SAS Institute, Inc. SAS User's Guide. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA (1993)
27. Cha JY, Cho YS, Kim DJ. Effect of chicory extract on the lipid metabolism and oxidative stress in rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 30: 1220-1226 (2001)
28. Vahouny GV, Roy T, Gallo LL, Story JA, Kritchevsky D, Cassidy MM. Dietary fiber III. Effect of chronic intake on cholesterol absorption and metabolism in the rat. *Am. J. Clin. Nutr.* 33: 2182-2188 (1980)
29. Anderson JW, Bridges SR. Plant fiber metabolites after hepatic glucose and lipid metabolism. *Diabetes* 30(suppl): 133-139 (1981)
30. Ohtsubo K, Suzuki K, Yasui Y, Kasumi T. Bio-functional components in the processed pre-germinated brown rice by a twin-screw extruder. *J. Food Comp. Anal.* 18: 303-316 (2005)
31. Miura D, Ito Y, Mizukuchi A, Kise M, Aoto H, Yagasaki K. Hypocholesterolemic action of pre-germinated brown rice in hepatoma-bearing rats. *Life Sci.* 79: 259-264 (2006)
32. Rong N, Ausman LM, Nicolosi RJ. Oryzanol decreases cholesterol absorption and aortic fatty streaks in hamsters. *Lipids* 32: 303-309 (1997)