

우렁쉥이 껍질로부터 정제한식이섬유 급여 Rat의 영양학적 특성 및 혈청지질함량의 변화

육홍선* · 김정옥** · 최정미*** · 김동호 · 조성기 · 변명우†

한국원자력연구소 방사선식품생명공학연구팀, *충남대학교 식품영양학과
세종대학교 가정학과, *건양대학교 미용디자인과

Changes of Nutritional Characteristics and Serum Cholesterol in Rats by the Intake of Dietary Fiber Isolated from Ascidian (*Halocynthia roretzi*) Tunic

Hong-Sun Yook*, Jung-Ok Kim**, Joung-Mi Choi***, Dong-Ho Kim,
Sung-Ki Cho and Myung-Woo Byun†

Korea Atomic Energy Research Institute, Daejeon 305-353, Korea

*Dept. of Food and Nutrition, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

**Dept. of Home Economics, Sejong University, Seoul 143-747, Korea

***Dept. of Fashion and Beauty Design Therapy, Konyang University, Nonsan 320-711, Korea

Abstract

The effects of dietary fiber isolated from ascidian (*Halocynthia roretzi*) tunic on the changes of weight, total gut transit time, serum cholesterol and glucose level were investigated in rats. Twenty four male rats were divided into 4 groups and were fed a control diet and three fiber supplemented diets with 5, 10 and 20% of ascidian insoluble cellulose for 4 weeks, respectively. Food intake was not affected by the supplemented diet of ascidian cellulose but the body weight gain and food efficiency ratio were reduced in proportion to a feeding amount of ascidian cellulose. The fecal output and fecal water content were increased, gut transit time was shortened, and length of gut was elongated in all dietary fiber groups. Serum cholesterol, LDL-cholesterol, neutral lipid, phospho-lipid and serum glucose concentrations were lowered and HDL-cholesterol was increased in rats fed the ascidian insoluble cellulose diet in proportion to a feeding amount of ascidian cellulose.

Key words: ascidian, dietary fiber, cholesterol

서 론

식이섬유는 인체의 소화효소에 의하여 분해되지 않는 난분해성의 복합 다당류를 지칭한다(1). 식이섬유는 분변량을 증가시키고 통변을 원활하게 하며, 장내미생물의 활성화나 영양흡수도의 조절 등을 통하여 상피세포의 기능을 조절하는 등의 효과를 나타냄으로써 대장암 발현 위험을 감소시킬 수 있다고 알려져 있다(2,3). 또한 식이섬유의 섭취는 물이나 각종 이온의 흡수 및 대사, 담즙산염 대사, 지방대사, 암모니아의 흡수 등에도 영향을 줌으로써 최종적으로는 체중조절, 혈중 콜레스테롤 함량의 저하, 혈당 조절 등의 효과를 기대할 수 있다(4). 그러나 식이섬유는 원료물질, 제조 및 추출방법, 분자량 등에 따라 종류가 다양하며 물리적 특성이나 생체 내에서의 생리적 효과, 산업적 이용도 다르다고 알려져 있다(5,6). 일반적으로 식이섬유는 수용성(soluble dietary fiber, SDF)

과 불용성(insoluble dietary fiber, IDF)으로 구분하는데 수용성 식이섬유는 장내에서의 영양소 흡수속도 조절과 지질 대사에 관여하여 혈청 콜레스테롤의 조절에 유효하며 불용성 식이섬유는 분변량의 증가, 분변의 장내통과시간 촉진, 대장암의 예방 등에 보다 유효한 것으로 보고되고 있다(7-9).

최근 우리나라의 식생활은 영양 섭취의 과다와 함께 정제된 곡류를 이용한 가공식품 및 육류 섭취량이 증가하고 알곡류 및 채소의 섭취량은 지속적으로 감소하는 추세에 있다. 이에 따라 식이섬유의 섭취량도 15~20 g/일 수준으로 1일 권장량인 20~30 g에 미치지 못하는 것으로 보고되고 있다(10). 이러한 식이의 변화는 과체중과 함께 각종 성인병의 원인이 되어 결과적으로는 국민건강 및 복지에 심각한 위협이 되고 있다. 이러한 변화에 따라 최근에는 위에서 언급한 식이섬유의 기능성을 감안하여 식이섬유를 이용한 각종 기능성 식품, 식이섬유를 가공식품에 첨가한 보강식품 등의 개발이

†Corresponding author. E-mail: mwbyun@kaeri.re.kr
Phone: 42-868-8060. Fax: 42-868-8043

증가하고 있으나(11) 영양학적 고려가 배제된 제품의 개발이나 무분별한 식이섬유의 섭취는 오히려 영양섭취의 제한, 체내 대사 이상과 같은 영양적 불균형을 초래할 수 있다(10). 기능성식품과 식이섬유 보강식품에 첨가되는 식이섬유는 대부분 곡류의 호분층, 구근작물 등의 식물성원료와 해조류에서 추출, 정제되고 있다. 그러나 식물성원료로부터의 식이섬유 추출은 수율이 낮고 공정비용이 많이 소요되는 문제점이 있으며, 호분층 등을 첨가한 식이섬유 보강식품은 질감, 맛 등의 관능적 품질이 낮아지는 문제점이 있다(12).

최근 Yook 등(12)과 Byun 등(13)은 동물성 식품소재인 우렁쉥이의 피낭이 불용성 섬유소인 cellulose로 구성되어 있음에 착안하여, 수산폐기물인 멧개껍질로부터 cellulose를 분리 정제하고 이를 제빵 및 잼 제조에 이용하여 관능 및 물성이 우수한 식품을 제조하였다고 보고한 바 있다. Yook 등(12)은 우렁쉥이 식이섬유를 첨가한 제빵 실험에서 섬유소의 첨가가 식빵의 보습성을 높여 빵의 경화를 지연시키는 효과가 있었으며 젤리(13)에서는 견고성, 부착성, 점성은 낮아지고 탄성이 증가하는 효과가 있다고 보고하였다. Byun 등(14)은 특히 우렁쉥이 껍질이 연간 10,000톤 이상이 폐기물로 버려지고 있어 수산 폐기물의 활용에서도 이 기술이 유효하며 간단한 공정에 의하여 순도 99% 이상의 불용성 cellulose를 정제할 수 있다고 하였다. 그러나 아직까지 불용성 cellulose가 주 성분인 것으로 알려진 우렁쉥이 피낭 유래 식이섬유의 식이에 따른 영양학적 효과에 관한 학술적 보고는 없다.

따라서 본 연구는 우렁쉥이 피낭에서 분리 정제한 불용성의 cellulose 식이섬유의 영양생리학적인 효과를 알아보고자 식이섬유를 쥐에 급여하여 분변의 통과시간, 장의 길이, 체중, 혈청 콜레스테롤 및 지질의 함량, 혈당 함량 등의 변화를 살펴보았다.

재료 및 방법

식이섬유의 분리

식이섬유 분리를 위한 우렁쉥이 껍질은 2002년 경남 창원 근해에서 양식한 우렁쉥이의 육질부와 이물질을 제거하여 시료로 사용하였다. 식이섬유의 분리는 Byun 등(13)의 방법에 따라 실시하였다. 먼저 우렁쉥이 껍질을 1.7% NaClO₂ 용액, acetate buffer (7.5% acetic acid, 2.7% NaOH) 및 증류수가 각각 1:1:3이 되도록 혼합한 용액에 침지하여 80°C에서 8시간 교반하고 증류수로 세척한 후, 5% KOH 용액에 8시간 침지하고 다시 증류수로 세척하였다. 위의 과정을 3회 반복하여 색소를 제거한 백색의 우렁쉥이 껍질을 가수상태에서 균질기로 마쇄하고 20 mesh sieve에 통과시켜 슬러리상의 섬유소를 제조한 다음 이를 동결건조하여 실험동물 사료 제조용 시료로 사용하였다. S-4200 FE-scanning electron microscope(SEM, Hitachi, Japan)를 이용하여 500배의 배율로 정제된 우렁쉥이 식이섬유와 시판 중인 분말형 감자 추출 식

이섬유의 구조를 비교하였으며 섬유소의 함량은 Faulks와 Timms(15)의 방법으로 분석하였다.

우렁쉥이 섬유소 첨가 사료제조

실험식이에 사용한 사료는 AIN-76 식이를 기본으로 한 Oh와 Ly(10)의 방법을 약간 변형하여 Table 1과 같은 배합비로 제조하였다. 대조군과 비교군의 섬유질 공급원으로는 공통적으로 모든 시험군에 2%의 α -cellulose를 첨가하였으며 우렁쉥이 섬유질 첨가군에는 식이 중량의 5~20%에 해당하는 옥수수 전분을 식이섬유 분말로 대체하였다.

실험동물 및 사육

실험에 사용한 흰쥐(Sprague-Dawley)는 수컷 24마리로 평균 체중은 255±10 g이었다. 실험은 쥐를 6마리씩 4군으로 나누어 Table 1에 나타난 실험식으로 4주간 사육하였다. 전 실험기간동안 실험식이와 물은 자유로이 섭취하게 하였고, 사육실의 온도는 20~25°C를 유지하였으며 12시간 간격으로 점등 및 소등하였다.

영양학적 검사

식이 4주 후 각 실험군의 사료 섭취량과 체중, 배변량은 Oh와 Ly(10)의 방법에 따라 식이 4주가 되기 3일 전부터 쥐를 대사 cage에 옮겨 측정하였다. 수거된 변은 110°C의 dry oven에서 함량에 도달할 때까지 건조시켜 건조중량 및 수분 함량을 측정하였다. 식이의 소화관 통과시간은 실험 2주 후 Heanton 등(16)의 방법에 따라 실시하였다. 즉, 실험동물을 12시간 절식시킨 다음 식이에 10% brilliant blue dye 1 g을 혼합하여 공급한 후 푸른색 변이 나오는 처음시간과 마지막 시간을 기록하고 푸른색 변이 나오는데 걸리는 총 시간을 식이의 소화관 통과시간으로 하였다. 식이 4주 후 체중측정이 끝난 실험쥐는 ether로 마취하여 경동맥에서 혈액을 채취하였으며 즉시 해부하여 장을 적출한 다음 소장과 대장의 길이를 합하여 전체 장의 길이를 측정하였다.

혈청 지질 및 혈당의 측정

채취한 혈액은 4°C에서 하룻밤 방치한 다음 3,000×g에서 20분 원심분리하여 혈청을 분리하였고 분리된 혈청은 -70°C에 냉동보관 하면서 혈청의 분석실험에 사용하였다. 혈청의

Table 1. Composition of diet for rats used in this study

Ingredients	Ascidian tunic cellulose (%)			
	0	5	10	20
Casein	20.0	20.0	20.0	20.0
Corn oil	5.0	5.0	5.0	5.0
Corn starch	53.0	48.0	43.0	33.0
Sucrose	15.0	15.0	15.0	15.0
α -Cellulose	2.0	2.0	2.0	2.0
Ascidian tunic cellulose	0.0	5.0	10.0	20.0
AIN-76 mineral mixture	3.5	3.5	3.5	3.5
AIN-76 vitamin mixture	1.0	1.0	1.0	1.0
Choline bitartrate	0.2	0.2	0.2	0.2
DL-Methionine	0.3	0.3	0.3	0.3
Total	100	100	100	100

지질농도는 Fringe와 Dunn의 방법(17)으로, 혈당, 혈청 cholesterol, 중성지방, HDL-cholesterol은 건식 생화학 측정기(Fully automated dry chemistry: Spotchem, Daiichi Kagaku Co., Japan)로 측정하였다. LDL-cholesterol 함량은 Friedwald 방법(18)으로 측정하였다.

통계분석

모든 실험결과는 SAS(Statistic Analysis System)를 이용하여 통계처리를 한 다음 평균과 표준편차로 나타내었으며 유의성의 검증은 one-way ANOVA(analysis of variance)로, 평균간 유의차는 Student-Newman-Keuls test에 의하여 $p < 0.05$ 수준에서 검증하였다.

결과 및 고찰

체중 및 식이섭취량

실험식이 4주 후 정상 식이와 함께 우렁쉥이 추출 불용성 식이섬유를 5%, 10%, 20% 첨가한 실험쥐 집단의 식이섭취량, 체중증가량 및 영양효율을 측정하여 Table 2에 나타내었다. 각 실험구의 사료 섭취량은 1 개체당 430~450 g으로 각 실험구에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 본 실험에서 자유식이에 따른 실험쥐의 식이섭취량은 1일 15~16 g의 수준으로 Kang 등(8)의 보고와 유사하였으며 자유식이 섭취 함량이 많은 사료의 섭취량이 더 높다는 Oh와 Ly(10)의 보고와는 다른 양상이었다. 식이 4주 후 실험쥐의 체중증가는 대조군에서 약 74.3 g이 증가하였으나 식이섬유의 함량이 5%, 10%, 20%로 증가함에 따라 유의적으로 증가율이 둔화되어 20%의 우렁쉥이 분리 식이섬유를 첨가한 실험구에서는 62.5 g의 체중 증가가 관찰되었다. 이러한 결과는 난소화성 식이섬유의 섭취가 체중의 증가를 억제(19)하여 비만방지에 효과가 있는 보고(20)와 일치하였다. 식이효율(food efficiency ratio, FER) 또한 우렁쉥이 식이섬유의 함량이 증가할수록 점차 낮아지는 경향이였다.

배변량, 장의 길이 및 식이의 소화기관 통과 시간

실험쥐의 배변량은 우렁쉥이 식이섬유의 함량이 높아짐에 따라 건조중량으로 대조군의 2~3배까지 유의적으로 증가

Table 2. Effect of indigestible ascidian tunic cellulose on body weight, food intake, and food efficiency ratio

Group ¹⁾	Food intake (g/4 weeks)	Body weight gain (g/4 weeks)	FER ²⁾
0	438.3 ± 34.9 ³⁾	74.3 ± 12.7 ^a	0.169 ± 0.015 ^a
5	452.5 ± 21.3	72.4 ± 13.3 ^a	0.160 ± 0.018 ^{ab}
10	439.5 ± 30.2	66.2 ± 17.2 ^b	0.151 ± 0.014 ^{ab}
20	430.2 ± 35.2	62.5 ± 15.9 ^b	0.145 ± 0.013 ^b

¹⁾The experimental diet groups were % of ascidian tunic cellulose, and sample size of each group was six.

²⁾Food efficiency ratio = weight gain(g) / food intake (g)

³⁾The data are mean ± SD, and different letters within a same column are significantly different.

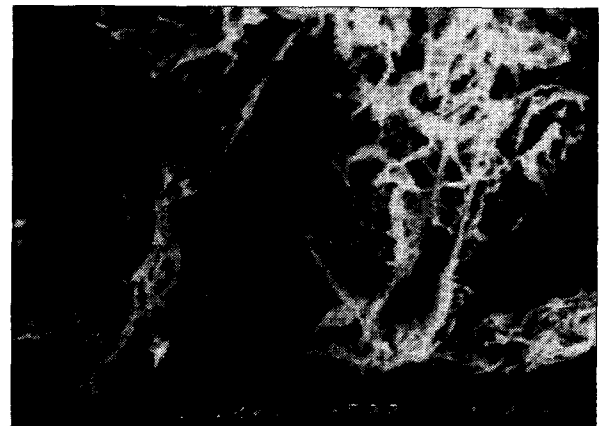
하였으며 변의 수분함량도 식이섬유 첨가 실험구가 높았다 (Table 3). 본 실험에서 우렁쉥이 식이섬유를 급여한 실험쥐의 체중이 대조군보다 낮아진 것은 일반적으로 식이섬유가 장내에서 영양소 흡수를 감소시키는 효과와 함께 배변량을 유의적으로 증가시킨 요인도 중요함을 알 수 있었다. 식이섬유 첨가 식이 실험쥐의 변 배설량이 많고 상대적으로 높은 수분함량을 보인 것은 Yook 등(12)이 보고한 바와 같이 우렁쉥이 식이섬유인 cellulose가 보습효과가 높고 분자량이 매우 큰 섬유상을 형성(Fig. 1)하고 있기 때문인 것으로 해석되었

Table 3. Effect of indigestible ascidian tunic cellulose on fecal output

Group ¹⁾	Fecal output (g/day, wet)	Fecal water content (%)
0	1.16 ± 0.24 ^{d2)}	23.59 ± 3.12 ^c
5	2.43 ± 0.19 ^c	24.17 ± 2.83 ^c
10	2.94 ± 0.21 ^b	29.85 ± 2.69 ^b
20	3.28 ± 0.22 ^a	34.25 ± 2.46 ^a

¹⁾The experimental diet groups were % of ascidian tunic cellulose, and sample size of each group was six.

²⁾The data are mean ± SD, and different letters within a same column are significantly different.



(A)



(B)

Fig. 1. Scanning electron micrographs of powdered dietary fiber isolated from ascidian tunic (A) and potato (B).

다. Kang 등(8)은 난소화성 dextrin과 cellulose를 첨가한 실험쥐의 식이에서, cellulose를 첨가한 식이의 실험쥐의 배변량과 수분함량이 난소화성 dextrin에 비하여 현저하게 높다고 보고하였으며 이는 난소화성 dextrin은 쥐의 장내에서 점성이 있는 gel을 형성하지 못하기 때문이라고 보고하였다.

식이의 장 통과속도는 식이섬유의 함량이 증가할수록 빨라져 대조구는 최초 배변시간이 16.3시간, 장 통과시간이 118시간인데 비하여 20% 식이섬유 첨가군에서는 최초 배변시간은 7.4시간, 장 통과시간은 39.2시간이었다. 따라서 식이섬유 첨가에 의한 체중의 감소는 식이 내용물의 장 통과시간에 의해서도 크게 영향 받고 있음을 알 수 있었다(Table 4). 한편, Judd와 Truswell(21)은 장내에서 gel을 형성하는 식이섬유는 소장내용물의 중량을 상승시켜 물리적인 압박으로 장막층을 확대시키면서 소장의 중량과 길이를 증가시킨다고 하였다. 본 실험에서도 실험쥐의 장의 길이는 식이섬유 함량에 따라 유의적으로 길어지는 결과를 보여주었다(Table 4). 이러한 결과는 각각 표고버섯, 미역, 무청을 식이한 실험쥐의 장 길이 측정에서, cellulose 함량이 높은 무청의 식이가 장의 길이를 유의적으로 증가시켰다고 보고한 Oh와 Ly(10)의 결과와 일치하였다.

혈청 콜레스테롤, 지질 및 혈당 함량

우렁챙이 식이섬유를 급여한 실험쥐 혈청의 cholesterol, 지질 및 혈당함량을 측정하여 Table 5에 제시하였다. Total cholesterol 함량과 LDL-cholesterol 함량은 실험식이 중 우렁챙이 식이섬유의 함량이 높아짐에 따라 유의적으로 감소하였으며, 반대로 HDL-cholesterol은 식이섬유의 함량이 높아짐에 따라 유의적으로 증가하였다. 중성지질의 함량은 각

각 5%와 10% 첨가군, 10%와 20% 첨가군 사이의 유의적 차이는 없었으나 식이섬유의 함량이 높아짐에 따라 대조군에 비하여 유의적으로 감소하였으며 인지질의 함량은 대조군과 5% 첨가군에서만 유의적 차이가 없었을 뿐 식이섬유의 함량이 높아짐에 따라 유의적으로 감소하였다. 이러한 결과로 보아 불용성 cellulose가 주성분인 우렁챙이 식이섬유의 급여가 실험쥐의 콜레스테롤 및 지질대사에 유의적인 효과를 나타냄을 알 수 있었다. 한편, 식이섬유의 지질대사에 대한 효과는 소장 내의 lipase 활성 저하, 담즙산의 배설 촉진에 의한 콜레스테롤 재흡수의 감소 등에 의하여 나타나며 이 작용은 주로 수용성 섬유소에 의하여 유도된다고 알려져 있다(7,9). 그러나 Kang 등(8)은 수용성인 난소화성 텍스트린(10%)과 불용성인 cellulose(10%)의 비교실험에서 난소화성 텍스트린은 HDL-cholesterol을 감소시키고 지질이나 triglyceride의 함량에는 영향을 미치지 못한 반면, cellulose는 triglyceride의 감소, HDL-cholesterol의 증가, LDL-cholesterol의 감소 효과가 있다고 보고하였다. 한편, Kang 등(8)은 3주간 식물 유래 cellulose를 10% 급여한 쥐의 총콜레스테롤의 함량이 대조군에 비하여 약 5.7% 감소하였다고 하였는데 본 연구에서 사용한 우렁챙이 분리 cellulose를 급여한 쥐의 총콜레스테롤은 약 10% 감소하여 우렁챙이 분리 식이섬유의 혈중 콜레스테롤 감소효과가 보다 높았다. 혈당 수준은 대조군에 비하여 cellulose 첨가군에서 첨가 농도에 따라 유의적으로 낮아져 우렁챙이 분리 cellulose의 식이가 당 대사(22) 및 혈당 조절에도 유효함을 확인하였다.

한편, 본 연구에서는 Kang 등(8) 및 Oh와 Ly(10)의 실험방법에 따라 rat의 자유식이를 전제로 사료의 조성에서 탄수화물 급원인 옥수수전분을 식이섬유로 대체하였으므로 우렁챙이 식이섬유의 함량뿐만 아니라 식이의 칼로리 차이 또한 실험결과에 어느 정도 영향을 주었을 것으로 생각된다.

요 약

우렁챙이 추출 불용성 식이섬유를 5%, 10%, 20% 첨가한 식이 후 실험쥐 집단의 영양생리학적 특성변화를 조사하였다. Cellulose 급여에 따른 총 식이량에는 차이가 없었으나 식이 중 cellulose의 함량이 높아짐에 따라 체중은 감소하였으며 식이효율의 조절, 배변량 증가, 변의 수분 증가, 식이의 장 통과시간 단축, 장 길이의 증가 등의 유의적인 효과를 나타내었다. 우렁챙이 식이섬유를 급여한 실험쥐의 혈청분석

Table 4. Effect of indigestible ascidian tunic cellulose on the length of total intestine and fecal transit time

Group ¹⁾	Total intestine length (cm)	Fecal transit time (hr)	
		T-first ²⁾	Total transit time
0	91.3 ± 6.4 ^{c3)}	16.3 ± 3.3 ^a	118.4 ± 13.9 ^a
5	96.8 ± 5.2 ^c	11.2 ± 3.6 ^b	82.5 ± 10.2 ^b
10	103.2 ± 13.7 ^b	8.5 ± 3.1 ^{bc}	63.8 ± 11.5 ^c
20	116.5 ± 15.8 ^a	7.4 ± 2.5 ^c	39.2 ± 7.9 ^d

¹⁾The experimental diet groups were % of ascidian tunic cellulose, and sample size of each group was six.

²⁾T-first is the time when the feces dyed with brilliant blue was appeared.

³⁾The data are mean ± SD, and different letters within a same column are significantly different.

Table 5. Effect of indigestible ascidian tunic cellulose on the serum cholesterol, lipid, and glucose (unit: mg/100 mL)

Group ¹⁾	Total cholesterol	LDL cholesterol	HDL cholesterol	Neutral lipid	Phospholipid	Blood sugar
0	93.5 ± 5.8 ^{a2)}	48.8 ± 8.2 ^a	29.2 ± 7.4 ^c	57.9 ± 5.8 ^a	50.9 ± 5.8 ^a	54.7 ± 7.2 ^a
5	90.4 ± 3.8 ^{ab}	42.6 ± 7.8 ^b	31.3 ± 4.3 ^{bc}	43.2 ± 6.3 ^b	42.7 ± 6.4 ^{ab}	47.3 ± 8.8 ^b
10	84.2 ± 8.6 ^b	36.7 ± 9.1 ^{bc}	35.2 ± 8.5 ^b	37.3 ± 8.4 ^{bc}	35.9 ± 8.9 ^b	41.6 ± 9.5 ^{bc}
20	78.2 ± 7.2 ^c	30.1 ± 8.5 ^c	44.8 ± 9.4 ^a	27.2 ± 5.5 ^c	28.5 ± 9.5 ^c	35.9 ± 8.9 ^c

¹⁾The experimental diet groups were % of ascidian tunic cellulose, and sample size of each group was six.

²⁾The data are mean ± SD, and different letters within a same column are significantly different.

결과 total cholesterol, LDL-cholesterol, 중성지질 및 인지질, 혈당은 식이섬유의 함량이 높아짐에 따라 감소하였으며 HDL-cholesterol은 식이섬유의 함량이 높아짐에 따라 증가하였다. 따라서 우렁쟁이 식이섬유를 첨가한 가공식품을 섭취할 경우 배변량의 조절, 변비 및 비만조절, 혈청 지질의 감소와 같은 유용한 생리적 효과가 있을 것으로 기대된다.

문 헌

- Schneeman BO. 1989. Dietary fiber. *Food Technol* 43: 133-136.
- Englyst HN, Cummings JH. 1985. Digestion of the polysaccharides of some cereal foods in human small intestine. *Am J Clin Nutr* 42: 998-787.
- Walker ARP, Walker BF, Walker AJ. 1986. Fecal pH, dietary fiber intake and proneness to colon cancer in four South Africal population. *Br J Cancer* 53: 489-495.
- Arjmandi BH, Craig J, Nathani S, Reeves RD. 1992. Soluble dietary fiber and cholesterol influence in vivo hepatic and intestinal cholesterol biosynthesis in rats. *J Nutr* 122: 1559-1565.
- Hwang JK. 1996. Physicochemical properties of dietary fibers. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 25: 715-719.
- Al-Shagrawi RA, Al-Ojayan MO, Sadek MA, Al-Shayeb IE, Al-Ruqai IM. 1999. Effects of alkaline, hydrogen peroxide-treated fibers on nutrient digestibility, blood sugar and lipid profiles in rats. *Food Chemistry* 65: 213-218.
- Kang HJ, Song YS. 1997. Dietary fiber and cholesterol metabolism. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 358-369.
- Kang HS, Lee YS, Park YJ. 1998. Effect of indigestible dextrin on large intestinal functions and fecal states of rats. *Kor J Nutr* 31: 991-998.
- Ebihara K, Nakamoto Y. 1998. Comparative effect of water-soluble and -insoluble dietary fiber on bowel function in rats fed a liquid elemental diet. *Nutrition Research* 18: 883-891.
- Oh HI, Ly SY. 1998. A study on nutritional characteristics of common Korean dietary fiber rich foods. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 296-304.
- Cho MK, Lee WJ. 1996. Preparation of high fiber bread with barley flour. *Korean J Food Sci Technol* 28: 702-706.
- Yook HS, Kim YH, Ahn HJ, Kim DH, Kim JO, Byun MW. 2000. Rheological properties of wheat flour dough and qualities of bread prepared with dietary fiber purified from ascidian (*Halocynthia roretzi*) tunic. *Korean J Food Sci Technol* 32: 387-395.
- Byun MW, Ahn HJ, Yook HS, Lee JW, Kim DJ. 2000. Quality evaluation of jellies prepared with refined dietary fiber from ascidian (*Halocynthia roretzi*) tunic. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 64-67.
- Byun, MW, Yook HS, Lee KH, Lee, JW, Kim DH. 1999. Dietary fiber from marine products, refining process thereof and manufacture of functional food containing the dietary fiber. *Patent pending* 99-0043469.
- Faulk RM, Timms SB. 1985. A rapid method for determining the carbohydrates component of dietary fiber. *Food Chem* 17: 273-287.
- Heanton JM, Lennard-Jones JE, Young AC. 1969. A new method for studying gut transit times using radiopaque markers. *Gut* 10: 842.
- Fringe CS, Dunn RM. 1980. The colorimetric method for determination of serum total lipids based on the sulfophosphovanillin reaction. *Am J Clin Patho* 53: 89-92.
- Friedwald WT, Levy RT, Fridrickson DS. 1972. Estimation of the concentration of low density lipoprotein cholesterol in plasma without the use of the preparative ultracentrifuge. *Clin Nutr* 18: 499-502.
- Gabel K, Newman R, Lauritzen G, Auld G, Bock M, Bruhn C, Lee Y, Medeiros D, McNulty J, Nitzke S. 1997. Fat and fiber knowledge and behaviors related to body mass index. *Nutrition Research* 17: 1643-1653.
- Blaak EE, Saris WHM. 1995. Health aspects of various digestible carbohydrates. *Nutrition Research* 15: 1547-1573.
- Judd PA, Truswell AS. 1985. The hypocholesterolemic effects of pectins in rats. *Br J Nutr* 53: 409-424.
- Nandini CD, Sambaiah K, Salimath PV. 2000. Effect of dietary fiber on intestinal and renal disaccharides in diabetic rats. *Nutrition Research* 20: 1301-1307.

(2003년 2월 10일 접수; 2003년 4월 10일 채택)