

보리 및 보리 β-glucan 농축획분 섭취에 의한 흰쥐의 간 콜레스테롤 저하효과

김성란* · 석호문 · 최희돈 · 박용곤
한국식품개발연구원 식품가공연구본부

Cholesterol-Lowering Effects in Rat Liver Fed Barley and β-Glucan-enriched Barley Fraction with Cholesterol

Sung-Ran Kim*, Ho-Moon Seog, Hee-Don Choi and Yong-Kon Park
Korea Food Research Institute

Hypocholesterolemic effects in rats of two hull-less barleys, waxy and nonwaxy-starch genotype, were evaluated by analyzing liver cholesterol and triglycerides. A group fed cellulose control and fiber-free exhibited significant liver lipid accumulation by morphologically observation. In barley fed group, however, lipid disposition in liver was effectively suppressed. The concentrations of cholesterol and triglyceride in liver were significantly reduced in rat fed 5 and 10% fiber diets containing barley flour and β-glucan-enriched fraction. β-Glucan-enriched barley fraction as a fiber source showed more cholesterol-lowering than barley flour with cellulose, and this effect of β-glucan from two hull-less barleys was similar. Liver cholesterol and triglyceride in cellulose control group were 14.5 mg/g and 46.1 mg/g, respectively, while those of barley and β-glucan fed groups were 5.1~8.2 mg/g and 20.1~31.3 mg/g, respectively.

Key words: barley, β-glucan-enriched fraction, liver cholesterol, liver triglyceride

서 론

보리는 1970년대에는 쌀과 더불어 우리 민족의 주식으로서 큰 몫을 차지하였고 농가 소득증대는 물론 농지이용을 제고에도 크게 기여하여 왔으나 1980년대에 들어서면서 국민의 식량소비구조가 변화됨에 따라 식용으로서의 보리소비가 크게 줄어들게 되었다. 그러나 보리에는 식이섬유로서 β-glucan의 함량이 높아 체내 혈중 콜레스테롤치를 저하시켜 심장질환을 예방하며 지방의 축적을 억제하는 등 성인병의 예방에 탁월한 효과가 있는 식물자원으로 재평가 받고 있다^(1,2). 특히 도정한 보리쌀에도 β-glucan은 거의 소실되지 않고 그대로 남아있는 특성이 있으며⁽³⁾ 최근 β-glucan의 함량이 일반 보리보다 높은 찰쌀보리가 보급되기도 하였다.

β-glucan을 비롯한 수용성 식이섬유의 콜레스테롤 저하작용에 대한 기작으로 다음과 같은 몇가지 연구와 제안이 보고되었다^(2,4,5). 첫째, 소장에서 콜레스테롤 및 중성지방과 결

합하여 흡수를 저해하고 배설을 촉진한다는 것이며 이는 점성이 큰 식이섬유일수록 효과적이라고 보고되었다^(6,7). 둘째, 담즙산의 소장에서의 재흡수 억제 및 배설 증가에 의한 것으로, 담즙산은 콜레스테롤로부터 합성되는 물질이므로 체내 콜레스테롤을 체외로 배설하는 효과를 나타낸다는 것이다⁽⁸⁾. 셋째, 대장의 미생물에 의해 생성된 식이섬유의 발효부산물인 acetate, propionic acid 등 짧은 사슬 지방산들이 간에서 HMG-Co A reductase 활성 및 콜레스테롤 합성능을 저해한다는 것이다^(9,10). 근래에는 HDL 수용체 활성의 증가⁽¹¹⁾, 저하된 insulin response로 인한 간지질 합성 감소⁽¹²⁾ 등 여러 기작이 제시되기도 하였다. 석 등⁽¹³⁾은 보리 첨가식이 및 β-glucan 함량을 높인 농축획분 첨가식이 흰쥐의 혈장과 분변 콜레스테롤 대사에 미치는 영향을 분석한 결과 혈장의 총 콜레스테롤 감소효과는 미약하였으나 HDL 콜레스테롤 함량이 증가하고 LDL 콜레스테롤이 감소하였으며 변으로 배설되는 콜레스테롤과 중성지방의 양은 크게 증가된다고 보고하였다. 또한 Miettinen 등 여러 연구에서^(14,15) 분변으로 배설되는 스테롤의 양이 많은 사람에게서 간 콜레스테롤 합성이 증진되었다고 보고한 바 있으므로 본 연구에서는 보리 및 β-glucan의 섭취가 담즙산과 HDL-콜레스테롤 합성의 중심기관인 간에서의 지질대사에 미치는 영향 및 콜레스테롤 저하효과를 동물실험을 통하여 시험하였다.

*Corresponding author : Sung-Ran Kim, Korea Food Research Institute, San 46-1 Backhyun-dong, Bundang-gu, Songnam-si, Kyonggi-do 463-420, Korea
Tel: 82-31-780-9066
Fax: 82-31-780-9234
E-mail: ran@kfri.re.kr

재료 및 방법

재료

보리는 쌀보리로서 97년산 찰쌀보리와 메보리를 사용하였다. 보리 β -glucan 농축획분은 Lee 등의 방법에 따라 체질에 의한 분획방법을 사용하여 제조하였다⁽¹⁶⁾.

실험동물은 5주령의 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐 70마리를 삼육실험동물로부터 구입하였다. Casein, cellulose, mineral mixture, vitamin mixture, DL-methionine, choline bitartrate는 Harlen Teklad 사(USA), 옥수수전분은 (주)세원, 콩기름은 (주)제일제당으로부터 구입하여 사용하였다. 콜레스테롤, 중성지방, HDL-콜레스테롤 측정용 kit는 Eiken 사(Japan)의 제품을 사용하였다.

실험동물의 사육 및 식이

5주령의 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐 70마리를 처음 1주일간은 고형사료로 예비 사육하고 적응시켰다. 적응기간 후 체중 200 ± 20 g의 쥐를 난괴법에 따라 normal(cholesterol-free), control, fiber-free, N glucan(5%), W glucan(5%), W glucan(10%), N flour 및 W flour의 8그룹으로 나누어 각 군 8마리씩 자유급식법으로 5주간 사육하였다. 각 실험군의 식이조성은 Table 1과 같았다.

Normal군을 제외한 모든 식이의 콜레스테롤은 0.5% 농도로 첨가하였고 control군은 cellulose 5%를, N glucan(5%), W glucan(5%), W glucan(10%)군은 식이섬유 수준이 5%와 10%가 되도록 메보리(N)와 찰쌀보리(W) β -glucan 농축획분의 첨가량을 조절하였다. N flour군과 W flour군에서는 cellulose를 5% 공급하고 탄수화물 급원 각각 메보리와 찰쌀보리 가루를 찌서 분말화 시킨 가루로 대체하였다. 각 식이조

성비에 따라 제조한 펠렛의 일반성분은 AOAC법⁽¹⁷⁾에 따라 분석하였다.

간 시료채취

5주간 실험식으로 사육한 흰쥐를 해부하기 16시간 전에 식이공급을 중단하였고, ether 마취하에 간을 적출하였으며 0.9% 생리식염수로 씻은 다음 여과지로 물기를 제거하고 중량을 측정 후 분석시까지 -70°C 에서 냉동보관하였다.

간의 지질 및 콜레스테롤 분석

간의 지질은 Folch 등의 방법에 따라 추출하였다⁽¹⁸⁾. 즉 간 3g에 10배량의 용매(chloroform : methanol = 2 : 1)를 가하여 지질을 반복추출하고 chloroform층만을 분리해 낸 뒤 용매를 휘발시켜 지질을 얻었다. 추출된 지질을 ethanol로 15 mL로 정용하고 콜레스테롤, 중성지방의 함량을 측정하였다. 총 cholesterol(TC)은 cholesterol esterase를 이용한 분석 kit(Eiken, Japan)로 500 nm에서 비색 정량하였고, 중성지방(triglyceride, TG)은 lipoprotein lipase를 이용한 분석 kit(Eiken, Japan)로 505 nm에서 비색 정량하였다.

통계처리

실험결과는 실험군당 평균치와 표준오차를 계산하여 일차원 분산분석을 수행한 후 $\alpha = 0.05$ 수준에서 Duncan의 다중 비교법으로 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

간의 무게, 성상 및 지방 함량

콜레스테롤을 섭취하지 않은 normal군의 간 무게는 9.2 g

Table 1. Composition (%) of the experimental diet

	Normal (Cholesterol-free)	Control	Fiber-free	Group of experiment				
				N ¹⁾ glucan (5%)	W ²⁾ glucan (5%)	W glucan (10%)	N flour	W flour
Diet formula								
Cholesterol	-	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Cellulose (Fiber)	5	5	-	-	-	-	5	5
β -glucan fraction	-	-	-	34.0	30.1	60.2	-	-
Barley flour	-	-	-	-	-	-	49.5	49.5
Corn Starch	50	49.5	54.5	23.7	27.7	0.9	-	-
Casein	20	20	20	16.8	16.7	13.4	20	20
Sucrose	15	15	15	15	15	15	15	15
Corn oil	5	5	5	5	5	5	5	5
DL-Met.	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Mineral mix	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Vitamin mix	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Choline bitartrate	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Proximate composition								
Moisture	6.6	7.8	6.9	6.2	6.1	6.3	5.6	6.2
Crude protein	19.0	20.7	19.5	20.1	19.4	17.3	21.1	21.5
Crude fat	5.1	5.2	5.6	5.6	4.8	4.9	5.0	5.1
Ash	2.9	2.8	2.9	3.1	3.0	2.9	2.8	2.9

¹⁾N: hull-less nonwaxy barley.

²⁾W: hull-less waxy barley.

Table 2. Body and liver weights in rats fed a fiber-free diet or diets containing cellulose and fiber from barley with 0.5% cholesterol¹⁾

	Initial body weight (g)	Final body weight (g)	Liver weight (g)	Liver weight/ 100g fasting body weight (g)
Normal (Cholesterol-free)	205.9 ± 25.2 ^{ns}	392.2 ± 42.2 ^{ab}	9.2 ± 1.0 ^b	2.4 ± 0.1 ^b
Control	202.3 ± 21.4	418.0 ± 26.5 ^a	12.5 ± 3.4 ^a	3.0 ± 0.7 ^a
Fiber-free	201.2 ± 22.3	406.2 ± 34.8 ^{ab}	11.5 ± 1.3 ^a	2.8 ± 0.4 ^a
N ²⁾ glucan (5%)	207.2 ± 20.3	403.1 ± 30.2 ^{ab}	11.6 ± 1.8 ^a	2.9 ± 0.3 ^a
W ³⁾ glucan (5%)	211.3 ± 17.4	399.7 ± 25.3 ^{ab}	11.4 ± 1.7 ^{ab}	2.8 ± 0.3 ^a
W glucan (10%)	204.2 ± 21.6	381.5 ± 31.5 ^b	10.6 ± 1.3 ^{ab}	2.9 ± 0.2 ^a
N flour	213.6 ± 14.8	399.1 ± 21.1 ^{ab}	11.8 ± 1.6 ^a	2.9 ± 0.4 ^a
W flour	213.1 ± 14.7	391.2 ± 23.0 ^{ab}	10.7 ± 1.2 ^{ab}	2.7 ± 0.3 ^a

¹⁾Values are mean ± SD (n=8). Mean values within a column that followed by same letter are not significant different (P<0.05) by Duncan's multiple range test.

²⁾N: hull-less nonwaxy barley.

³⁾W: hull-less waxy barley.

인데 반하여 콜레스테롤을 투여한 모든 군에서는 Table 2와 같이 평균 간 무게가 증가하였다. control군의 간 무게는 12.5 g으로 가장 컸고, N glucan(5%)군이 11.6 g, W glucan(5%)와 W glucan(10%)가 각각 11.4 g, 10.6 g였으며 N flour군이 11.8 g, W flour군이 10.7 g으로 나타났다. N flour군 및 N glucan(5%)군의 간 무게는 control군과 유의적인 차이가 없었으나 normal군과는 유의차가 있었으며, W flour군, W glucan(5%) 및 W glucan(10%)군의 간 무게는 control군 및 N glucan(5%)군보다 적었고 normal군과 유의차가 없는 것으로 나타났다. 체중을 고려한 간무게 결과는 콜레스테롤 투여로 증가되는 것으로 나타났으며 보리 및 보리 β-glucan 농축획분 투여에 의한 차이는 없었다.

특히 control군과 fiber-free군의 간은 Fig. 1과 같이 간에 심한 지질 침착이 관찰되었다. Fig. 1은 실험동물의 희생 직후 촬영한 간의 형태를 나타낸 것으로 진한 선홍색의 normal군의 간과는 달리 control군과 fiber-free군의 간은 0.5%의 콜레스테롤 첨가로 인하여 흐린 적색으로 변하고 황색의 지방들이 점점이 분산, 침착되어 있는 전형적인 지방간의 형태를 보였다. 반면 N flour군과 W flour군의 경우 동량의 콜레스테롤을 섭취하였으나 지질 침착이 거의 없거나 미약하여 normal군의 간과 유사한 형태였다. Fig. 2는 β-glucan 농축

획분으로 식이섬유량을 공급한 군과 탄수화물 급원으로 전분 대신 보리가루를 공급한 군의 간 형태이다. 모두 건강한 정상적인 간의 형태였으나 보리가루 첨가군인 N flour군과 W flour군보다 N glucan(5%) 및 W glucan(5%)군이 더 진한 선홍색을 띤 것으로 보아 β-glucan 농축획분이 보리가루보다 간의 지질대사에 미치는 효과가 클 것으로 예상되었다.

이들 간에서 추출한 지방함량은 control군이 108 mg/g, fiber-free군이 97.3 mg/g이었으며 콜레스테롤을 투여하지 않은 normal군의 39.3 mg/g과는 큰 차이가 났다(Table 3). β-Glucan 농축획분으로 식이섬유량을 공급한 군들과 탄수화물 급원으로 전분대신 보리가루를 공급한 군들에서 간의 지방 함량은 control군이나 fiber-free군에 비해 매우 낮은 함량으로 나타났으며, N flour군을 제외하고는 모두 control군과 유의차가 있었다.

간의 콜레스테롤과 중성지방

간의 총 콜레스테롤과 총 중성지방 함량을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 간의 단위무게당 콜레스테롤 농도는 fiber-free군이 11.5 mg/g, control군이 14.5 mg/g였으며 N glucan(5%)군이 6.6 mg/g, W glucan(5%)군이 7.9 mg/g으로 보리 β-glucan 농축획분 첨가군에서는 간 콜레스테롤 농도가 control

Table 3. Liver cholesterol and triglyceride concentrations in rats fed a fiber-free diet or diets containing cellulose and fiber from barley with 0.5% cholesterol¹⁾

	Total lipid (mg/g liver)	Cholesterol (mg/g liver)	Triglyceride (mg/g liver)
Normal (Cholesterol-free)	39.3 ± 8.5 ^d	1.9 ± 0.8 ^a	8.6 ± 4.2 ^a
Control	108.0 ± 18.3 ^a	14.5 ± 3.8 ^d	46.1 ± 12.4 ^d
Fiber-free	97.3 ± 19.5 ^{ab}	11.5 ± 5.9 ^{cd}	36.1 ± 12.5 ^{cd}
²⁾ N glucan (5%)	76.1 ± 7.9 ^c	6.6 ± 1.7 ^b	27.6 ± 7.4 ^{bc}
³⁾ W glucan (5%)	84.5 ± 13.3 ^{bc}	7.9 ± 2.2 ^{bc}	29.2 ± 8.3 ^{bc}
W glucan (10%)	73.0 ± 16.3 ^c	5.1 ± 1.3 ^{ab}	20.1 ± 6.8 ^b
N flour	91.6 ± 9.2 ^{abc}	8.2 ± 2.2 ^{bc}	31.3 ± 7.3 ^{bc}
W flour	82.8 ± 17.6 ^{bc}	6.5 ± 1.5 ^b	24.3 ± 6.7 ^b

¹⁾Values are mean ± SD (n=8). Mean values within a column that followed by same letter are not significant different (P<0.05) by Duncan's multiple range test.

²⁾N: hull-less nonwaxy barley.

³⁾W: hull-less waxy barley.

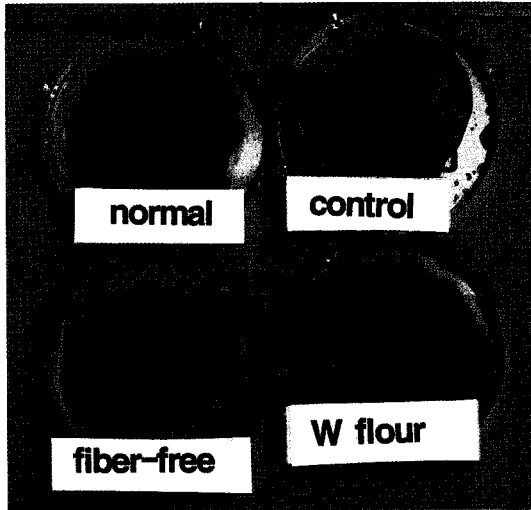


Fig. 1. Effect of barley intake on liver morphology in rats. Normal: free of cholesterol and 5% cellulose, Control: 0.5% cholesterol and 5% cellulose, Fiber-free: 0.5% cholesterol and free of dietary fiber, W flour: 0.5% cholesterol and 5% dietary fiber from hull-less waxy barley.

군의 절반이하 수준으로 현저하게 감소하였다.식이섬유 함량이 10%가 되도록 β-glucan 농축획분의 양을 증가시킨 W glucan(10%)군의 간 콜레스테롤 함량은 5.1 mg/g로 간의 콜레스테롤 농도 저하효과가 W glucan(5%)군보다 더욱 현저하였으며 간의 정상에서 나타난 결과와 일치하였다. 반면 불용성 식이섬유인 cellulose를 첨가한 control군은 fiber-free군의 콜레스테롤 농도보다 오히려 약간 높은 양상을 나타내었다. 이러한 결과는 Yang 등⁽¹⁹⁾, Anderson 등⁽²⁰⁾ 여러 연구자들도 보고한 바 있으며 불용성 식이섬유인 cellulose의 첨가는 혈

장과 조직중의 중성지방과 콜레스테롤 농도에 영향을 미치지 않거나 오히려 증가시킨다고 하였고⁽¹⁵⁾ 본 연구 결과와 유사한 경향이였다.

간의 중성지방 함량을 분석한 결과에서도 식이섬유 함량이 동일한 각 군중에서 보리 β-glucan 농축획분을 식이섬유원으로 섭취한 군에서는 중성지방 함량이 control군보다 유의적으로 낮았으며, 식이섬유 함량이 10%인 W glucan(10%)군에서는 중성지방의 감소량이 더 컸다. 간의 중성지방 함량은 fiber-free군이 36.1 mg/g, control군이 46.1 mg/g이었고 N glucan(5%)군이 27.6 mg/g, W glucan(5%)군이 29.2 mg/g W glucan(10%)군이 20.1 mg/g이었다. 메보리와 찰쌀보리 β-glucan 농축획분을 첨가함으로써 간의 중성지방 함량은 크게 감소되었고 control군과 유의적인 차이가 나타났다.

한편 탄수화물 급원인 전분을 메보리와 찰쌀보리 가루로 대체시키고(식이구성비 49.5%) 5%의 cellulose와 0.5%의 콜레스테롤을 공급하였을 때 간의 콜레스테롤과 중성지방 함량에 미치는 영향은 Table 3과 같았다. N flour군과 W flour군의 간 지질 함량이 유의적으로 낮았으며 메보리보다 찰쌀보리의 효과가 컸다. 이는 석 등⁽¹³⁾이 보고한 바와 같이 식이섬유 함량은 찰쌀보리가 10.22%, 메보리가 10.00%로 차이가 적었으나 β-glucan 함량은 찰쌀보리가 5.02%, 메보리가 3.61%로서 찰쌀보리의 β-glucan 함량이 메보리보다 높고 수용성 β-glucan의 비율도 찰쌀보리가 높기 때문인 것으로 사료된다.

Fig. 3은 control군을 기준으로 보리 및 β-glucan 첨가군들의 간 콜레스테롤과 중성지방 함량을 표시한 것이다. 5%와 10%의 식이섬유를 보리 및 보리 β-glucan 농축획분으로부터 공급했을 때는 5% cellulose를 공급한 control군에 비하여 간의 콜레스테롤과 중성지방 함량이 매우 낮은 것으로 나타났다. 이는 분변으로 배설되는 스테롤의 양이 많은 사람에게서

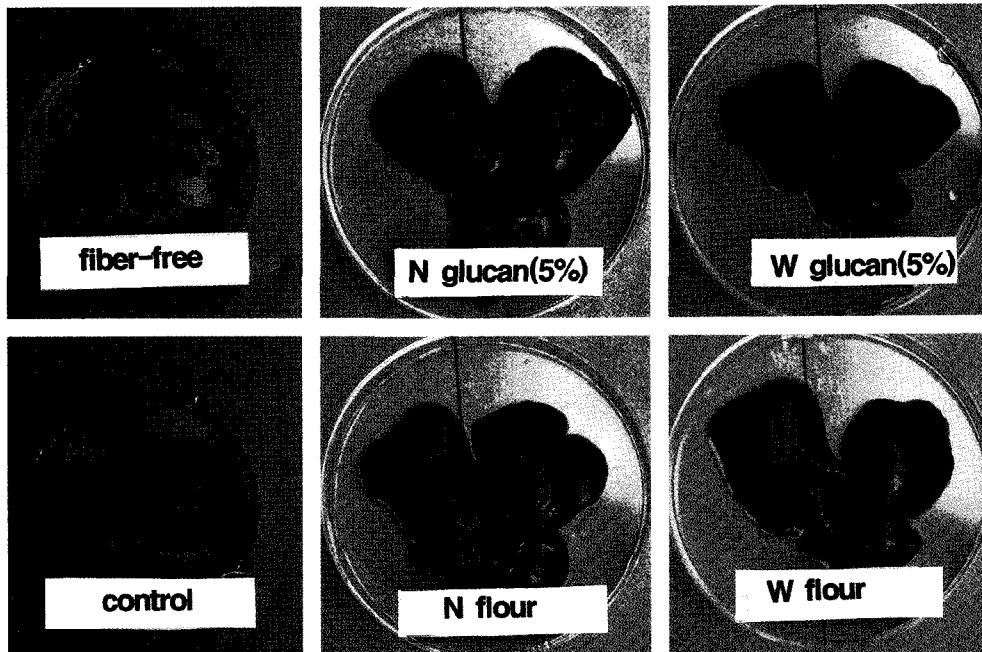


Fig. 2. Effect of β-glucan enriched fraction(top) and barley flour (bottom) on liver morphology in rats. All diets were contained 5% cellulose or fiber from barley with 0.5% cholesterol except the fiber-free diet which has no cellulose or fiber.

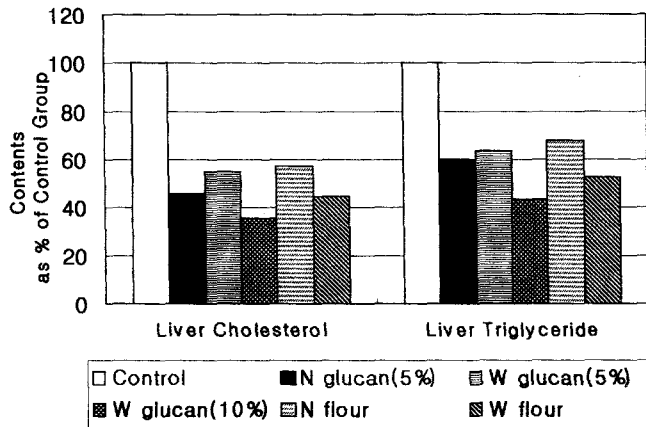


Fig. 3. Effect of barley and β -glucan-enriched fraction on cholesterol and triglyceride concentrations of liver.
The level of cholesterol or triglyceride was expressed as percent of control group.

간 콜레스테롤 합성이 증진되는 현상^(14,15)과 콜레스테롤과 중성지방의 배설이 커지면 감소된 콜레스테롤을 보충하기 위한 간에서 생합성이 증가될 수 있다는 현상이 나타나지 않았다는 것이며, 따라서 보리의 β -glucan은 높은 점성으로 인하여 지질 배설능이 뛰어나고 간에서의 생합성 억제효과 등 cellulose에 없는 여러 복합적인 기작이 작용하여 효과적으로 콜레스테롤 저하효과를 나타낸다고 볼 수 있다.

본 실험은 콜레스테롤 저하효과가 있는 식품소재로서의 보리의 기능성 규명을 위해 정제된 식이섬유의 형태가 아니라 식품의 형태로 섭취했을 때 체내 콜레스테롤 농도에 미치는 영향을 조사한 것이다. 정제된 보리 β -glucan을 급여한 것이 아니라 β -glucan 함량을 높인 농축획분을 사용하고 총 식이섬유 함량과 에너지 수준을 동일하게 조정된 식이와 콜레스테롤을 실험동물에 공급하여 조사한 결과로서, 보리에 함유된 β -glucan 이외의 성분에 의한 효과를 배제할 수는 없다. Qureshi 등⁽²¹⁾은 여러 곡류 중 보리가 콜레스테롤 저하에 가장 효과적이었으며 콜레스테롤의 배설 효과가 우수한 식이섬유인 β -glucan 외에 HMG-CoA reductase의 활성을 억제하는 다른 성분이 존재하며 이 물질은 tocotrienol이라고 보고하였다. 향후 보리 유용성분들의 콜레스테롤 저하효과에 대한 계속적인 연구가 진행되어야 할 것이다.

요 약

총 식이섬유 함량과 에너지 수준을 동일하게 조정된 보리 첨가식이 및 β -glucan 함량을 높인 농축획분 첨가식이 간에서의 지질대사에 미치는 영향을 시험하였다. 체중을 고려한 간 무게 결과는 콜레스테롤 투여로 증가되는 것으로 나타났다. 보리 및 β -glucan 투여에 의한 차이는 없었다. Control 군과 fiber-free군의 간에서는 normal(cholesterol-free)군의 간과는 달리 콜레스테롤 첨가로 인하여 심한 지질 침착이 관찰되었다. 반면 보리첨가군의 경우 동량의 콜레스테롤을 섭취하였으나 지질 침착이 거의 없거나 미약하여 normal 간과 유사한 형태였다. 간의 단위무게당 콜레스테롤과 중성지방 농도는 보리 β -glucan 농축획분을 첨가한 N glucan(5%)와 W

glucan(5%)군에서 각각 대조군의 50%와 60%이하 수준으로 현저하게 감소하였다. 식이섬유 함량이 10%가 되도록 찰보리 농축획분의 양을 증가시킨 W glucan(10%)군의 간 콜레스테롤 저하효과는 더욱 현저하였다. 따라서 0.5%의 콜레스테롤을 첨가하고 5%와 10%의 식이섬유를 보리로부터 공급했을 때 변으로 배설된 콜레스테롤과 중성지방을 보충하기 위한 간에서의 생합성 증가는 일어나지 않고 오히려 간의 콜레스테롤과 중성지방 함량이 현저히 낮아지고 간에 지질 침착이 일어나지 않는 것으로 나타났다.

문 헌

- Newman, R.K., Lewis, S.E., Newman, C.W., Boik, R.J. and Pamage, R.T. Hypocholesterolemic effect of barley foods on healthy men. *Nutr. Rep. Int.* 39:749-760 (1989)
- Newman, R.K., Newman, C.W. and Graham, H. The hypocholesterolemic function of barley β -glucans. *Cereal Foods World* 34:883-886 (1989)
- Seog, H.M., Kim, J.S., Hong, H.D., Kim, S.S. and Kim, K.T. Effect of parboiling on the physicochemical properties of immature barley kernels. *J. Korean Agric. Chem. Soc.* 36:456-462 (1993)
- Fedel, J.G., Newman, R.K., Newman, C.W. and Barnes, A.E. Hypocholesterolemic effects of β -glucans in different barley diets fed to broiler chicks. *Nutr. Rep. Int.* 35:1049-1058 (1987)
- Klopfenstein, C.F. The role of cereal beta-glucans in nutrition and human health. *Cereal Foods World* 33:865-869 (1988)
- Marlett, J.A. Dietary fiber content and effect of processing on two barley varieties. *Cereal Foods World* 36:576-578 (1991)
- Vahouny, G.V., Roy, T., Gallo, L.L., Story, J.A., Kritchevsky, D. and Cassidy, M.M. Dietary fiber III. Effect of chronic intake on cholesterol absorption and metabolism in the rat. *Am. J. Clin. Nutr.* 33:2182-2188 (1980)
- Ikegami, S., Tsuchihashi, F., Harada, H., Tsuchihashi, N., Nishide, E. and Innami, S. Effect of viscous indigestible polysaccharides on pancreatic-biliary secretion and digestive organs in rats. *J. Nutr.* 120:353-360 (1990)
- Kang, H.J. and Song, Y.S. Dietary fiber and cholesterol metabolism. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 26:358-369 (1997)
- Anderson, J.W. and Bridges, S.R. Plant fiber metabolites after hepatic glucose and lipid metabolism. *Diabetes* 30(suppl):133-139 (1981)
- Jackson, K.A., Suter, D.A.I. and Topping, D.L. Oat bran, barley and malted barley lower plasma cholesterol relative to wheat bran but differ in their effects on liver cholesterol in rats fed diets with and without cholesterol. *J. Nutr.* 124:1678-1684 (1994)
- Cara, L., Dubois, C., Borel, P., Armand, M., Senft, M., Portugal, H., Pauli, A.M., Bernard, P.M. and Lairon, D. Effect of oat bran, rice bran, wheat flour, and wheat germ on postprandial lipemia in healthy adults. *Am. J. Clin. Nutr.* 55:81-88 (1992)
- Seog, H.M., Kim, S.R., Choi, H.D. and Kim, H.M. Effects of barley and β -glucan-enriched barley fraction on the lipid and cholesterol contents of plasma and feces. *Korean J. Food Sci. Technol.* Submitted (2002)
- Miettinen, T.A. Dietary fiber and lipids. *Am. J. Clin. Nutr.* 45:1237-1242 (1987)
- 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.* 121:431-437 (1991)
- Lee, Y.T., Seog, H.M. and Cho, M.K. β -Glucan enrichment from pearled barley and milled barley fractions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29:888-894 (1997)
- A.O.A.C. Official Methods of Analysis, 15th ed., Association of Official Chemists, Washington, DC, USA (1990)
- Folch, J., Less, M. and Stanley, G.H. A simple method for the

- isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem. 226:497-569 (1957)
19. Yang, J.L., Suh, M.J. and Song, Y.S. Effects of dietary fibers on cholesterol metabolism in cholesterol-fed rats. J. Korean Soc. Food Nutr. 25: 392-398 (1996)
20. Anderson, J.W., Jones, A.E. and Riddle-Mason, S. Ten different dietary fibers have significantly different effects on serum and liver lipids of cholesterol-fed rats. J. Nutr. 124:78-83 (1994)
21. Qureishi, A.A., Burger, W.C., Pederson, M.D. and Elson, C.E. The structure of an inhibitor of cholesterol biosynthesis isolated from barley. J. Biol. Chem. 261:10544-10550 (1986)
-

(2001년 2월 2일 접수)