J Korean Soc Food Sci Nutr
40(12), 1715~1719(2011)

한국식품영양과학회지
http://dx.doi.org/10.3746/jkfn.2011.40.12.1715

수리취 식이섬유가 Loperamide로 유발된 변비에 미치는 영향

박민희[1] · 권창주[1] · 임상현[1] · 김경희[1] · 허남기[1] · 장형관[2] · 박인재[2] · 이광재[1†]

[1]강원도농업기술원
[2]전북대학교 수의과대학

Effects of Dietary Fiber Isolated from *Synurus deltoides* on Constipation in Loperamide-Induced Rats

Min-Hee Park[1], Chang-Ju Kwon[1], Sang-Hyun Lim[1], Kyung-Hee Kim[1], Nam-Ki Heo[1], Hyung-Kwan Jang[2], In-Jae Park[2], and Kwang-Jae Lee[1†]

[1]*Gangwon Agricultural Research and Extention Services, Gangwon 200-822, Korea*
[2]*Dept. of Veterinary Medicine, Chonbuk National University, Jeonbuk 561-756, Korea*

Abstract

The effects of dietary fiber isolated from *Synurus deltoides* on constipation induced by loperamide (4 mg/kg/day) were investigated. Food intake and body weight both decreased in the 5% *S. deltoides* dietary fiber and loperamide-treated group (SD5) and 10% *S. deltoides* dietary fiber and loperamide-treated group (SD10), whereas fecal water contents increased by 2.4 and 3.4-fold in the SD5 and SD10 groups, respectively. The concentrations of total-cholesterol, HDL-cholesterol and triglyceride in the sera of the SD5 and SD10 groups were lower than those in the control (C) group. However, the biochemical parameters, GOT (glutamic oxaloacetic transaminase), GPT (glutamic pyruvic transaminase), and glucose levels, were not affected by the level of *S. deltoides*. In addition, the concentrations of total-cholesterol and triglyceride in the livers of the SD5 and SD10 groups were also significantly lower than those in the control group. These results suggest that dietary fiber isolated from *S. deltoides* might ameliorate constipation symptoms, and lower lipid concentrations in the blood and liver.

Key words: *Synurus deltoides*, dietary fiber, constipation, loperamide

서 론

우리나라는 현대사회로 진행되면서 생활수준이 급속히 향상되어, 채소나 섬유질 함유 식품의 섭취는 감소하고 동물성 식품과 인스턴트식품 등의 고칼로리 식품에 대한 수요가 커져 영양과잉과 영양불균형의 문제가 발생되고 있다(1). 이러한 식생활의 변화에 따라 비만 인구가 늘어나고 뇌졸중, 당뇨병, 동맥경화, 심근경색, 고혈압, 고지혈증 등의 대사성 질환 환자들이 증가하고 있으며, 그에 따른 합병증 및 사망률이 크게 증가하고 있어 사회적 문제가 되고 있다(2,3). 대사성질환을 예방하고 치료하기 위해서 동물성 지방과 단백질의 섭취를 지양하고 식이섬유소나 저칼로리 식품을 섭취하도록 권장되고 있으며, 식품에서 추출한 식이섬유와 같이 독성이 없고 안전하여 장기간 복용이 가능한 기능성식품에 대한 관심이 고조되고 있다(4,5).

식생활 등의 변화로 대사성질환뿐 아니라 변비의 유병률도 증가하는 추세인데, 최근 우리나라의 변비 유병률이 16.5%로 여성, 노인층에서 더욱 증가하고 있다(6). 변비는 일상생활에 영향이 예상 외로 심각하여 변비 환자들은 심각한 삶의 질의 저하를 호소하는데, 그 증상으로는 일반적으로 하복부의 불쾌감, 팽만감, 구역질, 구토, 복통 등이 수반된다(7,8). 변비의 치료에서 가장 기본적인 것은 충분한 식이섬유의 섭취이며 변비 증상을 완화시키기 위해서 하루에 약 20~25 g 정도의 식이섬유 섭취가 권장되고 있다(9).

식이섬유는 인체의 소화효소에 의하여 분해되지 않는 난분해성의 복합 다당류로(10), 식이섬유가 풍부한 식품을 섭취하면 위에 포만감을 주어서 음식섭취량을 줄일 수 있으며, 배설물의 부피를 증가시키고 음식물의 장 통과 속도를 빠르게 하여 영양소의 흡수를 저하시키므로 비만 예방에도 도움이 된다(3,11). 식이섬유는 cellulose, hemicelluloses, lignin 등 그 종류가 다양하지만, 일반적으로 수용성 식이섬유(SDF, soluble dietary fiber)와 불용성 식이섬유(IDF, insoluble dietary fiber)로 구분되는데, 구성 성분과 구조에 기인되는 물리화학적 성질에 따라 인체에 미치는 영향이 달라진다(12). 수용성 식이섬유는 위에서의 음식물 체류시간을 증가시켜 포만감을 제공하고 장내에서의 영양소 흡수속도를 느리게

†Corresponding author. E-mail: rsc@korea.kr
Phone: 82-33-248-6520, Fax: 82-33-248-6555

하며, 지질대사에 관여하여 혈청 콜레스테롤을 조절하고 동맥경화를 예방하며 대장암의 발병률을 낮추는 것으로 보고되고 있다(13-15). 불용성 식이섬유는 수분 보유능이 커서 변을 묽게 하여 분변의 장내통과시간을 촉진하고 분변의 양을 증가시켜 변비를 예방하거나 치료하며 대장기능에 관련된 효과도 있는 것으로 알려져 있다(16-18).

수리취(*Synurus deltoides*(Aiton) Nakai)는 국화과에 속하는 여러해살이식물로 전국 산지에 분포하며, 동남아시아 지역에도 걸쳐 널리 자생하고 있는 식물로 한방에서는 종창, 부종, 지혈, 토혈, 안태, 이뇨, 방광염 등에 다양하게 이용되어 왔다(19). 수리취는 항돌연변이 활성, 항염 활성, 진통효과 및 항산화활성 등 여러 기능성이 보고된 바 있으나(19-22) 수리취 식이섬유의 생리활성에 대한 연구는 매우 미흡한 실정으로, loperamide로 유발된 변비모델에서 수리취 식이섬유의 효과를 검정하고자 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

실험재료

수리취는 강원도 홍천군에서 재배 중인 것을 5월에 채취하여 깨끗하게 수세한 생체를 냉풍제습건조기(TJHP-1003, Joogang Precision, Daegu, Korea)에서 건조하여 사용하였다. 식이섬유는 AOAC(23)법에 따라 불용성 식이섬유를 먼저 분리하였으며, 수용성 식이섬유는 불용성 식이섬유 측정과정에서 얻어진 여액 및 세척액을 60°C로 가열한 95% ethanol로 실온에서 1시간 침전시킨 후 침전물과 용액을 여과하여 분리하였고, 분리된 각각의 식이섬유를 혼합하여 실험에 사용하였다.

실험동물 사육 및 실험식이

실험동물은 SD(Sprague Dawley) rat, 4주령 수컷을 오리엔트바이오(Seongnam, Korea)에서 구입하여 사용하였으며, 온도 20±2°C, 습도 55±5%, 12시간 명암조건에서 사육하였다. 실험을 위한 사료는 수리취 식이섬유를 농도별로 첨가하여 Table 1과 같이 제조하였다. 실험동물은 구입 후 1주일 동안 순화한 다음, 각 군당 8마리씩을 배치하여 총 4군으로 실험군을 분류하였다. 정상군(N)과 대조군(C)은 AIN93G 사료를 공급하였고, SD5군과 SD10군은 각각 수리취 식이섬유 5% 및 10%를 첨가한 사료를 4주 동안 자유급이 하였다. 4주 후 정상군을 제외한 대조군, 수리취 식이섬유 5% 급이군(SD5) 및 수리취 식이섬유 10% 급이군(SD10)은 4 mg/kg의 용량의 loperamide(Sigma, St. Louis, MO, USA)를 5일간 경피투여 하여 변비를 유발하였다.

분변 수분량 및 혈청 분석

loperamide를 5일간 투여한 후 각각의 실험군에서 신선한 변을 채취하였으며, AOAC의 표준분석법(23)에 준하여 105°C 상압 가열 건조법으로 수분을 측정하였다. 혈청분석은 시험종료일에 실험동물을 마취시킨 후 개복하여 후대정맥에서 채혈하였으며, 혈액을 원심분리 하여 혈청을 분리 후 자동혈청분석기(BT 1000, Biotecnica Instrument, Rome, Italy)를 이용하여 분석하였다. 혈청은 STANBIO사(Boerne, TX, USA)의 측정용 kit를 이용하여 GOT, GPT, total-cholesterol, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol, triglyceride, BUN 및 glucose를 분석하였다.

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

Ingredients	Groups[1)]			
	N	C	SD5	SD10
Casein	200	200	200	200
Sucrose	100	100	100	100
Dextrose	132	132	132	132
Corn starch	397.486	397.486	397.486	347.486
Soybean oil	70	70	70	70
Mineral mixture[2)]	35	35	35	35
Vitamin mixture[3)]	10	10	10	10
L-Cystine	3	3	3	3
TBHQ	0.014	0.014	0.014	0.014
Choline bitartrate	2.5	2.5	2.5	2.5
Cellulose	50	50	−	−
S. deltoides dietary fiber	−	−	50	100

[1)]N: normal diet group, C: normal diet and loperamide-treated group, SD5: 5% of *S. deltoides* dietary fiber and loperamide-treated group, SD10: 10% of *S. deltoides* dietary fiber and loperamide-treated group.
[2)]AIN-93G mineral mix., ICN Biochemical, USA.
[3)]AIN-93G vitamin mix., ICN Biochemical, USA.

간지질 농도 측정

간 조직 1 g에 chloroform-methanol(2:1, v/v) solution 6 mL을 첨가하여 냉장상태에서 3일간 방치하며 수시로 교반한 후, 2 mL의 증류수를 첨가하여 1,900×*g*에서 20분간 원심분리 시킨 다음 지질이 녹아있는 chloroform층을 파이펫으로 취하였다. 취한 용액은 분석용 키트(Asan Pharmaceutical Co., Seoul, Korea)를 이용하여 total-cholesterol, HDL-cholesterol, triglyceride를 측정하였다.

통계처리

모든 측정값은 평균값±표준편차(mean±SD)로 표시하였고 통계처리는 SAS 9.2 for windows program을 사용하였으며, 유의성 검정은 분산분석(ANOVA) 후 $p<0.05$ 수준에서 Duncan 다중검정법으로 분석하였다.

결과 및 고찰

실험동물의 식이섭취량 및 체중증가량

수리취 식이섬유 급이 4주 후 음수섭취량은 수리취 식이섬유 5% 급이군(SD5)에서 가장 적었으나, 수리취 식이섬유 10% 급이군(SD10)에서는 SD5군에 비해 유의한 증가를 보여 사료 내 수리취 식이섬유의 함량이 높아질수록 음수섭취량이 증가하였다(Table 2). 사료 섭취량은 정상군 및 대조군

Table 2. Effect of *Synurus deltoides* dietary fiber on water intake, food intake and body weight after 4 weeks in rats

Group	N/C[1)]	SD5	SD10
Water intake (mL/day/rat)	33.81±0.7[a]	25.5±1.4[b]	35.1±2.7[a]
Food intake (g/day/rat)	25.35±1.0[a]	14.6±1.6[c]	18.5±1.1[b]
Body weight (g/rat)	377.7±15.3[a]	233.8±45.8[b]	241.1±17.0[b]

[1)]N/C: normal and control group.
Values are mean±SD (n=8). Different letters (a-c) in the row mean significant difference at $p<0.05$ levels by Duncan's multiple range test.

(N, C)에 비하여 SD5 및 SD10군에서 적었으며, 4주간의 급이 후 N군의 체중이 377.7 g인데 비하여 SD5, SD10군은 각각 233.8 g 및 241.1 g으로 수리취 식이섬유 5% 및 10% 급이군 모두 정상군에 비해 체중이 적었으나 첨가 수준에 따른 차이는 나타나지 않았다. 식이섬유는 일반적으로 섭취 시 포만감을 주고 식이 열량 밀도에 영향을 주게 되며 식이섭취량을 감소시켜 결국 체중 감소로 이어지는 것으로 알려져 있어(3), 수리취 식이섬유 급이군에서의 체중감소는 식이섬유에 의한 식욕억제 효과 때문인 것으로 추정된다.

분변의 수분함량 및 장기 중량

변비 유발 후 분변의 수분함량 측정 결과, loperamide를 단독 투여한 대조군(C) 분변의 수분함량이 정상군(N)에 비해 유의적으로 감소하여 loperamide 투여로 인해 변비가 유발된 것을 확인하였으며, 수리취 식이섬유 5% 및 10%가 함유된 사료를 급이한 군(SD5, SD10)은 정상군에 비해 분변의 수분함량이 각각 2.4배 및 3.4배 증가하였다(Fig. 1). 이와 같은 결과는 흰쥐에게 식이섬유가 풍부한 뽕잎 분말을 투여한 군이 loperamide 단독 처리군에 비하여 분변 수분함량이 증가하였다는 보고(24) 및 구아검 가수분해물 급여 시 식이섬유소 첨가수준이 증가할수록 분변의 수분함량이 증가한다는 연구결과(25)와 일치하는 것으로, 수리취 식이섬유의 변비 개선 가능성을 시사하는 결과인 것으로 판단된다. 변비를 유발시키면서 식이섬유를 급이한 흰쥐의 간 및 신장의 무게 변화는 Fig. 2와 같이, 체중 대비 간의 무게는 모든 실험군에서 정상군과 차이가 없었으며 신장의 무게도 각 실험군에서 차이가 나타나지 않아, 수리취 식이섬유는 10% 농도에서도 간과 신장에 대한 독성이 없는 것으로 판단된다.

혈중 콜레스테롤 및 중성지질 농도

수리취 식이섬유를 급이한 흰쥐의 혈청 중 cholesterol 및 triglyceride 함량 변화 측정 결과(Table 3), 혈청 중 total

Table 3. Effect of *Synurus deltoides* dietary fiber on the concentrations of serum lipid in rats (mg/dL)

Group	Total cholesterol	HDL cholesterol	Triglyceride
N	64.3±6.4[a]	44.0±9.1[a]	36.1±5.7[a]
C	58.4±5.9[a]	36.3±6.4[a]	34.4±6.4[a]
SD5	54.2±9.2[a]	27.9±5.7[ab]	32.3±3.3[a]
SD10	37.5±6.1[b]	24.9±4.3[b]	25.5±3.3[b]

Values are mean±SD (n=8). Different letters (a,b) in the column mean significant difference at $p<0.05$ levels by Duncan's multiple range test.

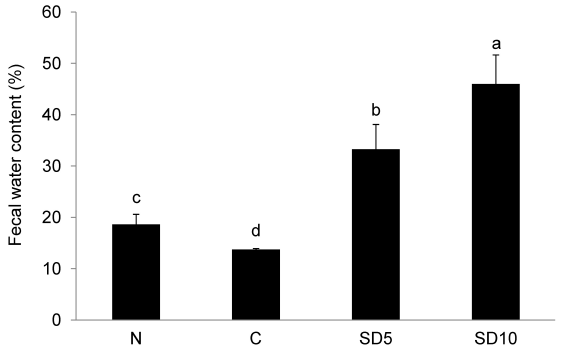

Fig. 1. Effects of *Synurus deltoides* dietary fiber on fecal water content in loperamide-induced constipation rats. Bars represent mean±SD. Different letters (a-d) in the bar mean significant difference at $p<0.05$ levels by Duncan's multiple range test. N: normal diet group, C: normal diet and loperamide-treated group, SD5: 5% of *S. deltoides* dietary fiber and loperamide-treated group, SD10: 10% of *S. deltoides* dietary fiberand loperamide-treated group.

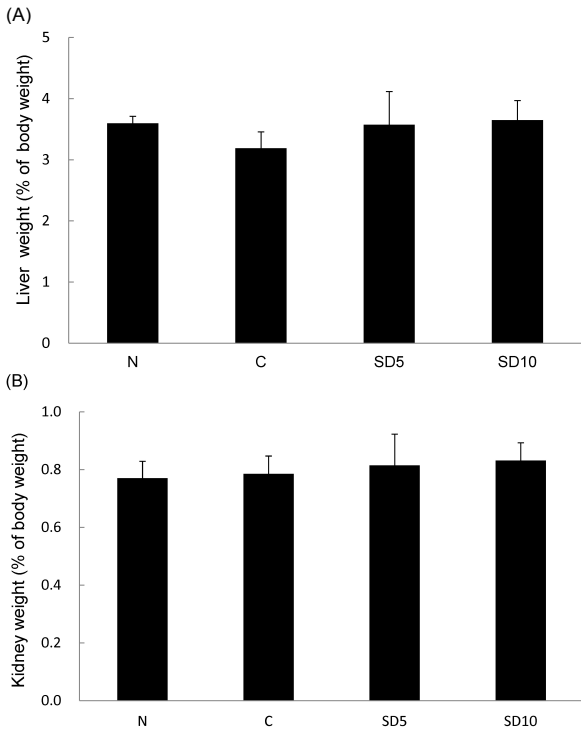

Fig. 2. Effects of *Synurus deltoides* dietary fiber on liver (A) and kidney weight (B) in loperamide-induced constipation rats. Bars represent mean±SD. N: normal diet group, C: normal diet and loperamide-treated group, SD5 : 5% of *S. deltoides* dietary fiber and loperamide-treated group, SD10: 10% of *S. deltoides* dietary fiber and loperamide-treated group.

cholesterol 함량은 수리취 식이섬유 5% 급이군(SD5)에서 loperamide로 변비를 유발한 대조군(C)에 비해 7.2% 감소하였으나 유의적인 차이는 없었으며, 수리취 식이섬유 10% 급이군(SD10)은 37.5 mg/dL로 35.8% 감소하여 수리취 식이섬유의 섭취량이 높아질수록 흰쥐의 혈중 cholesterol 함량이 감소하였다. 수리취 식이섬유는 88.9%의 불용성 식이섬유와 11.1%의 수용성 식이섬유로 구성되어 있으며(결과 생략), 수용성 식이섬유는 콜레스테롤 장간순환을 저해하여 콜레스테롤 체외 배출을 유도함으로써 혈중 콜레스테롤 농도를 감소시키는 효과를 기대해 볼 수 있지만 불용성 식이섬유는 혈중 지질 함량에 영향을 미치지 못한다고 알려져 있어(26-28) 본 실험 결과와 차이가 있었으나, 이는 수리취 식이섬유 내에 함유된 수용성 식이섬유의 영향 때문일 것으로 추정된다. HDL-cholesterol은 대조군에 비해 SD5군과 SD10군이 각각 23.1% 및 31.4% 감소하였으나 첨가 수준에 따른 유의적인 차이는 확인할 수 없었으며, 혈중 중성지방 농도는 대조군(C)에 비해 SD10군에서 25.8% 감소한 것으로 나타나 10% 농도의 차전자피 식이섬유 투여군의 혈중 중성지방 농도가 cellulose 투여군에 비해 36% 감소하였다는 보고(29)와 유사하였다.

혈중 GOT, GPT, BUN 및 glucose 농도

수리취 식이섬유를 급이한 흰쥐의 혈청 중 GOT, GPT, BUN 및 glucose 함량 변화는 Table 4와 같다. 일반적인 간 기능의 지표로 간 기능에 이상이 있을 때 수치가 증가하는 것으로 알려져 있는(30) GOT(glutamic oxaloacetic transaminase) 및 GTP(glutamic pyruvic transaminase)는 각 실험군에서 차이가 나타나지 않았으나, 신장 기능 장애의 임상지표인 BUN(blood urea nitrogen) 농도는 대조군(C)에 비해 SD10군에서 낮게 나타나 cellulose 및 pectin 투여군에 비해 차전자피 식이섬유 투여군의 BUN 농도가 각각 15.7% 및 12.8% 감소하였다는 연구결과(29)와 유사하였고, 혈중 포도당 농도는 각 실험군 간에 유의적인 차이가 없었다.

간 조직 중 콜레스테롤 및 중성지방 함량

간 조직 내의 총콜레스테롤 분석 결과, 수리취 식이섬유 급이군(SD5, SD10) 모두 정상군(N) 및 대조군(C)에 비해 총콜레스테롤 함량이 감소하였으며(Table 5), loperamide 투여에 의해 감소되었던 HDL-콜레스테롤은 수리취 식이섬유

Table 4. The levels of GOT, GPT and glucose in the rats (mg/dL)

Group	GOT	GPT	BUN	Glucose
N	87.2±8.9[a]	52.0±8.8[a]	36.6±1.0[a]	264.4±15.8[a]
C	83.0±11.2[a]	50.0±6.9[a]	36.7±1.6[a]	259.6±17.3[a]
SD5	85.8±12.5[a]	58.0±8.0[a]	37.4±1.4[a]	241.3±19.1[a]
SD10	87.9±9.6[a]	60.5±9.1[a]	35.2±0.9[b]	245.0±18.3[a]

Values are mean±SD (n=8). Different letters in the column mean significant difference at $p<0.05$ levels by Duncan's multiple range test.

Table 5. Effect of loperamide and *Synurus deltoides* dietary fiber on liver lipid (mg/g)

Group	Total cholesterol	HDL cholesterol	Triglyceride
N	107.0±9.4[b]	93.8±9.1[a]	244.7±40.4[a]
C	117.7±8.0[a]	72.5±8.8[b]	253.5±28.4[a]
SD5	88.7±3.9[c]	85.1±8.2[ab]	154.4±28.9[b]
SD10	89.4±8.4[c]	83.6±7.5[ab]	154.1±28.3[b]

Values are mean±SD (n=8). Different letters in the column mean significant difference at $p<0.05$ levels by Duncan's multiple range test.

급이 시 대조군(C)에 비해 증가하였으나 유의적인 차이는 없었다. 또한, 중성지방 함량은 총콜레스테롤과 마찬가지로 수리취 식이섬유 급이군(SD5, SD10)이 정상군(N)과 대조군(C)에 비해 감소하였다. 이와 같은 결과는 식이섬유 섭취군이 비섭취군에 비해 간장 내 총콜레스테롤 함량이 더 낮으며, 흰쥐에게 15% 식이섬유식이를 급이 시 간 조직의 중성지방 농도가 현저하게 감소하였다는 연구결과(31,32)와 일치하는 것으로서, 수리취 식이섬유가 간에 중성지방 축적을 방지하는 효과가 있는 것으로 판단되나 수리취 식이섬유 첨가량에 따른 콜레스테롤 및 중성지방 차이는 나타나지 않아 추후 첨가량에 대한 추가적인 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

요 약

새로운 식이섬유 소재 발굴을 위하여 수리취 식이섬유의 변비 개선 효능을 검정한 결과, 흰쥐의 사료섭취량과 체중변화는 정상군에 비해 수리취 식이섬유 투여군이 유의적으로 낮아 식욕억제와 비만예방에 효과가 있을 것으로 사료된다. 분변의 수분함량은 수리취 식이섬유 급이 시 식이섬유 첨가량에 따라 각각 2.4배 및 3.4배 증가하였으며, 간과 신장의 무게는 각 군간 차이가 없어 수리취 유래 식이섬유는 10% 농도에서 간과 신장에 독성이 없는 것으로 판단된다. 수리취 식이섬유 10% 급이 시 혈중 total-cholesterol, HDL-cholesterol 및 중성지방은 감소하였으며, 간 조직 내 지질농도는 혈중 지질농도와 마찬가지로 total-cholesterol 및 중성지방은 정상군 및 대조군에 비해 수리취 식이섬유 투여군에서 감소하였고, HDL-cholesterol 농도는 대조군에 비해 높아지는 경향을 보였으나 유의차는 없었다. 이와 같은 결과로 보아 수리취 식이섬유는 식욕을 억제하고 혈중 지질의 농도를 감소시키며 변비의 증상을 개선하는 효과가 있는 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청의 연구비 지원으로 수행된 연구 결과의 일부이며(PJ007327, PJ907105), 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Muller-Lissner SA. 1999. Classification, pharmacology, and side effects of common laxatives. *Ital J Gastroenterol* 31: 234-237.
2. Mo SM, Lee YS, Loo JO, Shon SM, Seo JS, Yoon EY, Lee SK, Kim WK. 2002. *Dietetic therapy*. Kyomunsa, Seoul, Korea. p 327.
3. Yim MY, Jang SA, Lee SG, Ly SY. 2003. Effects of psyllium husk and glucomannan on serum lipids, fecal fat excretion and body fat in rats fed high-fat diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 469-473.
4. Poller L. 1970. Fiber and diabetes. *Lancet* 24: 434-435.
5. Lee JJ, Park MR, Kim AR, Lee MY. 2011. Effects of ramie leaves on improvement of lipid metabolism and anti-obesity effect in rats fed a high fat/high cholesterol diet. *Korean J Food Sci Technol* 43: 83-90.
6. Jun DW, Park HY, Lee OY, Lee HL, Yoon BC, Choi HS, Hahm JS, Lee MH, Lee DH, Kee CS. 2006. A population-based study on bowel habits in a Korean community: prevalence of functional constipation and self-reported constipation. *Dig Dis Sci* 51: 1471-1477.
7. Wald A, Scarpignato C, Kamm MA, Mueller-Lissner S, Helfrich I, Schuijt C, Bubeck J, Limoni C, Petrini O. 2007. The burden of constipation on quality of life: results of a multinational survey. *Aliment Pharmacol Ther* 26: 227-236.
8. Im JH, Choi JK, Lee MH, Ahn YT, Lee JH, Huh CS, Kim GB. 2011. Effect of functional yogurt (R&B Rhythm) on the improvement of constipation in animal models. *Korean J Food Sci Ani Resour* 31: 442-450.
9. Lembo A, Camilleri M. 2003. Chronic constipation. *N Engl J Med* 349: 1360-1368.
10. Schneeman BO. 1989. Dietary fiber. *Food Technol* 43: 133-136.
11. Park EY, Lee SS. 1996. Effect of dietary fiber on the serum lipid level and bowel function in aged rats. *Korean J Nutr* 29: 934-942.
12. Lee HJ, Hwang EH. 1997. Effects of alginic acid, cellulose and pectin level on bowel function in rats. *Korean J Nutr* 30: 456-477.
13. Krotkiewski M. 1987. Effect of guar gum on the arterial blood pressure. *Acta Med Scand* 222: 738-746.
14. Saltzman E, Moriguti JC, Das SK, Corrales A, Fuss P, Greenberg AS, Roberts SD. 2001. Effects of a cereal rich in soluble fiber on body composition and dietary compliance during consumption of a hypocaloric diet. *J Am Coll Nutr* 20: 50-57.
15. Kay RM, Truswell AS. 1977. Effect of citrus pectin on blood lipids and fecal steroid excretion in man. *Am J Clin Nutr* 30: 171-174.
16. Kang HJ, Song YS. 1997. Dietary fiber and cholesterol metabolism. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 358-369.
17. Kang HS, Lee YS, Park YJ. 1998. Effect of indigestible dextrin on large intestinal functions and fecal states of rats. *Korean J Nutr* 31: 991-998.
18. Ebihara K, Nakamoto Y. 1998. Comparative effect of water-soluble and insoluble dietary fiber on bowel function in rats fed a liquid elemental diet. *Nutr Res* 18: 883-891.
19. Ham SS, Han HS, Choi KP, Oh DH. 1997. Inhibitory effects of *Synurus deltoides* extacts on the mutagenesis induced by various mutagens. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 528-533.
20. Park JH, Son KH, Kim SW, Chang HW, Bae K, Kang SS, Kim HP. 2004. Anti-inflammatory activity of *Synurus deltoides*. *Phytother Res* 18: 930-933.
21. Lee KJ, Yun IJ, Kim HY, Kim KH, Kim YJ, Kim DW, Lim SH. 2010. Antioxidative activities of solvent extracts from of *Synurus excelsus* and *Synurus palmatopinnatifidus*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1893-1897.
22. Jung MJ, Heo SI, Wang MH. 2008. Antioxidant activities of different parts of *Synurus deltoides* Nakai extracts in vitro. *Food Sci Biotechnol* 17: 1156-1159.
23. AOAC. 1995. Total, soluble and insoluble dietary fiber in food. AOAC official method 991.43. *Official Methods of Analysis*. 16th ed. Washington, DC, USA.
24. Lee JJ, Lee YM, Jung SK, Kim KY, Lee MY. 2008. Effect of dietary mulberry leaf on loperamide-induced constipation in rats. *Korean J Food Preserv* 15: 280-287.
25. Shimotoyodome A, Yajima N, Suzuki J, Tokimitsu I. 2005. Effects of coingestion of different fibers on fecal excretion and cecal fermentation in rats. *Nutr Res* 25: 1085-1096.
26. Salvin JL. 1994. Epidemiological evidence for the impact of whole grains on health. *Crit Rev Food Sci Nutr* 34: 427-434.
27. Kim MH. 2000. The water-soluble extract of chicory reduces cholesterol uptake in gut-perfused rats. *Nutr Res* 20: 1017-1026.
28. Lee JS, Lee MH, Koo JG. 2010. Effect of porphyran and insoluble dietary fiber isolated from laver, *Porphyra yezoensis*, on lipid metabolism in rats fed high fat diet. *Korean J Food & Nutr* 23: 562-569.
29. Hong SS, Cha JY, Kim DJ. 2002. Effect of psyllium husk, pectin and cellulose on the lipid concentrations and hemobiochemical enzymes in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 808-813.
30. Lee JH, Park KS. 1999. Effect of *Ganoderma lucidum* on the liver function and metabolism in alcohol-consuming rats. *Korean J Nutr* 32: 519-525.
31. Vahouny PH, Roy T, Callo LL, Story JA, Kritchevsky D, Cassidy MM. 1980. Dietary fibers Ⅲ. Effects of chronic intake on cholesterol absorption and metabolism in the rats. *Am J Clin Nutr* 33: 2182-2191.
32. Kim MJ, Jang JY, Lee MK, Park JY, Park EM. 1999. Effect of fiber on lipid concentration in hypercholesterolemic rats. *Korean J Food & Nutr* 12: 20-25.

(2011년 10월 7일 접수; 2011년 12월 1일 채택)