J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.
31(5), 802~807(2002)

*Gluconoacetobacter hansenii*에 의해 생산된 섬유소 섭취가 흰쥐의 소화기관과 지질대사에 미치는 영향

조성희† · 이지연 · 최영선* · 최경호

대구가톨릭대학교 식품영양학과
*대구대학교 식품영양학과

Dietary Effects of Fiber Produced from *Gluconoacetobacter hansenii* on Digestive Tract and Lipid Metabolism in Rats

Sung-Hee Cho†, Ji-Yeon Lee, Young-sun Choi* and Kyung-Ho Choi

Dept. of Food Science and Nutrtion, Catholic University of Daegu, Gyeongsan 712-702, Korea
**Dept. of Food and Nutrtion, Daegu University, Gyeongsan 712-714, Korea*

Abstract

This study was conducted to see effects of dietary bacterial fiber produced by *Gluconoacetobacter hansenii* on gross structure, and disaccharidase activities of small intestine and body lipid status in rats. Bacterial fiber was prepared by drying and alkali treatment of floating membrane produced 15 days after the bacterial culture using coconut juice media. Male Sprague-Dawely rats of 320±10 g were grouped into three and fed 0.5% (w/w) cholesterol diets with three different dietary fibers, i.e. cellulose, and pectin and bacterial fiber, at the level of 2% (w/w). During four-week experimental period, food intakes and body weight gains were not different among three groups. Total lengths and jejunal fragment weights of small intestine did not differ among the three groups but cecal weight was higher in bacterial fiber groups than those of the other two groups. Colon content and fecal dry weight were lower in bacterial fiber group. Sucrase activity of the jejunal mucosa was lower in bacterial fiber group but maltase activity was not different from those of the other two groups. Plasma total cholesterol level was lower and that of HDL-cholesterol higher in pectin group than those of cellulose and bacterial fiber groups, the latter of which did not differ. Both in plasma and liver triglyceride levels were lower in bacterial fiber group than cellulose and pectin groups, and liver cholesterol level was lower in pectin group. Relative liver weights and plasma activities of GOT and GPT were not different among three groups. It is concluded that bacterial fiber used in the present study had hypotriglyceridemic effect that help improve lipid status in the body.

Key words: *Gluconoacetobacter hansenii*, bacterial fiber, intestine, lipid status

서 론

식물의 골격을 구성하는 물질인 cellulose, hemicellulose, lignin 등은 불용성 식이 섬유소로서 체내로 소화, 흡수되지 않지만 장운동을 촉진하여 통변을 용이하게 해주는 생리작용이 있어 중요 식사 요인으로 인정되고 있다. 이 중 cellulose는 식물체 뿐 아니라 세균에 의하여도 생산되는 것으로 알려져 있다. 이 세균성 cellulose는 식품 제조시 오염균에 의하여 형성되는 것으로 처음 발견되었으며 대표적인 균이 곤약균으로 불리우는 *Acetobacter xylinum*으로 세균성 cellulose 연구에 중심이 되고 있다(1,2). 이 세균성 cellulose는 균 배양 중에 피막(pellicle)의 형태로 생성되어 호기성 환경 및 자외선을 차단하고 균체가 건조되는 것을 방지하는 역할을 하는 것으로 보여진다. Cellulose를 생산하는 초산균으로는 *Acetobacter (A) xylinum* 외에도 *A. aceti, A. pasteruianus, A. liquefaciens* 및 *A. methanolicus* 등이 동정되었으며(3), 최근에 *Gluconoacetobacter hansenii*가 동정되었다(4). 뿐만 아니라 초산균 외에 *Agrobacterium*(5), *Rhizobium* (6) 및 *Sarcinae* 속(7) 등 다양한 종류의 세균에서도 cellulose의 생합성이 확인되었다.

식물성 cellulose 제품에 hemicellulose나 lignin 등이 혼합되어 있는데 비하여, 세균성 cellulose는 glucose의 β-1,4 결합 순도가 훨씬 높고 미세한 섬유 구조로서 인장강도가 매우 큰 것으로 알려졌다. 이 성질을 이용하여 공업용으로 고강도를 요구하는 음향진동판 등의 재료로 세균성 cellulose를 사용한 바 있으며 새로운 용도 개발이 활발히 진행되고 있다(8). 뿐만 아니라 세균성 cellulose는 겔 형성능과 보수성이 높아 적은

†Corresponding author. E-mail: shcho@cuth.cataegu.ac.kr
Phone: 82-53-850-3524. Fax: 82-53-850-3504

양의 첨가로 식감이나 보형성이 우수한 식품을 얻을 수 있는 것으로 나타났다. 이미 필리핀에서는 과즙이나 당밀에서 배양한 세균으로부터 생성된 cellulose가 함유된 겔을 그대로 식용하기도 하고, 그 중 코코넛을 이용하여 생산한 Nata de coco는 과실가공식품에 주요성분으로 보편적으로 활용되고 있다. 섬유소의 특성상 식품에 첨가될 때 제품의 안정화 뿐 아니라 저칼로리 효과와 식물성 cellulose와 같은 생리효과도 기대되지만 이에 대한 연구가 매우 적은 편이다. 세균성 섬유소를 식이섬유소로 이용하는 데 대한 보고로는 Stephens 등이 출원한 특허(9)가 있을 뿐이며 다른 영양 생리적 특성은 *Acetobacter pasteuriaius* IFO에서 생산한 다당류가 항암작용이 있다는 보고(10) 외에 거의 조사된 바가 없다.

본 연구에서는 전통적인 코코넛 쥬스 배지에서 배양한 tea fungus에서 분리 동정된 *Gluconoacetobacter hansenii*로부터 생성된 피막을 건조 분말한 것, 즉 세균성 섬유소(bacterial fiber)를 식이 섬유소원으로 흰쥐를 사육하여 장관의 변화, 혈장 및 간 조직의 지질 수준에 미치는 영향을 조사하고 혈장에서 GOT와 GPT 활성을 측정하여 식이 성분으로서의 안전성을 점검하고자 하였다. 그 효과를 식물성 섬유소인 cellulose와 pectin과 비교하기 위하여 다른 두 군의 흰쥐에게는 이 식물성 섬유소들이 함유된 식이를 조제하여 섭취시켰다.

재료 및 방법

재료

실험에 필요한 식이성분 casein, cholesterol, mineral mix. vitamin mix.는 Teklad Inc.(Madison,Wisconsin, USA)에서 구입하였고 cellulose와 pectin은 Simga사(St. Louis, MO., USA), 옥수수 전분은 삼양사, 설탕, 라아드, 대두유는 시중에서 구입하였다. 혈장 GOT와 GPT 분석 kit 시약은 Sigma사에서, 지질 분석 kit 시약은 아산제약에서 구입하였고, 유기용매는 Merck사(Darmstadt, Germany)에서, 일반시약은 특급을 사용하였다.

실험식이에 섬유소원으로 사용한 bacterial fiber는 *Gluconoacetobacter hansenii*를 코코넛 쥬스 배지(배지 1 L당 grated coconut 83.3 g, acetic acid 2.7 mL, sucrose 50 g, coconut juice 41.7 mL, pH 3.5)에서 배양하여 얻은 피막을 재료로 하였다. 상기의 배지에서 균을 14~15일 배양 세척한 후, 피막에 존재하는 지질 및 단백질을 제거하기 위하여 1 N NaOH를 가하여 1시간 가열하고 다시 1 N HCl로서 중화한 후 증류수로 세척하였다. 이렇게 처리한 피막은 60~105°C에서 건조하여 최종 수분함량이 5%이하였으며 60 mesh의 분말로 분쇄하여 식이에 사용하였다.

동물의 사육

대한실험동물센터로부터 구입한 Sprague-Dawley 종 숫쥐를 일반 고형 배합 사료를 섭취시켜 환경에 적응시킨 후, 체중(315±14 g)이 유사한 9~10마리씩 3군의 실험군에 배당하였다. 사육실 온도는 24±1°C를 유지하였으며, 명암은 12시간 간격으로 점등 및 자동 소등하는 조건에서 사육하였다. 본 실험에서 사용한 식이는 AIN-76(11)을 기준에 따라 제조하였으며 콜레스테롤을 0.5%(g/g) 수준으로 첨가한 고콜레스테롤식이였다. 총 식이 종류는 Table 1에 나타난 바와 같이 섬유소의 종류 즉, cellulose, pectin, bacterial fiber에 따라 세 종류였으며 식이섬유소의 수준은 식이의 2%(w/w)로 제조하였다. 실험식이는 pectin 식이군에 대하여 나머지 2군을 pair-fed하여 4주간 지속되었고, 식이기간 내에 물은 자유로이 섭취하게 하였다. 식이기간 동안 식이 섭취량은 2일 간격으로, 체중은 3일 간격으로 일정하게 측정하였으며, 분변은 4주 식이를 마치고 희생시키기 전 4일 동안 매일 수거하여 분석 전까지 -50°C에서 보관하였다.

시료의 준비

희생시키기 전 12~13시간 절식시킨 후 ether로 가볍게 마취하고 개복하여 복부 대동맥에서 혈액을 채취하였으며, 2500 rpm에서 15분간 혈장을 분리하여, 분석 시까지 -50°C에서 냉동 보관하였다. 간 조직은 절취하여 0.9% 식염수로 세척하여 거즈로 수분을 제거한 후 무게를 측정하고 액체질소로 냉각시킨 알루미늄 크램프로 눌러 급속 동결시켰으며 역시 -50°C에 보관하였다가 분석에 사용하였다. 희생 시 복부를 절개하여 위와 십이지장의 연결부위인 Treitz 인대에서 맹장 연결부분까지 잘라 소장 길이를 재었고, 십이지장으로부터 1/3 되는 부위에서 5 cm의 소장 조직을 잘라 생리식염수로 장 내용물을 세척한 후 거즈로 물기를 제거하고, 무게를 측정하였다. 또한 이 소장 조각을 펼쳐 slide glass로 점막을 긁어내어 무게를 측정한 후 점막의 이당류 가수분해 효소 활성 측정 시까지 -50°C에 보관하였다(12). 맹장과 결장은 잘라내어 지방조직을 제거한 후, 맹장과 결장의 총무게를 측정하고 내용물을 비우고 조직의 무게와 길이를 측정하였다.

시료의 분석

냉동 보관한 소장 점막시료를 실온에서 해동시킨 후 증류수

Table 1. Compositions of experimental diets (g/100 g)

Ingredients	Group		
	Cellulose	Pectin	Bacterial fiber
Casein	15	15	15
Corn starch	51	51	51
Sucrose	15	15	15
Lard	4	4	4
Soy oil	7.5	7.5	7.5
Mineral mix.	4	4	4
Vitamin mix.	1	1	1
Cholesterol	0.5	0.5	0.5
Fiber[1)]	2	2	2

[1)]Types of fiber added are matched with the names of the groups.
Dry powder of bacterial fiber was produced as described in Materials and Methods.

를 20배 첨가하여 homogenizer로 균질화한 후 일정량을 취해 Dahlqvist 등(13)의 방법에 의해 이당류 가수분해 효소인 maltase와 sucrase 활성을 측정하였다. 효소의 활성은 분당 1 μmole의 glucose 생성을 1 unit로 하였으며, 소장 cm 당 또는 점막 단백질 mg 당 unit으로 표시하였다. 단백질은 혈청 알부민을 표준으로 하여 Biuret법(14)으로 정량하였다. 혈장의 GOT, GPT, 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤 및 중성지방은 각각 kit 시약을 사용하여 분광학적으로 측정하였다. 간 조직의 지질은 Folch 등(15)의 방법으로 추출하였으며, 콜레스테롤은 Pearson 등(16)의 방법에 준해 정량하였고, 중성지방은 Sale 등(17)의 방법에 따라 클로로포름에 용해된 지질 추출물 일정량을 취한 후 질소 가스로 건조시킨 후 Triton X-100와 ethanol에 용해시켜 효소 kit 시약을 사용하여 정량하였다.

통계분석

본 실험결과는 평균치와 표준 오차를 산출하였으며, 각 실험치 간의 검증은 SAS를 이용한 ANOVA와 Duncan's multiple range test 에 의하여 $p<0.05$수준에서 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

체중 증가량, 식이 섭취량, 식이효율 및 간 중량

각 군의 초기체중, 체중증가량 및 식이효율은 Table 2에서 보는 바와 같이 세 군간에 차이가 없었다. 식이섬유소의 종류에 따른 체중 증가량에 대한 연구결과들 간에 일치되지 않은 점도 있으나 대체로 수용성 섬유소인 섭취가 불용성 섬유소에 비하여 체중 증가를 억제하는 경향으로 나타나고 있다. 체중증가를 억제하는 대표적인 수용성 섬유소는 guar gum, alginate 및 해조 다당류들과 합성 polydextrose 중에도 체중 증가를 억제하는 것으로 보고되기도 하였다(12). Pectin도 대체로 cellulose에 비하여 체중 증가를 억제하는 경향이나(18) 유의성이 없는 결과(19)도 있었다. 또한 식이에 지방량이 적은 경우는 섬유소의 영향이 적었다(20). 이들의 연구(12,18-20)에서는 섬유소 함량이 5% 또는 그 이상으로 첨가한 것이어서 본 연구에서 섬유소 수준이 2%로 낮은 것이 섬유소 종류에 따른 체중 증가 변화를 볼 수 없었던 중요한 이유로 사료된다. 섬유소 함량 5%를 충당하기에 필요한 피막의 제조가 본 실험 시행시 상당히 시간이 요하였으므로 이번 실험에서는 섬유소 함량을 2%로 설정하게 되었으나 주식인 곡류의 섬유소 함량이 도정도에 따라 0.3~2% 라는 점을 고려하면 2% 수준대로의 의미가 있다고 사료된다. 실험 시행을 위하여 피막 제조본 실험에 사용한 bacterial fiber는 고도로 정제된 것은 아니지만 염기와 산으로 처리하여 초기 피막에 소량 존재하던 지질 및 단백질 등을 거의 제거하여 식이에 사용할 시 이들의 함량은 건조 분말 bacterial fiber 총 중량의 2% 이하였다(21). 따라서 bacterial fiber 군에서 섭취한 총 섬유소의 양은 다른 군들과 차이는 거의 없었다.

소장, 맹장, 결장 크기 및 분변 배설량

Table 3에 세 군의 실험군들의 소장, 맹장, 결장의 길이, 무게 및 내용물의 중량과 분변 배설량이 나타나 있다. 소장의 길이와 5 cm의 중량 및 점막조직 중량들에 있어 세 군간에 뚜렷한 차이를 볼 수가 없었다. 대체로 수용성 섬유소에 의하여 소장의 길이와 무게가 증가되는 것으로 보고되고 있는데(22), 이는 수용성 섬유소에 의한 영양소의 체내 소화 흡수가 저하되는

Table 2. Initial weight, body weight gain and feed efficiency of three experimental groups of rats fed different types of dietary fiber for 4 weeks

Diet group	Cellulose	Pectin	Bacterial fiber
Initial body weight (g)	317±14[1)]	309±15	324±12
Body weight gain (g/4 weeks)	117±12	118±18	112±13
Feed efficiency (g/100 g diet)	19.2±1.8	19.0±1.9	18.5±1.9

[1)]Values are means±SD of 9~10 rats per group.

Table 3. Effects of three dietary fibers on small intestine, cecum, colon and feces weights of rats fed experimental diets for 4 weeks

Diet group	Cellulose	Pectin	Bacterial fiber
Small intestine			
Total length (cm)	100.0±3.1[1)]	103.5±3.5	103.3±1.6
Jejunal fragment weight (g/5 cm)	0.396±0.020	0.412±0.017	0.418±0.018
Mucosa weight (g/5 cm)	0.241±0.014	0.227±0.017	0.229±0.017
Cecum			
Tissue weight (g)	1.081±0.117[b]	1.299±1.132[ab]	1.500±0.202[a]
Content weight (g)	0.663±0.119	0.779±0.148	0.934±0.165
Colon			
Total length (cm)	17.13±0.85	17.63±0.58	17.50±0.47
Tissue weight (g)	1.176±0.084	1.250±0.115	1.329±0.109
Content weight (g)	0.307±0.094[ab]	0.427±0.077[a]	0.262±0.080[b]
Feces			
Dry weight (g/day)	1.903±0.050[a]	1.582±0.053[b]	1.374±0.065[c]

[1)]Values are means±SD of 9~10 rats per group and those in the same row not sharing the common superscript letters are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

데 대한 보상작용으로 간주하고 있다. 본 연구에서 pectin에 의한 효과가 나타나지 않은 것은 체중 증가 결과에서와 마찬가지로 식이 섬유소 함량이 타 연구보다 낮기 때문으로 사료된다. 그러나 본 연구 결과와 같이, 점막세포양이 섬유소의 양이나 종류에 의하여 뚜렷한 차이를 보이지 않았다는 보고(12)도 있다. 식이섬유소를 섭취할 경우 종류에 관계없이 무섬유식이에 비하여 점막 crypt부분에 goblet cell이 많이 분포하여 융모 회전율이 증가되는 것으로 조사되었다(23-25). 본 연구에서 조사하지 못한 bacterial fiber의 점막구조에 미치는 영향은 차후 조사할 필요가 있다고 생각된다.

소장과 달리 맹장에서는 2%의 식이 수준으로도 본 시험물질인 bacterial fiber에 의하여 조직무게가 cellulose군에 비하여 유의하게 증가하였고, 내용물의 중량도 증가 경향이 뚜렷하였다. 맹장과 그 내용물의 중량도 대체로 수용성 섬유소에 의하여 증가된다고 보고되고 있는 것과 비교하면 의외의 결과라고 볼 수 있다. 맹장의 조직 증대와 내용물의 증가는 대체로 맹장 내에서의 미생물의 증식 활동에 기인한다고 알려져 있다(26). 따라서 보수성이 큰 수용성 섬유소들이 미생물 증식을 촉진하리라는 것을 짐작할 수 있으나 본 실험에서 사용한 bacterial fiber는 상당히 불용성으로 간주되는데 이들의 어떤 원인으로 맹장에서 식물성 cellulose와 다른 효과를 보이고 있는지 현재로서는 분명치 않다. 그러나 식물성 cellulose와 구조의 차이가 작용했을 것으로 여겨진다.

세 실험군들의 결장길이와 중량에 유의적인 차이는 없었으나 bacterial fiber는 cellulose보다 증가시키는 경향을 보여 주고 있다. 그러나 조직의 크기가 다소 증가된 것과는 달리 내용물의 함량은 적어 결장균들의 발효기질로서 역할은 적은 것으로 보인다. 이러한 결장 내용물의 감소가 분변 배설량의 감소와 병행하고 있다. 일반적으로 분변 배설량이 불용성 섬유소들에서 증가되는 경향이 있으나 결장 내용물의 함량과도 관련이 있는 것으로 보고되어 있다(27).

소장 이당류 가수분해효소의 활성

Table 4에 세 실험군의 소장 점막세포의 이당류 가수분해효소인 maltase와 sucrase의 활성이 나타나 있다. 전보(12)에서 sucrase의 활성이 maltase보다 높았던 것은 식이에 함유된 높은 수준(40.5%)의 sucrose에 의하여 sucrase가 유도되어 기본적으로 높은 수준을 유지하게 된 것이라고 생각된다. 본 연구와 같이 식이 탄수화물로 전분이 주성분(50% 내외)이 되고 sucrose함량이 15%인 경우에는 대체적으로 maltase 활성이 높았다(27). 타 연구 결과(12,28)에 의하면 cellulose나 bran과 같은 불용섬유소가 소장 융모에 존재하는 효소들에게 영향이 없는 반면, pectin, guar gum, 합성 polydextrose 및 난소화성 전분은 효소활성을 감소시키는 경향이었다. 그러나 Calvert 등(29), Farness와 Schneeman(30)은 cellulose, oat bran과 pectin 간에 소장 이당류 가수분해 효소 활성에 미치는 영향에 차이가 없었다고 하였다. 본 결과에서 cellulose에 비하여 pectin과 bacterial fiber에 의하여 maltase와 sucrase의 총활성은 유의적으로 감소하거나 감소하는 경향이 분명하였다. 그러나 효소들의 비활성 결과는 세 실험군간에 차이가 없었다. 따라서 pectin이나 bacterial fiber군들의 이당류 총활성 감소는 이 두 군들의 점막세포 중량(mucosal weight)의 감소경향(Table 3)과 관련이 있는 것으로 보인다.

Table 4. Effects of three dietary fibers on two disaccharidase activities of jejunal mucosa in rats fed experimental diets for 4 weeks

Diet group	Cellulose	Pectin	Bacterial fiber
Maltase			
Unit/cm	8.45±0.64[a1)]	7.06±0.46[b]	7.45±0.45[ab]
Units/mg protein	11.20±0.86	10.15±0.91	10.08±0.69
Sucrase			
Unit/cm	2.08±0.18[a]	1.76±0.13[b]	1.72±0.14[b]
Units/mg protein	2.58±0.18	2.44±0.22	2.40±0.22

[1)]Values are means±SE of 9~10 rats per group and those in the same row not sharing the common superscript letters are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

혈장과 간 조직의 지질 함량

세 실험군의 혈장과 간 조직의 지질 함량이 Fig. 1과 2에 각각 나타나 있다. 혈장 총 콜레스테롤농도는 세 군중에서 pectin군에서, 중성 지방농도는 bacterial fiber군에서 유의하게 낮았고, HDL-cholesterol농도는 pectin군에서 유의하게 높았다(Fig. 1). 혈장에서와 같이 간장의 콜레스테롤 농도는 pectin군에서 유의하게 낮았고, 중성지방농도에서는 bacterial fiber군이 낮았다(Fig. 2). 수용성 섬유소인 pectin은 식이 수준이 2%로 낮은데도 5%를 사용한 대부분의 다른 연구들의 결과와 같이 cellulose에 비하여 혈장 총 콜레스테롤을 저하시키며 HDL-콜레스테롤을 증가시키는 것으로 나타났다. Bacterial fiber는 혈장 콜레스테롤에 대하여 식물성 cellulose와 거의 같은 영향을 나타냄을 알 수 있었으나 혈장 중성지방 수준을 저하시키는 것이 특이하였다. Pectin에 의한 혈장 중성지방에 대한 농도는 여러 연구에서 감소하는 것으로 보고되었으나, Nishina와 Freeland(31)의 결과에서는 증가되기도 하였으며 Jang과 Park

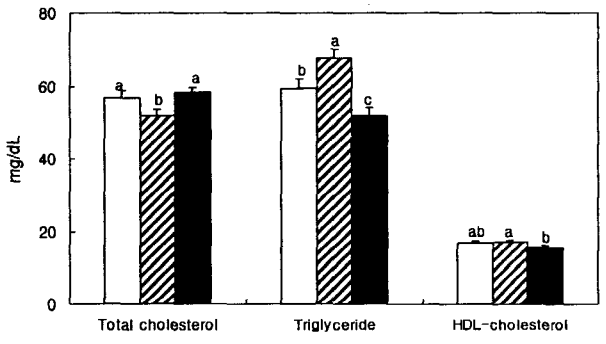

Fig. 1. Plasma lipid levels of rats fed three different dietary fibers in diet for 4 weeks.
Values are mean±SE of 9~10 rats and those with the different alphabet letter within the same class of lipid are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.
□: cellulose, ▨: pectin, ■: bacterial fiber.

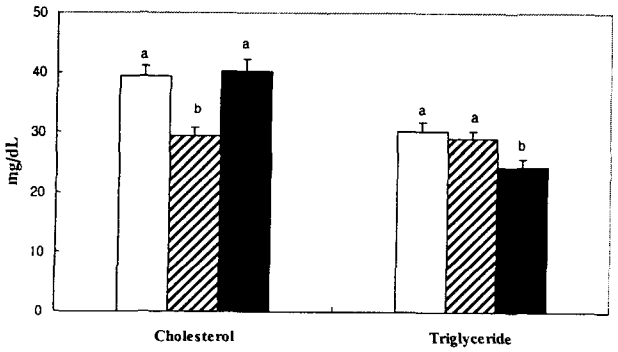

Fig. 2. Liver lipid levels of rats fed three different dietary fibers in diet for 4 weeks.
Values are mean±SE of 9~10 rats and those with the different alphabet letter within the same class of lipid are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.
□: cellulose, ▨: pectin, ■: bacterial fiber.

(32) 및 Choi 등(12)의 결과에서는 차이가 없었다. 그러나 간조직의 중성지방은 pectin에 의하여 증가되지 않아 pectin에 의해 체내 중성지방량이 전체적으로 크게 증가된 것으로 보이지는 않는다. 한편 본 연구의 시험물질인 bacterial fiber는 일관성 있게 혈장과 간 조직의 중성지방 농도를 다른 두 섬유소에 비하여 감소시켰다는 것이 주목할 만 하였다. 동맥경화에 발생에 있어서 혈장 콜레스테롤이 제 1의 위험이자로 잘 알려져 있으나 최근에 들어서는 이 외에도 혈장 중성지방도 LP(a), 호모시스테인, 항산화상태 등과 함께 독립적인 위험인자로 알려져 왔으며 특히 여성들에게 더 크게 작용한다고 보고되었다(33). 고탄수화물식이 보편적인 한국인에게서는 서양인에 비하여 혈 중 중성지방 농도가 높은 편이다(34). 고중성지방혈증에 수반되는 VLDL1은 입자가 작고 세밀한(small dense) LDL의 발생을 촉진시키고 이 형태의 LDL이 입자가 큰 LDL보다 동맥경화를 유발을 촉진시킨다고 알려져 있다(35). 한국인들이 혈중 콜레스테롤은 서양인들보다 낮아도 이 small dense LDL의 비율이 서양인들보다 높다는 것이 최근 보고되었으며(34) 따라서 기본적으로 혈 중 중성지방 농도 조절이 매우 중요함을 재확인시켜 주었다. 이러한 측면에서 본 연구에서 사용한 bacterial fiber가 혈중 중성지방을 강하하는 효과가 있다는 것은 매우 주목할 만한 결과로 사료된다. 그러나 현재로서 이 물질이 어떠한 기전으로 체내 중성지방 대사에 관여하는지에 대하여는 자세히 확인해 볼 필요가 있다.

간조직 중량과 혈장 GOT, GPT 활성

세 실험 군의 간조직 중량을 체중에 대한 비로 나타내었을 때 차이가 없었으며 혈장 GOT, GPT 활성도 비교적 낮은 수준에서 서로간에 차이가 없었다(Table 5). 새로운 식품소재의 안전성을 조사하기 위하여는 더 많은 조사를 하여야겠으나 가장 기본적인 지표들에서 기존에 사용하고 있는 물질들과 차이가 없다는 것은 안전성의 가능성을 보여 주는 것이라고 할 수 있다. 이미 이 bacterial fiber가 과일가공식품에서 과일과 혼합하여 첨가된다는 것으로 그 안전성이 확인되었다고 하겠다. 그러

Table 5. Liver weights and plasma GOT and GPT activities in rats fed three different types of dietary fiber for 4 weeks

Diet group	Cellulose	Pectin	Bacterial fiber
Relative liver weight (g/ 100 g bw)	3.54±0.26[1)]	3.53±0.50	3.41±0.27
GOT (Karmen unit)	83.1±7.7	69.2±5.7	72.6±8.1
GPT (Karmen unit)	14.5±1.8	16.0±1.9	16.5±2.0

[1)]Values are means±SD of 9~10 rats per group.

나 과일가공품에 첨가된 gel 형태 속에는 수분이 대부분이며 이 bacterial fiber의 양은 본 연구에서 식이체에 첨가된 양에 비하여 사실상 매우 적은 편이다. 따라서 본 실험의 시험물질이 다른 가공식품에 과일가공품에 보다 많이 첨가될 경우 안전성에 대한 근거를 제공하였다 하겠다.

요 약

본 실험은 초산균인 *Gluconoacetobacter hansenii*에 의해 코코넛 배지에서 생성된 막인 bacterial fiber가 흰쥐의 장 전반과 소장의 이당류 효소활성 및 체내 지질상태에 미치는 영향을 조사하였다. 이를 위하여 흰쥐를 0.5% 콜레스테롤 식이로 사육하였으며 섬유소원으로 bacterial fiber를 식이의 2%로 첨가하였으며, 효과를 비교할 실험군들에게는 섬유소원으로 식물성 cellulose와 pectin을 같은 수준으로 식이에 첨가하여 사육하였다. 실험 4주간 동안 식이섭취량 및 체중 증가량은 세 군간에 차이가 없었다. 소장의 길이, 무게 등은 군간에 유의적인 차이는 없었으나 소장점막 sucrase활성이 bacterial fiber군에서 감소하였고, maltase 활성도 감소하는 경향이었다. 맹장의 무게가 bacterial fiber군에서 증가하였으나, 결장의 무게에는 영향이 없었고, 결장 내용물 및 건조분변량이 감소하였다. 혈장 총 콜레스테롤 농도는 세 군 중에서 pectin군이 유의적으로 낮았고 HDL-콜레스테롤 함량은 반대로 pectin군에서 높았다. 혈장과 간조직의 중성지방 함량은 모두 bacterial fiber군에서 다른 군들에 비하여 유의적으로 낮았다. 간조직 콜레스테롤 함량은 pectin군에서 낮았다. 간조직의 상대적 무게는 군간에 차이가 없었고, 혈장 GOT 및 GPT 활성도 bacterial fiber군에서 다른 두 군에 비하여 차이가 없었다. 본 연구의 결과, 실험에서 사용한 bacterial fiber는 체내의 중성지방 수준을 낮추어 지질상태를 개선 할 수 있는 가능성을 보여 주어 이에 대한 기전과 이 작용의 활용에 대한 연구가 요망된다. 본 실험에서는 콜레스테롤 및 소장의 구조와 소화효소에는 큰 영향을 주지 않았으나 사용하는 섬유소의 수준을 보다 높이거나 다른 섬유소와 복합적으로 사용하는 경우, 또 동물의 나이에 따라 다른 결과가 도출될 수도 있으리라고 사료되어 앞으로의 지속적인 연구가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 산학협력연구(과제번호: 1999-211

00-001-2) 지원으로 수행되었으며 이에 감사 드립니다.

문 헌

1. Benziman M, Haigler CH, Brown Jr RM, White AR, Cooper KM. 1980. Cellulose biogenesis: polymerization and crystallization are coupled processes in *Acetobacter xylinum*. *Proc Natl Acad Aci USA* 77: 6678-6682.
2. Cha YJ, Park KJ, Kim DK, Chun HS, Lee BK, Kim KH, Lee SY, Kim SJ. 1994. Isolation and characterization of cellulose producing *cetobacter xlyinum* KI strain. *Korean J Appl Microbiol Biotechnol* 22: 571-576.
3. Ko JY, Shin KS, Yoon BD, Choi WY. 2000. Isolation and identification of *Acetobacter xlyinum* GS11 producing cellulose. *Korean J Appl Microbiol Biotechnol* 28: 139-146.
4. Navaro RR, Uchimura T, Komagata T. 1999. Taxonomic heterogenicity of strains comprising *Gluconobacter hansenii*. *J Gen Appl Microbiol* 45: 295-300.
5. Matthysse AG, Holmes KV, Gurlitz RHG. 1981. Elaboration of cellulose fibrils by *Agrobacterium tumefaciens* during attachment to carrot cell. *J Bacteriol* 145: 583-595.
6. Reuber TL, Walker GC. 1993. Biosynthesis of swiccinoglugan, a symbiotically important polysaccharide of *Rhizobium meliloti*. *Cell* 74: 269-280.
7. Canale PE, Wolfe RS. 1964. Synthesis of cellulose by *Sarcina venturiculi*. *Biochim Biophys Acta* 82: 403-411.
8. Jeong YJ, Lee IS. 2000. A view of utilizing cellulose produced by *acetobactor bacteria*. *Food Industry and Nutrition* 5: 25-29.
9. Stephens RS, Westland JA, Neogi AN. 1990. Method of using bacterial cellulose as a dietary component. *US Patent* 4,960,763.
10. Kim DS, Ryu BH. 1991. Antitumor effect of polysaccharide produced from a mutant of *Acetobacter pasteunanus* IFO 13751-13755. *Kor J Food Sci Technol* 23: 405-409.
11. Report of the American Institute of Nutrition ad Hoc committee on Standards for Nutritional Studies. 1977. *J Nutr* 107: 1340-1348.
12. Choi Y, Cho SH, Kim HJ, Lee HJ. 1998. Effects of soluble fibers on lipid metabolism and acitivities of intestinal disaccharidases in rats. *J Nutr Sci Vitaminol* 44: 591-600.
13. Dahlqvist A. 1974. *Disaccharidases in Method of Enzymatic Analysis*. 2nd ed. Academic Press, New York. Vol 2, p 916-922.
14. Gornall AG, Bardawill CJ, David MM. 1949. Determintion of serum proteins by means the biuret reaction. *J Biol Chem* 177: 751-766.
15. Folch J, Lees M, Sloan-stanley GH. 1957. Simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem* 226: 497 509.
16. Pearson S, Stern S, Mcgracd TH. 1953. A rapid accurate method for the determination of total cholesterol in serum. *Anal Chem* 25: 813-814.
17. Sale FO, Marcgesini S, Fishman PH, Berra B. 1984. A sensitive enzymatic assay for determination of cholesterol in lipid extracts. *Anal Biochem* 142: 347-350.
18. Rotenberg S, Jakobson PE. 1978. The effect of dietary pectin on lipid composition of blood, skeletal muscle and internal organ of rats. *J Nutr* 108: 1284-1392.
19. Park SH, Lee YK, Lee HS. 1994. The effect of dietary fiber feeding on gastrointestinal functions an lipid and glucose metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Nutr* 27: 311-322.
20. Forman LP, Schneeman BO. 1980. Effects of dietary pectin and fat on small intestine contents and exocrine pancreas of rats. *J Nutr* 110: 1992-1999.
21. Kim KH. 2002. Pellicle properties biosynthesized from tea fungus fermentation system. *Ph D Thesis*. Catholic University of Daegu, Korea, p 68.
22. Brown RC, Kelleher J, Losocosky MS. 1979. The effect of pectin on the structure and function of the rat small intestine. *Br J Nutr* 42: 357-365.
23. Stock-Damge C, Bouchet P, Dentinger A, Aprahamian M, Grenier JF. 1983. Effect of dietary fiber supplementation on the secretory function of the exocrine pancrease in the dog. *Am J Clin Nutr* 38: 843-848.
24. Jacobs LR, White FA. 1983. Modulation of mucosal proliferation in the intestine of rats fed wheat bran diet. *Am J Clin Nutr* 37: 945-953.
25. Jacobs LR. 1983. Effects of dietary fiber on mucosal growth and cell proliferation in the small intestine of rats: a comparison of oat bran, pectin, and guar gum with total fiber deprivation. *Am J Clin Nutr* 37: 954-960.
26. Tebib K, Besancon P, Rouanet JM. 1996. Effects of dietary grape seed tannins on rat cecal fermentation and colonic bacterial enzymes. *Nutr Res* 16: 105-110.
27. Choi YS, Cho SH. 2001. Effects of defatted safflower seed powder on intestinal physiology and fecal short-chain fatty acids in ovariectomized female rats fed high cholesterol diets. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 528-534.
28. Thompson LL, Tasman-Jones C. 1982. Disaccharidase levels of the rat jejunum are altered by dietary fiber. *Digestion* 23: 253-258.
29. Calvert R, Schneeman BO, Satchithanandam S, Cassidy MM, Vahoney GV. 1985. Dietary fiber and intestinal adaptation: effects on intestinal and pancreatic digestive enzyme activities. *Am J Clin Nutr* 41: 1249-1256.
30. Farness PL, Schneeman BO. 1982. Effects of dietary cellulose, pectin and oat bran on the small intestine in the rat. *J Nutr* 112: 1315-1319.
31. Nishina PM, Freenland RA. 1990. The effects of dietary fiber feedng on cholesterol metabolism in rats. *J Nutr* 120: 800-805.
32. Jang SJ, Park YJ. 1995. Effects of dietary fiber sources on lipid metabolism in rats fed high lard diet. *Korean J Nutr* 28: 107-114.
33. Reardon MF, Nestel PJ, Craig IH, Harper RW. 1985. Lipoprotein predictors of the severity of coronary artery disease in men and women. *Circulation* 71: 881-888.
34. Cho HG. 2002. Small dense LDL; can it be atherogenic in Korean population? *J Korean Soc Lipidology and Atherosclerosis* 12: 19-29.
35. Griffin BA, Freeman DJ, Tait GW, Thomson J, Caslake MJ, Packard CJ. 1994. Role of plasma triglyceride in the regulation of plsama low density lipoprotein (LDL) subfractions: relative contribution of small, dense LDL to coronary heart disease risk. *Atherosclerosis* 106: 241-253.

(2002년 7월 16일 접수; 2002년 10월 9일 채택)