

## 보리 $\beta$ -glucan 농축획분 섭취가 흰쥐 혈장과 변의 지질 및 콜레스테롤 함량에 미치는 영향

석호문\* · 김성란 · 최희돈 · 김흥만  
한국식품개발연구원 식품가공연구본부

### Effects of $\beta$ -Glucan-enriched Barley Fraction on the Lipid and Cholesterol Contents of Plasma and Feces in Rat

Ho-Moon Seog\*, Sung-Ran Kim, Hee-Don Choi and Heung-Man Kim  
Korea Food Research Institute

Cholesterol-lowering effects of  $\beta$ -glucan-enriched barley fraction were investigated in rats fed 0.5% cholesterol and barley as a fiber source. Male rats of Sprague-Dawley strain were divided into six groups and fed different diets for 5 weeks: normal (cholesterol-free), control (cellulose 5%), fiber-free, and three groups containing  $\beta$ -glucan-enriched barley fractions. Although plasma cholesterol and triglyceride levels were not significantly different among different diet groups,  $\beta$ -glucan-enriched barley fraction-fed groups had higher HDL-cholesterol concentrations than the cellulose control group after 5 weeks of experiment. The fecal excretion of cholesterol and triglyceride was significantly increased by barley diets. Fecal concentrations of cholesterol and triglyceride in cellulose control group were 38.2 and 2.6 g/day, respectively, whereas those of barley-fed groups were 52.4-59.2 and 6.8-9.5 g/day, respectively, during the experimental period.

**Key words:** barley,  $\beta$ -glucan-enriched fraction, plasma cholesterol, fecal cholesterol

### 서 론

건강유지와 질병예방에 있어서 식이섬유의 중요성이 크다는 많은 역학적 및 실험적 연구들이 보고되었다<sup>(1,2)</sup>. 그러나 곡류 중에서도 식이섬유의 함량이 낮은 정백미의 섭취는 증가된 반면 식이섬유 함량이 높은 보리의 소비량은 1970년대 중반 이후로 크게 감소하였다. 실제 한국인의 평균 식이섬유 섭취량은 17.31 g/day로서 70년대 이래 약 30%가 감소하였고 잠정적 권장량인 20~30 g/day에도 미치지 못하는 실정이다. 이는 식이섬유의 3대 급원인 곡류, 채소류, 두류 중 곡류로부터의 식이섬유 섭취비율이 두드러지게 감소한 것에 기인한다는 연구결과가 있다<sup>(3,4)</sup>.

보리의 주요 식이섬유 성분인  $\beta$ -glucan은 특히 수용성 식이섬유의 비율이 높고, 도정한 보리쌀에서도 거의 소실되지 않고 그대로 남아 있는 장점이 있다<sup>(5)</sup>. 따라서 수용성 식이섬유가 풍부한 보리의 섭취는 체내 콜레스테롤을 저하시키

는 효과가 더욱 현저할 것으로 판단된다.  $\beta$ -glucan은 병아리<sup>(6)</sup>, 쥐<sup>(7,8)</sup>, 사람<sup>(9-12)</sup>에서 콜레스테롤 저하효과가 보고되고 있다. 점질성이 있는 수용성 식이섬유인  $\beta$ -glucan은 소장내에서 전분, 단백질, 지질 등과 같이 쉽게 흡수되는 영양성분을 둘러싸 이들의 흡수에 물리적 장벽으로 작용하며, 담즙산과 지질의 흡수를 방지할 뿐만 아니라 세균에 의하여 발효되어 단쇄지방산을 생성함으로써 담즙산의 간장내 경로를 바꾸고 콜레스테롤의 합성을 억제한다고 제안되었다. 국내에서 보리와 관련된 동물실험 결과들은 탄수화물 급원으로 쌀과 보리 등 곡류 급원을 달리하였을 때 간과 혈중 지질농도에 미치는 영향이 보고된 바 있다<sup>(13-14)</sup>.

한편 Fedel 등<sup>(6)</sup>과 Bengtsson 등<sup>(15)</sup>에 의하면 동일한  $\beta$ -glucan 함량이라도 Franubet 품종은 콜레스테롤 저하효과가 없었으나 찰성의 Washonupana는 총 콜레스테롤과 LDL 콜레스테롤 함량을 낮추었다고 하였다. 이 효과는  $\beta$ -glucanase를 식이에 첨가했을 때 소실되었다고 보고하고 보리의 콜레스테롤 저하효과는  $\beta$ -glucan의 점도, 수용성 비율, 분자량 등에 따라 다르다고 보고하였다. 본 연구에서는 국내에서 유통 중이며  $\beta$ -glucan의 특성이 차이가 있다고 보고된<sup>(16)</sup> 찰보리와 메보리의 콜레스테롤 저하효과를 비교하고,  $\beta$ -glucan을 정제된 식이섬유의 형태가 아니라 식품의 형태로 섭취했을 때 체내 콜레스테롤 농도에 미치는 영향을 조사하고자 하였다. 따

\*Corresponding author: Ho-Moon Seog, Korea Food Research Institute, San 46-1 Baekhyun-dong, Bundang-gu, Songnam-si, Kyonggi-do 463-420, Korea  
Tel: 82-31-780-9248  
Fax: 82-31-780-9234  
E-mail: hmoon@kfri.re.kr

라서 총 식이섬유 함량과 에너지 수준을 동일하게 조정하고 정제된 보리 β-glucan을 급여한 것이 아니라 제분분획법<sup>(17)</sup>에 의해 보리 β-glucan 함량을 높은 농축획분을 0.5% 콜레스테롤과 함께 실험동물에 공급하였으며 총 콜레스테롤 농도, HDL-콜레스테롤 함량을 정량하였고 섭취된 콜레스테롤의 분변으로의 배설정도를 분석하였다.

**재료 및 방법**

**재료**

보리는 쌀보리로서 충남 논산 소재의 부적농협에서 구입한 97년산 찰보리(hull-less waxy barley, 품종명: 찰찰보리)와 (주)정원할맥에서 구입한 97년산 메보리(hull-less nonwaxy barley, 품종명: 송학)를 사용하였다. 보리가루의 제조를 위하여 0.5 mm의 체를 끼운 Cyclotech sample mill(Tecator 1093, Sweden) 및 Pin mill(경장기계)을 사용하여 원료 보리를 분쇄하였으며, 이를 4°C에서 보관하면서 실험에 사용하였다.

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

**보리 β-glucan 농축획분의 제조**

β-glucan이 강화된 β-glucan 농축획분을 제조하기 위하여 분쇄한 찰보리와 메보리로부터 각각 이 등의 방법<sup>(17)</sup>에 의한 분획방법을 사용하여 β-glucan 농축획분을 제조하였다. Standard sieves(diameter 20 cm, 60~325 mesh)를 크기별로 배열한 후 Ro-Tap sieve shaker (W.S. Tyler Co., USA)에 장착하고 1시간씩 반복 체질하여 보리가루를 분획하였으며 325 mesh(45 μm)를 기준으로 전분이 농축된 획분(통과획분)과 β-glucan이 농축된 획분(잔사)을 구분하였다.

**보리 및 β-glucan 농축획분의 성분 분석**

수분 함량은 AACC 방법<sup>(18)</sup>에 따라 Air-oven법(AACC 44-15A)으로 분석하였으며, 단백질 함량은 Kjeldahl법(AACC 46-11)<sup>(18)</sup>으로 분석하였다. 총 식이섬유 함량은 Prosky 등<sup>(19)</sup>의 방법에 따라 dietary fiber assay kit(Sigma)를 사용하여 측정하였다. 수용성 β-glucan 함량은 Åman과 Graham의 방법<sup>(20)</sup>에 따라 추출하였으며 총 β-glucan 함량 및 불용성 β-glucan 함량은 McCleary와 Glennie-Holmes의 효소적 방법<sup>(21)</sup>에 의하여 Megazyme β-glucan assay kit(Megazyme Pty. Ltd., Australia)를 사용하여 측정하였다.

**실험동물의 사육 및 식이**

5주령의 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐 68마리를 처음 1주일간은 고형사료로 예비 사육하고 적응시켰다. 적응기간 후 체중 200 ± 20 g의 쥐를 난괴법에 따라 normal군, control군, fiber-free군, 식이섬유 5%의 메보리 β-glucan 농축획분군(이하 N glucan(5%)군으로 표기)과 찰보리 β-glucan 농축획분군(이하 W glucan(5%)로 표기), 식이섬유 10%의 찰보리 β-glucan 농축획분군(이하 W glucan(10%)군으로 표기)의 6그룹으로 나누어 각군 8마리씩 자유급식법으로 5주간 사육하였다.

각 실험군의 식이조성은 Table 1과 같다. Normal군을 제외한 모든 식이의 콜레스테롤은 0.5% 농도로 첨가하였고 control군은 cellulose 5%를 첨가하였다. N glucan(5%), W glucan(5%) 및 W glucan(10%)군에 첨가한 β-glucan 농축획분은 스틱으로 가열하고 40°C에서 24시간 건조시킨 분말을 이용하였으며 식이섬유 수준이 5%와 10%가 되도록 보리 β-glucan 농축획분 첨가량을 조절하였다. 각 군의 식이섭취량은 주 2회 일정한 시간에 측정하였으며 체중은 주 1회 측정하였다.

**혈액과 분변 시료의 채취**

5주간 실험식으로 사육한 흰쥐를 해부하기 16시간 전에 식이공급을 중단하였고, ether 마취하에 복부의 대정맥으로부터 채혈한 후 헤파린을 처리한 원심분리관에 넣고 3000 rpm으로 15분간 원심분리하여 혈장(plasma)을 얻었다. 분변은 사

**Table 1. Composition of the experimental diet**

	Normal (Cholesterol-free)	Control	Fiber-free	Groups containing β-glucan fraction		
				N <sup>1)</sup> glucan (5%)	W <sup>2)</sup> glucan (5%)	W glucan (10%)
Cholesterol	-	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Cellulose (Fiber)	5	5	-	-	-	-
β-glucan fraction	-	-	-	34.0	30.1	60.2
Barley flour	-	-	-	-	-	-
Corn starch	50	49.5	54.5	23.7	27.7	0.9
Casein	20	20	20	16.8	16.7	13.4
Sucrose	15	15	15	15	15	15
Corn oil	5	5	5	5	5	5
DL-Methionine	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
Vitamin mix	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
Sum(%)	100	100	100	100	100	100

<sup>1)</sup>N: hull-less nonwaxy barley.

<sup>2)</sup>W: hull-less waxy barley.

육 마지막 3일 동안 수집하였으며 무게를 측정하고 동결건조하여 분석에 사용하였다.

**지질 및 콜레스테롤 함량 분석**

혈장의 총 cholesterol(TC)은 cholesterol esterase를 이용한 분석 kit(Eiken, Japan)로 500 nm에서 비색 정량하였고, 중성 지방(triglyceride, TG)은 lipoprotein lipase를 이용한 분석 kit(Eiken, Japan)로 505 nm에서 비색 정량하였다. 혈장의 HDL-cholesterol은 phosphotungstic-MgCl<sub>2</sub>법<sup>(22)</sup>을 개량한 분석 kit(Eiken, Japan)로 555 nm에서 비색정량하였다.

변의 지질은 Folch 등의 방법<sup>(23)</sup>에 따라 추출하였다. 즉 냉 동건조시킨 변 0.3 g을 각각 10배량의 용매(chloroform : methanol = 2 : 1)를 가하여 지질을 반복추출하고 chloroform층만을 분리해 낸 뒤 용매를 휘발시켜 지질을 얻었다. 추출된 지질을 ethanol로 5 mL로 정용하고 혈장 중의 분석과 동일한 방법으로 콜레스테롤, 중성지방의 함량을 측정하였다.

**통계처리**

실험결과는 실험군당 평균치와 표준오차를 계산하였으며 일차원 분산분석을 수행한 후  $\alpha=0.05$  수준에서 Duncan의 다중비교법으로 유의성을 검정하였다.

**결과 및 고찰**

**보리의 식이섬유 함량 및  $\beta$ -glucan 특성**

본 실험에 사용한 보리의 식이섬유 함량은 Table 2와 같이 찰보리가 10.22%, 메보리가 10.00%로 쌀의 3.94%<sup>(24)</sup>보다 매우 높았다. 이중 보리의 주요 식이섬유 성분인  $\beta$ -glucan은 찰보리가 5.02%이고 메보리가 3.61%였다.  $\beta$ -glucan은 구조적 특성으로 인하여 수용성 부분과 불용성 부분이 존재하며 총 함량의 38~69%가 수용성이라고 보고되었다<sup>(25)</sup>. 본 실험에 사용한 보리의 경우, 찰보리  $\beta$ -glucan의 69.6%가 수용성이었으며 메보리는 62.8%가 수용성 형태로 존재하였다. 수용성 식이섬유는 보수력이 커서 위에서 포만감 형성, 장내에서 점도 증가, 당뇨병자의 포도당 내성 증진효과가 있고 장내에서 콜레스테롤 및 담즙산을 흡착한 후 대변으로 배설시킴으로써 혈중 콜레스테롤 농도 저하효과가 있다고 보고되었다. Cellulose, lignin 등의 불용성 식이섬유는 대장내 미생물의 작용을 적게 받아 비발효 잔사가 그대로 남게 되어 대변의 부피와 무게를 증가시키는데(bulking effect) 효과적이라고 보고되었다<sup>(2)</sup>. 따라서 수용성 식이섬유가 풍부한 보리의 섭취는 체내 콜레스테롤을 저하시키는 효과가 더욱 현저할 것으로 판단된다.

**Table 2. Contents(%) of dietary fiber and  $\beta$ -glucan in whole flours and  $\beta$ -glucan enriched fractions of barley**

Type of fiber	Barley flour		$\beta$ -glucan fraction	
	Waxy	Nonwaxy	Waxy	Nonwaxy
Total dietary fiber	10.22	10.00	16.60	14.70
Total $\beta$ -glucan	5.02	3.61	8.18	6.42
Insoluble $\beta$ -glucan	1.53	1.34	2.69	2.24
Soluble $\beta$ -glucan	3.50	2.27	5.49	4.17

보리의  $\beta$ -glucan을 식품소재로 이용하기 위한  $\beta$ -glucan 농축획분의 제조는 추출 및 침전방법, 기류 분급 혹은 체질분획과 같은 건조제분(dry milling)이 사용될 수 있으나 식품용으로는 후자가 더 유리한 것으로 보고되었다<sup>(16)</sup>.

$\beta$ -glucan의 함량을 증가시킨 획분의 경우, 식이섬유 함량은 찰보리와 메보리 획분이 각각 16.60%, 14.70%로 원료 보리가루보다 높았고 총  $\beta$ -glucan 함량도 Table 2와 같이 크게 증가하였다. 원 보리가루에서와 같이 찰보리 농축획분의  $\beta$ -glucan 함량이 메보리 농축획분 보다 높았으며 수용성 부분도 많았다. 또한 총 식이섬유 중  $\beta$ -glucan이 차지하는 비율도 찰보리가 높았다.

**보리  $\beta$ -glucan 농축획분 급여에 따른 식이섭취, 체중증가 양상**

제조한 사료의 성분분석을 한 결과 W glucan(10%)군을 제외하고는 단백질 20.18 ± 0.94%, 지방 5.17 ± 0.30%로 조성이 균일하였으며 총 열량도 유사하였다. W glucan(10%)군은 식이섬유 수준을 2배로 올렸기 때문에 단백질 17.32%, 지방 4.88%로 다른 군에 비하여 단백질 함량과 총 열량이 약간 낮았다.

실험동물의 하루 평균 식이섭취량, 체중증가량과 이로부터 계산한 식이효율은 Table 3과 같다. 식이섭취량은 보리  $\beta$ -glucan 농축획분 첨가로 인하여 약간 감소하였으며 식이섭취를 10%로 공급한 W glucan(10%)군의 섭취량이 가장 낮았다. 실험 전기간 동안의 체중 증가량은 control군이 가장 높았고 fiber-free군, 보리  $\beta$ -glucan 농축획분 급여군의 순이었다. 콜레스테롤을 투여하지 않은 normal군에 비해 control군과 fiber-free군의 체중 증가가 큰 반면 보리 보리  $\beta$ -glucan 농축획분 급여군은 normal군과 비슷한 체중증가량을 나타냈다. 체중증가량을 식이섭취량으로 나눈 식이효율면에서는 모든 군에서 유사하였으며 유의차가 없었다.

**혈장의 콜레스테롤 및 중성지방 함량**

혈장내의 콜레스테롤, 중성지방, HDL-콜레스테롤 함량을 측정한 결과는 Table 4와 같다. 혈장의 총 콜레스테롤 함량은 fiber-free군이 65.0 mg/dL로 가장 높았으며, control군이

**Table 3. Body weight gains, food intakes and food efficiency ratios of rats fed experimental diets for 5 weeks<sup>1)</sup>**

	Weight gain (g/day)	Feed intake (g/day)	Feeding efficiency ratio
Normal (Cholesterol-free)	5.8±0.6 <sup>ab</sup>	38.4±3.2 <sup>bcd</sup>	6.6±0.4 <sup>ns</sup>
Control	6.7±0.9 <sup>c</sup>	42.5±3.5 <sup>e</sup>	6.4±0.5
Fiber-free	6.4±0.6 <sup>bc</sup>	40.1±3.7 <sup>de</sup>	6.3±0.6
<sup>2)</sup> N glucan(5%)	6.1±0.7 <sup>abc</sup>	37.3±3.6 <sup>abc</sup>	6.1±0.7
<sup>3)</sup> W glucan(5%)	5.9±0.7 <sup>ab</sup>	36.1±1.2 <sup>ab</sup>	6.2±0.8
W glucan(10%)	5.5±0.8 <sup>a</sup>	35.4±0.6 <sup>a</sup>	6.5±0.9

<sup>1)</sup>Values are mean±SD (n=8). Mean values within a column that followed by same letter are not significantly different (P<0.05) by Duncan's multiple range test. NS represents not significantly different (P<0.05) among groups.

<sup>2)</sup>N: hull-less nonwaxy barley.

<sup>3)</sup>W: hull-less waxy barley.

**Table 4. Plasma cholesterol, triglyceride, and HDL-cholesterol concentrations in rats fed fiber-free diet or diets containing cellulose and fiber from barley with 0.5% cholesterol<sup>1)</sup>**

	Total cholesterol (mg/dL)	HDL-cholesterol (mg/dL)	Triglyceride (mg/dL)
Normal (Cholesterol-free)	62.2±14.8 <sup>ns</sup>	41.7±8.6 <sup>c</sup>	60.0±13.6 <sup>ns</sup>
Control	61.8±5.7	30.2±8.1 <sup>a</sup>	53.1±19.1
Fiber-free	65.0±10.4	33.5±4.3 <sup>ab</sup>	61.2±10.1
<sup>2)</sup> N glucan (5%)	57.9±10.6	39.6±6.1 <sup>bc</sup>	51.5±15.4
<sup>3)</sup> W glucan (5%)	56.4±8.2	33.8±6.3 <sup>ab</sup>	61.3±19.1
W glucan (10%)	57.7±12.5	34.4±8.4 <sup>abc</sup>	52.8±14.2

<sup>1)</sup>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. NS represents not significantly different (P<0.05) among groups.  
<sup>2)</sup>N: hull-less nonwaxy barley.  
<sup>3)</sup>W: hull-less waxy barley.

61.8 mg/dL였고 N glucan(5%)군이 57.9 mg/dL, W glucan (5%)군이 56.4 mg/dL로서 보리 β-glucan 농축획분을 식이섬유원으로 첨가한 군들의 혈장의 총 콜레스테롤 함량이 낮았다. 그러나 총 콜레스테롤 함량 면에서 실험군간 통계적인 유의차는 나타나지 않았다. 그러나 혈장의 HDL 콜레스테롤 함량은 control군이 30.2 mg/dL인 반면 N glucan(5%)군에서 39.6 mg/dL, W glucan(5%)에서 33.8 mg/dL로 나타나 보리 β-glucan 농축획분 섭취에 의해 증가되었으며 통계적인 유의성도 메보리인 N glucan(5%)군에서 관찰되었다. 총 콜레스테롤에 대한 HDL 콜레스테롤의 비율은 control군의 경우 0.48이었으나 N glucan(5%)군의 경우 0.68, W glucan(5%)의 경우 0.60으로 크게 증가하였다. HDL 콜레스테롤 함량 면에서는 메보리(송학품종)이 찰보리(찰쌀보리 품종)보다 효과적이었다.

한편, W glucan(10%)군과 W glucan(5%)군을 비교해보면 식이섬유 함량이 5%에서 10%로 증가됨에 따라 혈장의 중성지방 수치가 낮아지고 HDL 콜레스테롤 함량이 다소 증가되었으나 유의적인 차이는 아니었다. 혈장의 총 중성지방 함량은 control군, N glucan(5%)군, W glucan(10%)군이 낮게 나타났으며 실험군간 유의적인 차이는 없었다. 식이섬유의 콜레스테롤 저하효과는 0.1~1%의 콜레스테롤을 첨가하거나 cholic acid를 첨가하여 고콜레스테롤 혈증을 유발시킨 흰쥐를 대상으로 많은 연구가 이루어져 왔다. Cellulose와 같은 불용성 섬유는 콜레스테롤 농도에 영향을 미치지 않거나 오히려 콜레스테롤 농도를 증가시키는 경향이었으며<sup>(26,27)</sup>, pectin<sup>(28)</sup>, guar gum<sup>(29)</sup>, sodium alginate<sup>(27)</sup> 같은 수용성 섬유의 콜레스테롤 저하효과는 식이섬유의 종류, 섭취량 및 실험동물의 종류 및 연령에 따라 차이가 있어 서로 다른 결과로 보고되었다. 일반적으로 수용성 식이섬유는 혈장 콜레스테롤 농도보다 간 콜레스테롤 농도에 큰 영향을 미치는 것으로 보고되었다<sup>(2,30)</sup>. Oda 등<sup>(31,32)</sup>과 장 등<sup>(13)</sup>도 탄수화물원으로 보리를 첨가하였을 때 혈중 콜레스테롤 함량에 미치는 영향은 유의차가 없었으며 간 지질 대사에 미치는 영향이 크다고 보고하였다. 본 결과에서는 5%의 식이섬유를 보리 β-glucan으로 섭취하였을 때 HDL 콜레스테롤 함량에 대해서는 증가 효과가 나타났으며, 혈장의 총 콜레스테롤 함량은 감소되기

**Table 5. Fecal excretion of cholesterol and triglyceride in rats fed fiber-free diet or diets containing cellulose and fiber from barley with 0.5% cholesterol<sup>1)</sup>**

	Feces weight (g/3 days)	Total cholesterol (mg/day)	Total triglyceride (mg/day)
Normal (Cholesterol-free)	6.2±1.5 <sup>a</sup>	5.4±1.1 <sup>a</sup>	3.8±2.4 <sup>ab</sup>
Control	6.6±1.8 <sup>ab</sup>	38.2±8.5 <sup>b</sup>	2.6±1.2 <sup>a</sup>
Fiber-free	3.4±1.0 <sup>a</sup>	46.5±7.7 <sup>b</sup>	3.7±0.2 <sup>ab</sup>
<sup>2)</sup> N glucan(5%)	8.6±0.6 <sup>ab</sup>	59.2±5.5 <sup>c</sup>	6.8±1.1 <sup>bc</sup>
<sup>3)</sup> W glucan(5%)	7.4±1.7 <sup>ab</sup>	55.0±8.8 <sup>c</sup>	9.5±2.9 <sup>c</sup>
W glucan(10%)	14.7±6.6 <sup>c</sup>	52.4±8.1 <sup>c</sup>	8.6±3.6 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>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.  
<sup>2)</sup>N: hull-less nonwaxy barley.  
<sup>3)</sup>W: hull-less waxy barley.

는 하였으나 효과가 현저하게 나타나지는 않았다. 보리 β-glucan 농축획분 첨가량을 증가시켜 식이섬유 함량을 10%까지 높인 W glucan(10%)군에서도 혈액의 지질 대사 개선 효과는 미약하였다. 따라서 보리 및 β-glucan 섭취는 분변으로의 콜레스테롤 배설 촉진, 간의 지질 대사 개선 등 다른 측면으로 발휘되는 콜레스테롤 저하 효과가 더 클 것으로 사료되었다.

**변의 무게 및 지질 배설량**

변의 무게는 Table 5에 나타난 바와 같이 fiber-free군이 가장 적었으며 식이섬유 함량과 상관이 커서 W glucan(10%)이 14.7 g으로 가장 높았고 N glucan(5%)군과 W glucan(5%)군이 각각 8.6 g, 7.4 g이었다. 보리 β-glucan 농축획분 첨가군의 변 배설량은 control군보다 1.5~2배 이상 많았다.

변으로 배설되는 콜레스테롤과 중성지방 함량을 측정 한 결과 Table 5와 같다. Control군은 변으로 38.2 g/day의 콜레스테롤과 2.6 g/day의 중성지방을 배설한 반면 N glucan(5%)군과 W glucan(5%)군은 변으로 각각 52.4, 59.2 g/day의 콜레스테롤과 6.8, 9.5 g/day의 중성지방을 배설하였다. 따라서 보리의 β-glucan은 변으로의 콜레스테롤과 중성지방 배설을 촉진하는 것으로 나타났으며 중성지방 배설관 관련된 효과는 송학 메보리보다 분자량이 크고 점성이 높은<sup>(16)</sup> 찰쌀보리의 β-glucan이 더 우수한 것으로 나타났다.

0.5%의 콜레스테롤을 첨가하여 인위적으로 고콜레스테롤 혈증을 유발시켰으므로 상당량의 콜레스테롤 및 중성지방이 fiber-free군의 분변에서도 배설되었으며, 본 결과에서는 fiber-free군과 control군 간에 콜레스테롤 및 중성지방 배설에 유의적인 차이가 없었다. 한편, 식이섬유 함량 5%와 10%군을 비교해 볼 때 식이섬유 함량을 일정수준 이상 증가시킬 경우 분변으로 배설되는 콜레스테롤과 중성지방의 양에는 서로 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 장에서 식이섬유가 콜레스테롤 및 중성지방과 결합하여 흡수를 저해하고 배설을 촉진하는 효과는 식이섬유의 특성과 관련이 있으며 식이섬유 함량에 비례하여 증가되지는 않는 것으로 판단된다.

이상의 결과 이외에도 보리의 콜레스테롤 저하효과에 대

하여  $\beta$ -glucan 섭취가 bile acid와 관련된 간의 지질 대사 개선 등에 미치는 효과, 콜레스테롤 저하효과가 우수한 다른 식이섬유 급원들과의  $\beta$ -glucan 효과 비교에 대한 연구가 필요할 것이며,  $\beta$ -glucan 뿐만 아니라 보리의 tocotrienol 등도 영향이 큰 것으로 보고되었으므로 향후  $\beta$ -glucan과 tocotrienol 동시 섭취에 의한 콜레스테롤 저하 효과 등에 관한 연구 등이 진행되어야 할 것이다.

## 요 약

메보리인 송학과 찰보리인 찰쌀보리를 대상으로  $\beta$ -glucan 함량을 높은 농축획분을 제조한 후 이를 실험식이에 첨가하여 흰쥐의 혈장과 분변 콜레스테롤 대사에 미치는 영향을 분석하였다. 보리  $\beta$ -glucan 농축획분을 식이섬유원으로 첨가한 N glucan(5%)군과 W glucan(5%)군의 혈장의 총 콜레스테롤 함량은 fiber-free군 및 control군보다 낮았다. 혈장의 HDL 콜레스테롤 함량은 control군이 30.2 mg/dL인 반면 N glucan(5%)군에서 39.6 mg/dL, W glucan(5%)에서 33.8 mg/dL로 나타나 보리  $\beta$ -glucan 농축획분 섭취에 의해 증가되었으며 통계적인 유의성이 메보리인 N glucan(5%)군에서 관찰되었다. 식이섬유 함량 10%까지 농축획분 첨가량을 증가시킨 W glucan(10%)군을 W glucan(5%)군을 비교해보면 식이섬유 함량이 증가됨에 따라 혈장의 중성지방 수치가 낮아지고 HDL 콜레스테롤 함량이 다소 증가되었으나 유의적인 차이는 아니었다. 변의 무게는 보리  $\beta$ -glucan 첨가 군들이 control군보다 1.5~2배 이상 많았다. Control군인 cellulose 첨가군은 변으로 38.2 g/day의 콜레스테롤과 2.6 g/day의 중성지방을 배설한 반면 N glucan(5%)군과 W glucan(5%)군은 변으로 각각 52.4, 59.2 g/day의 콜레스테롤과 6.8, 9.5 g/day의 중성지방을 배설하였다. 따라서 0.5%의 콜레스테롤을 첨가하고 5%의 식이섬유를 보리  $\beta$ -glucan 농축획분으로부터 공급했을 때 체내 지질 흡수가 일어나지 않도록 효율적으로 콜레스테롤과 중성지방이 배설되는 것으로 나타났다. 중성지방 배설과 관련된 효과는 송학 메보리보다 분자량이 크고 점성이 높은 찰쌀보리가 더 우수한 것으로 나타났다.

## 문 헌

- Klopfenstein, C.F. The role of cereal beta-glucans in nutrition and human health. *Cereal Food World* 33: 865-869 (1988)
- Kang, H.J. and Song, Y.S. Dietary fiber and cholesterol metabolism. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 26: 358-369 (1997)
- Lee, H.S., Lee, Y.K. and Seo, Y.J. Annual changes in the estimated dietary fiber intake of Korean during 1969~1990. *Korean J. Nutr.* 27: 59-70 (1994)
- Plich, S.M. Physiological effect and health consequences of dietary fiber. *Federation of American Societies for Experimental Biology* 223-84-2059: 149-157 (1987)
- 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  $\beta$ -glucans in different barley diets fed to broiler chicks. *Nutr. Rep. Int.* 35: 1049-1058 (1987)
- Shinnick, F.L., Ink, S.L. and Marlett, J.A. Dose response to a dietary oat bran fraction in cholesterol-fed rats. *J. Nutr.* 120: 561-568 (1990)
- Oda, T., Aoe, S., Imanishi, S., Kanazawa, Y., Sanada, H. and Ayano, Y. Effects of dietary oat, barley, and guar gums on serum and liver concentrations in diet-induced hypertriglyceridemic rats. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* 40: 213-217(1994)
- Newman, R.K., Newman, C.W., Fadel, J. and Graham, H. Nutritional implications of  $\beta$ -glucans in barley. *Proc. Vth Barley Genetics Symp.* V: 773-780 (1986)
- 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)
- Lupton, J.R., Robinson, M.C. and Morin, J.L. Cholesterol-lowering effect of barley flour and oil. *J. Am. Diet. Assoc.* 94: 65-70 (1994)
- Davidson, M.H., Dugan, L.D., Burns, J.H., Bova, J., Story, K. and Drennan, K.B. The hypocholesterolemic effects of  $\beta$ -glucan in oat meal and oat bran: A dose-controlled study. *J. Am. Med. Assoc.* 265: 1833-1839 (1991)
- Jung, K.A. and Chang, Y.K. Effect of cereals on lipid concentration of liver and serum in the rats. *Korean J. Nutr.* 28: 5-14 (1995)
- Kim, M.K. and Paek, J.E. Effect of dietary fiber in rice and barley on lipid and cadmium metabolism in the rat. *Korean J. Nutr.* 30: 252-265 (1997)
- Bengtsson, S., Åman, P. and Graham H. Chemical studies on mixed-linked  $\beta$ -glucans in hull-less barley cultivars giving different hypocholesterolemic responses in chickens. *J. Sci. Food Agric.* 52: 435-445 (1990)
- Choi, H.D., Park, Y.G., Jang, E.H., Seog, H.M. and Lee, C.H. Rheological properties of  $\beta$ -glucans isolated from non-waxy and waxy barley. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32: 590-597 (2000)
- Lee, Y.T., Seog, H.M. and Cho, M.K.  $\beta$ -Glucan enrichment from pearled barley and milled barley fractions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29: 888-894 (1997)
- American Association of Cereal Chemists. *Approved Methods of the AACC.* The Association, St. Paul, Minnesota, USA (1983)
- Prosky, L., Asp, N.G., Schweizer, T.F., Davis, J.W. and Furda, I. Determination of insoluble, soluble and total dietary fiber in foods and food products. *AOAC* 71: 1017 (1988)
- Åman, P. and Graham H. Analysis of total and insoluble mixed-linked (1 $\rightarrow$ 3), (1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -glucans in barley and oats. *J. Agric. Food Chem.* 35: 704-709 (1987)
- McCleary, B.V. and Glennie-Holmes, M. Enzymatic quantification of (1 $\rightarrow$ 3), (1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-glucan in barley and malt. *J. Institute Brewing* 91: 285-295 (1985)
- Burstein, M., Scholnick, H.R. and Morfin, R. Rapid method for the isolation of lipoproteins from human serum by precipitation with polyanions. *J. Lipid Res.* 11: 583-589 (1970)
- Folch, J., Less, M. and S. Stanley, G.H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226: 497-569 (1957)
- Kim, M.K. and Paek, J.E. Effect of dietary fibers in rice and barley on lipid and cadmium metabolism in the rat. *Korean J. Nutr.* 30: 252-265 (1997)
- Marlett, J.A. Dietary fiber content and effect of processing on two barley varieties. *Cereal Foods World* 36: 576-578 (1991)
- 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)
- 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)
- 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: 1283-1290 (1990)
- Park, S.H., Lee, Y.K. and Lee, H.S. The effect of dietary fiber

- feeding on gastrointestinal functions and lipid and glucose metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J. Nutr.* 27: 311-322 (1994)
30. Kahlon, T.S., Chow, F.I., Knuckles, B.E. and Chiu, M.M. Cholesterol-lowering effects in hamsters of  $\beta$ -glucan-enriched barley fraction, dehulled whole barley, rice bran, and oat bran and their combinations. *Cereal Chem.* 70: 435-440 (1993)
31. Oda, T., Aoe, S., Sanda, H. and Ayano, Y. Effects of oat, barley and wheat on liver and plasma cholesterol concentrations in cholesterol-fed rats. *J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.* 45: 560-563 (1992)
32. Oda, T., Aoe, S., Sanda, H. and Ayano, Y. Effects of oat and barley gums on lipid metabolism in rats. *J. Jpn. Soc. Nutri. and Food Sci.* 46: 147-153 (1992)

---

(2001년 2월 14일 접수; 2002년 7월 3일 채택)