J East Asian Soc Diet Life
27(5): 548~557 (2017)
http://dx.doi.org/10.17495/easdl.2017.10.27.5.548

송기 분말이 Loperamide로 유도된 흰쥐의 변비 완화에 미치는 효과

이창현[1] · 장현욱[1] · 김 영[1] · 이영은[2,3†]

[1]농촌진흥청 국립농업과학원, [2]원광대학교 식품영양학과, [3]원광식품산업연구원

Effect of Pine Inner Bark (*Song-gi*) Powder on Relief from Constipation in Loperamide-induced Rats

Chang-Hyeon Lee[1], Hyun-Wook Jang[1], Young Kim[1] and Young-Eun Lee[2,3†]

[1]National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea
[2]Dept. of Food and Nutrition, Wonkwang University, Iksan 54538, Korea
[3]Wonkwang Research Institute for Food Industry, Iksan 54538, Korea

ABSTRACT

This study investigated the effects of insoluble dietary fibers from pine (*Pinus radiata* D. Don) inner bark powder (PIBP) on loperamide constipation in rats. Male Sprague-Dawley rats were administered PIBP in their diets at concentrations of 5% and 10% for 4 weeks. Rats were divided in to four groups, normal diet group (Cont), a normal diet and loperamide group (Lop), 5% PIBP experimental diet and loperamide group (Lop+PIBP 5%), and 10% PIBP experimental diet and loperamide group (Lop+PIBP 10%). Constipation was induced by oral administration of loperamide (2 mg/kg, twice per day) for the last three days of the experiment. Food intake, body weight, properties of feces, gastrointestinal transit time, and serum lipid profiles were measured. When compared with the normal diet and loperamide group (Lop), there were increases in fecal pellet number ($p<0.05$), wet weight ($p<0.001$), and water content ($p<0.001$). Positive results were derived from relevant indicators to improve constipation. In addition, the number of fecal pellets in the colon was not significant, and decreased as PIBP content increased. PIBP had a concentration-dependent effect on reduction of total cholesterol, LDL-cholesterol, and triglycerides and elevation of HDL-cholesterol. These results indicate that PIBP may effectively prevent constipation.

Key words: Pine inner bark powder, *song-gi*, loperamide, constipation, insoluble dietary fiber

서 론

오늘날 현대인들은 생활 스트레스와 불규칙한 식사, 섬유소 및 수분 섭취 부족, 운동 부족 등으로 소화기 계통에 불편함을 느끼고, 소화 능력 부족으로 변비가 발생하고 있다. 변비가 오래 지속되면 만성 변비 또는 대장 질환에 걸리고, 심지어 대장암까지 발전하는 경우도 있다(Lee JJ 등 2008). 임상 의학에서는 2006년 개정된 로마기준 Ⅲ을 일반적인 변비 진단기준으로 사용하고 있다. 과도한 힘주기, 딱딱한 변, 잔변감, 항문 폐쇄감, 원활한 배변을 위해 부가적인 처치, 일주일에 3회 미만으로 하는 배변 중 두 가지 이상 증상이 6개월 전부터 시작됐고, 최근 3개월 동안 지속된 경우를 변비로 정의한다(Longstreth GF 등 2006). 2016년 국민건강보험공단 자료(National Health Insurance Service 2016)에 따르면 변비 발병률이 남성보다 여성이 1.4배 높고, 9세 이하 어린이(15만 9천 명, 25.8%)보다 70대 이상 노인(17만 명, 27.6%)에게 더 흔하게 나타나는 증상으로 보고됐다(Heaton KW 등 1992; Camilleri M 등 2008).

임상 진료지침에서 식이섬유 섭취는 변 중량을 증가시키고, 장 통과시간을 단축시키는데 도움을 줄 수 있다고 제시하고 있다(Jeon HH & Park HJ 2012). 그동안 식이섬유는 사람 몸속에서 소화 · 분해되지 않는다는 이유로 영양소로써 주목받지 못했다. 그러나 소장에서 그대로 대장으로 내려가 장관을 통과하는 동안 다양한 장 기능 개선 효과를 나타낼 수 있어 최근에 다시 주목받고 있다(Ministry of Health and Welfare 2015).

식이섬유(total dietary fiber)는 신체에 미치는 생리작용에 따라 불용성 식이섬유와 수용성 식이섬유로 나뉜다. 불용성 식이섬유(insoluble dietary fiber)를 섭취해서 잔여물이 되면, 몸속의 수분을 흡수해서 보유하는 능력이 높아져 변이 묽어진다. 묽어진 변은 장관 안에서 연동운동을 촉진시켜 분변이 대장을 통과하는 시간을 단축시킨다. 결국 분변이 부드러워지고 양이 많아져 변비를 사전에 예방하거나 해소하는 역할을

† **Corresponding author :** Young-Eun Lee, Tel: +83-63-850-6896, Fax: +82-63-850-6077, E-mail: yelee@wku.ac.kr

할 수 있다(Heller SS 등 1980; Stevens J 등 1988; Gordon DT 1992; Cummings JH 1993). 반면에, 수용성 식이섬유(soluble dietary fiber)는 위 장관에서 음식물이 머무는 시간을 늘려 포만감을 느끼게 한다. 장내에서 영양소의 흡수를 지연시키고, 담즙산이나 콜레스테롤과 같은 스테로이드 흡수를 억제해 분비를 촉진시켜 재순환을 방해한다. 이외에 혈중 콜레스테롤 감소, 관상동맥질환 예방, 대장암 발병률 감소 등이 수용성 식이섬유의 기능으로 보고됐다(Krotkiewski M 1987; Marlett JA 1997; Brown L 등 1999; Jenkins DA 등 2000; Saltzman E 등 2001; Ministry of Health and Welfare 2015).

송기(松肌)는 소나무 속껍질(pine inner bark)로 흉년이나 춘궁기에 기근을 달래기 위해 먹었던 구황식품으로 활용해왔다. 봄철 두꺼운 겉껍질을 벗기면 나오는 부드러운 속껍질을 얇게 긁어서 결대로 뜯어먹으면 단맛이 나고 배고픔을 달랠 수 있었다. 1554년(명종 9)에 흉년의 구휼 방법을 기록한『*Guhwangchwalyo*(救荒撮要)』와 1766년(영조 42)에 유중임이 엮은 농서인『*Jeungbosallimgyeongje*(增補山林經濟)』에 다른 초근목피(草根木皮)와 함께 송기가 수록돼 있다. 오늘날 송기는 일반 가정에서 쉽게 볼 수 없는 식재료가 됐다. 그러나 수백년 대(代)를 이어온 종가(宗家)에서는 조상의 기개와 성정(性情)을 상징하는 '정신적 식재료'의 가치와 함께 떡에 붉은 색을 내는 발색제와 항균 작용을 하는 용도의 식재료로써 사용해왔다(Lee CH 2016).

소나무는 이차 성장을 통해 코르크 형성층에서 생긴 오래된 겉껍질(older bark)은 강력한 항산화제 Pycnogenol®과 같은 치료를 위한 의약품으로 사용했고, 그보다 덜 오래된 속껍질(younger bark)은 식품으로 사용해왔다(Johnson LM 1997; Cretu E 등 2013). 송기 같은 식물성 식재료의 세포에는 탄수화물과 리그닌 등 인체 소화효소로 분해되지 않는 식이섬유가 존재한다(Slavin JL 2005). 송기를 분말로 만들어 성분을 분석한 Lee CH(2016)에 의하면 송기의 총 식이섬유는 73.72±0.69 g/100 g, 수용성 식이섬유는 5.62±0.11 g/100 g, 불용성 식이섬유는 68.10±0.71 g/100 g으로 나타났다. 송기 분말 100 g에는 절반 이상의 식이섬유가 함유돼 있는데, 그 중에 90% 이상이 불용성 식이섬유로 분석됐다. 따라서 송기를 섭취하면 배변량이 증가하고, 활발한 장관 연동 운동에 영향을 줘 변비를 완화하는 효과가 있을 것으로 기대된다.

실험동물에 불용성 식이섬유를 급여해 변비 개선 효과를 살펴본 선행연구를 살펴보면 다음과 같다. 식이뽕잎이 변 개수, 변 중량, 변 수분함량 증가와 장내 변 개수, 통과속도 증가, 통과시간 감소로 변비 증상을 개선하는 효과를 확인한 Lee JJ 등(2008)과 구멍쇠 미역분말을 사료로 급여해 식욕억제와 비만예방 효과를 확인하고, 장내 분변 이동률 증가 및 촉진으로 변비 해소와 장 기능 개선 효과를 확인한 Park SJ 등(2013), 불용성 함초 식이섬유를 급여해 중성지방 감소, HDL-콜레스테롤 증가, 대변량 증가, 장 통과시간 단축 및 장 점막층 회복으로 장 기능 저하를 개선하는 효과를 확인한 Kim SH 등(2014) 등 연구로 식물성 식재료의 식이섬유를 이용한 연구가 보고됐다. 그러나 불용성 식이섬유가 다량 함유돼 있는 송기의 장관 내 활발한 배변 활동이 기대됨에도 변비 개선 효과 연구는 이뤄지지 않은 실정이다.

지금까지 송기에 관한 국내 연구는 속껍질에 함유된 페놀성 화합물의 성분을 밝히고자 proanthocyanidin을 분리해서 주요 성분구조를 분석하고 조건을 정립하는 연구(Song HK & Oh SJ 1996), 송기로 만든 떡을 조리방법(Kim SI & Han YS 1993)과 저장기간(Kim SI 등 1993)을 다르게 해서 관능검사와 기계적 텍스쳐 특성을 살펴본 연구, 그리고 송기 분말로 만든 가래떡의 품질과 저장특성을 분석한 연구(Woo MJ 등 2016)가 발표됐지만, 소수에 불과하며 건강기능성 관련 연구는 수행되지 않았다. 따라서 본 연구에서는 불용성 식이섬유 함량이 높은 송기를 실험동물 식이로 급여해 loperamide로 유도된 흰쥐의 변비 완화에 미치는 영향 지표와 개선 효과를 알아보고자 한다.

재료 및 방법

1. 재료 준비

식품의약품안전처 <식품공전(食品公典, Korean Food Standards Codex)>(Ministry of Food and Drug Safety 2016)에 "식품으로 사용할 수 있는 원료"로 공식 인정된 식품 원료인 라디아타소나무(*Pinus radiata* D. Don)의 사용부위 중 송기를 선정했다. 실험에 사용한 송기는 벌목과 채취가 허가된 경상북도 청도군 벌목장에서 구입했다.

송기로 만든 떡을 조리방법에 따라 관능적·기계적 특성을 살펴본 Kim SI & Han YS(1993)와 Woo MJ 등(2016)의 연구를 참고해서, 송기 100 g당 300 mL의 물을 넣고 6시간 삶는 과정에서 질긴 송기를 부드럽게 하기 위해 송기 중량의 0.5%의 소다(탄산나트륨, Na_2CO_3)를 함께 넣었다. 삶은 송기를 정량하기 위해 동결건조기(PV TFD 10R, ILSHIN, Yangju, Korea)에서 72시간 동결건조하고, 일반 믹서(FMF-3300H, Hanil, Seoul, Korea)에 갈아 분말(Pine Inner Bark Powder; PIBP)로 만들어 냉동 보관해서 사용했다.

2. 실험동물 사육 및 식이 구성

실험동물은 5주령에 Sprague-Dawley종 수컷 흰쥐 32마리를 ㈜샘타코바이오코리아(Kyeonggi, Korea)에서 구입했다. 구입한 뒤 일주일간 물과 일반 식이를 자유롭게 먹게 하면서 실험실 환경에 적응시켰다. 사육하는 실험실 환경은 온도 22

±1℃, 상대습도 63±5%, 12시간 명암 조건으로 조절했다. 일주일 뒤 체중을 측정해서 4개 군에 각 8마리씩 완전임의배치(completely randomized design)에 따라 구분하고, 2마리씩 분리해서 4주 동안 사육했다.

제1군은 일반 식이를 급여하는 '음성대조군(Control; Cont)', 제2군은 일반 식이를 급여하면서 loperamide로 변비를 유도하는 '양성대조군(Loperamide; Lop)', 제3군은 저(低) 함량인 송기 분말 5%가 포함된 제조 식이를 급여하면서 loperamide로 변비를 유도하는 '저함량군(Lop+PIBP 5%)', 제4군은 고(高) 함량인 송기 분말 10%가 포함된 제조 식이를 급여하면서 loperamide로 변비를 유도하는 '고함량군(Lop+PIBP 10%)'이다. 모든 실험과정과 절차는 원광대학교 동물실험윤리위원회(승인번호: WKU16-53)의 사전 심의를 얻고 윤리 규정을 준수해서 수행했다.

동물실험 기간은 총 5주로 1주 동안 환경에 적응시킨 뒤 4주 동안 실험을 진행했다. 흰쥐 식이로 공급한 pellet형 고형사료는 ㈜두열바이오텍(Seoul, Korea)에 의뢰해 만든 AIN-76A 일반 식이와 송기 분말을 섞은 제조 식이를 사용했다. Pellet형 고형사료는 제조사에 식이 성분 구성을 의뢰해 제조했으며, Table 1과 같다. Loperamide로 변비를 유도한 흰쥐에 불용성 식이섬유 함량에 따른 변비 개선 효과를 살펴본 선행연구(Lee JJ 등 2008; Park MH 등 2011; Park SJ 등 2013; Kim SH 등 2014)를 참고해서 식이 전체 중량의 5%와 10%에 해당하는 송기 분말 함량을 연구에 적용했다.

음성대조군과 양성대조군은 일반 식이를 급여했고, 저함량군은 송기 분말 5%, 고함량군은 송기 분말 10%가 포함된 제조 식이를 급여했다. 네 군 중 양성대조군과 저함량군, 고함량군은 loperamide로 변비를 유도시켰다. 실험에 사용한 loperamide는 Sigma(St. Louise, MO, USA) 제품을 사용했고, 기타 실험에 사용한 시약은 일반 특급시약을 사용했다.

Table 1. Composition of experimental diet fed in rats

Diet composition (g/100 g diet)	Groups			
	Cont	Lop	Lop+PIBP 5%	Lop+PIBP 10%
Casein, 30 mesh	20.0	20.0	20.0	20.0
DL-methionine	0.3	0.3	0.3	0.3
Corn starch	15.0	15.0	10.0	5.0
Sucrose	50.0	50.0	50.0	50.0
Cellulose, BW 200	5.0	5.0	5.0	5.0
Corn oil	5.0	5.0	5.0	5.0
Mineral mix[1)]	3.5	3.5	3.5	3.5
Vitamin mix[2)]	1.0	1.0	1.0	1.0
Choline bitartrate	0.2	0.2	0.2	0.2
PIBP	-	-	5.0	10.0

Cont: normal diet group, Lop: normal diet and loperamide group, Lop+PIBP 5%: 5% of pine inner bark powder and loperamide group, Lop+PIBP 10%: 10% of pine inner bark powder and loperamide group.

1) Mineral mix (g/kg mix): Calcium phosphate, dibasic 500, Magnesium oxide 24, Potassium citrate, 1 H_2O 220, Potassium sulfate 52, Sodium chloride 74, Chromium potassium sulfate, 12 H_2O 0.55, Cupric carbonate 0.3, Potassium iodate 0.01, Ferric citrate 6, Manganous carbonate 3.5, Sodium selenite 0.01, Zinc carbonate 1.6, Sucrose 118.03 to make 1 kg.

2) Vitamin mix (g/kg mix): Vitamin A acetate 0.8, Vitamin D_3 1, Vitamin E acetate 10, Menadione sodium bisulfite 0.08, Biotin (1.0%) 2, Cyanocobalamin (0.1%) 1, Folic acid 0.2, Nicotinic acid 3, Calcium pantothenate 1.6, Pyridoxine-HCI 0.7, Riboflavin 0.6, Thiamin HCI 0.6, Sucrose 978.42 to make 1 kg.

3. 실험동물 처치

4주(28일) 간 식이섭취 기간이 끝나고, 29일차부터 31일차까지 3일 동안 변비를 유도시키지 않는 음성대조군은 0.9% 생리식염수만 경구투여(p.o, per oral)했고, 변비를 유도시킬 양성대조군, 저함량군, 고함량군은 loperamide(2 mg/kg)를 0.9% 생리식염수에 녹인 뒤 하루에 2회씩(오전 9시와 오후 9시) 3일간 경구투여했다(Park MK 등 2007; Kim DG 등 2011; Park CS 등 2013; Kim SH 등 2014). Loperamide는 설사를 치료하는 지사제로 일정 기간 연속해서 투여하면 대장 내 점액질 분비와 장 운동이 감소해 통과시간이 길어지는 증상이 나타나, 설사를 멈추게 하는 약품이지만(Schiller LR 등 1984), 설사 증상이 없는 정상일 경우에는 변비를 유발한다. 실험 31일차에 장 통과시간을 측정한 뒤 32일차에 모든 군의 실험동물을 ether로 흡입 마취해서 희생했다.

4. 체중 변화 및 식이섭취량 측정

실험 기간 동안 일정한 시간에 맞춰 식이섭취량과 체중을 주 1회 측정했고, 변비를 유도하는 3일 동안 매일 측정했다. 일반 식이와 조제 식이로 구분하는 실험 식이는 100 g씩 하루에 한 번 같은 시간에 공급하고, 24시간 뒤 남은 양을 측정해서 그 차이를 식이섭취량으로 계산했다. 식이섭취량은 변비를 유도하기 전 4주와 변비를 유도하는 3일, 두 기간으로 나눠 측정했다.

5. 변 개수, 변 중량, 변 수분함량 측정

변비 유도 전과 후로 나눠 변을 수거해서 개체 당 개수와 중량, 수분함량을 측정했다. 변비 유도 전에는 주 1회, 변비

유도 후에는 매일 측정했다. 수분함량은 변을 70℃ 드라이오븐에 24시간 동안 건조시켜 변비 유도 전과 후의 중량 차이를 비교해서 분석했다(Shimotoyodome A 등 2000; Yim JH 등 2007; Park MK 등 2007; Lee JJ 등 2008; Im JH 등 2011).

6. 장 통과시간 측정

변비 유도 3일째에 실험동물을 12시간 절식시킨 뒤, 장 통과 표지물질인 carmine red(Sigma, St. Louis, MO, USA)를 1 g 혼합한 식이 5 g씩을 먼저 급여해서 모두 섭취하게 했다. 표지물질 혼합 식이를 급여한 뒤 30분 간격으로 붉은색 변의 배설 여부를 확인했다. 식이를 급여한 시간으로부터 표지가 변 중에 처음 나타난 시간까지 간격을 장 통과시간으로 측정했다.

7. 장관 내 잔류 변 개수 측정과 형태 관찰

장관 내 변 개수는 loperamide 투여한 뒤 3일째 되는 날 맹장부터 직장까지 전체 부위를 취해 10% formaldehyde 인산염 완충액(phosphate buffered saline, PBS, pH 7.4)으로 고정해서 대장 안에 남아있는 변 개수를 측정했다. 대장 내에 남아 있는 변의 크기와 형태는 눈으로 확인했다.

8. 혈청 지질 함량 측정

혈청 분석을 위해 실험 종료일에 흰쥐를 마취시켜 개복한 뒤 후대정맥에서 채혈했다. 혈액을 3,000 rpm에서 10분간 원심분리해서 혈청을 분리한 뒤 자동생화학분석기(Hitachi 7600 Automatic Analyzer Series, Hitachi Co., Tokyo, Japan)를 사용해서 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, LDL-콜레스테롤, 중성지방을 측정했다.

9. 통계 처리

통계 처리는 SPSS statistical package(21.0 version, IBM, Armonk, NY, USA)를 사용했다. 음성대조군과 양성대조군, 양성대조군과 저함량군 또는 고함량군의 두 집단 간 평균 차이에 관한 유의성은 독립표본 *T* 검정(Student's *t*-test)을 활용했다. 4개 군의 집단 간 평균 차이를 검정하기 위해 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 사용했고, 다중비교에 대한 사후검정은 Duncan's multiple range test를 실시했다. 모든 실험 결과의 통계적 유의성은 $p<0.05$ 수준에서 검증했다.

결과 및 고찰

1. 체중 변화 및 식이섭취량

실험기간 동안 각 군의 체중 변화와 식이섭취량을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 각 군의 평균 체중은 150 g씩 증가했다. 변비 유도 전(Before Inducing Constipation; BIC)과 변비 유도 후(After Inducing Constipation; AIC)의 식이섭취량을 비교하면 다음과 같다. 음성대조군은 체중 증가와 더불어 식이섭취량도 증가했다. 그러나 변비를 유도한 양성대조군과 저함량군, 고함량군은 체중이 증가했지만, 식이섭취량은 모두 감소했다. 그 중 양성대조군의 식이섭취량이 가장 낮았다.

Shimotoyodomo A 등(2000)에 따르면 loperamide를 투여 시 복부가 팽만해지고 식욕이 떨어지는 증상이 나타나, 실험동물의 식이섭취량이 감소하는 것으로 밝혀진 바 있다. 또한 연속해서 loperamide를 투여하면 수축과 이완을 반복하는 대장의 연동 운동이 저하되면서 변의 이동 속도가 느려진다. 자연스럽게 배변 기간이 길어지고 대장 점액질 두께가 얇아져서 변비에 걸리는데 사람과 유사한 증상이 나타나기도 한다(Cepinskas 등 1993). 이로 인해 일반 식이를 급여해 변비를 유도한 대조군에서 변비 유도 후 식이섭취량이 가장 낮아, 식욕 저하가 나타난 결과로 볼 수 있다.

Table 2. Effects of PIBP on body weight and food intake in rats

Groups[1)]		Cont	Lop	Lop+PIBP 5%	Lop+PIBP 10%
Body weight (g)	Initial	202.70±2.38[NS2)]	203.06±2.22	203.11±1.98	203.16±2.00
	Final	361.15±7.57[NS]	355.21±5.14	362.80±9.11	351.01±7.88
	Body weight gain	158.45±5.47[NS]	152.15±5.11	159.69±7.73	147.85±7.00
Food intake (g/day)	BIC	19.61±0.34[c]	19.52±0.12[c]	21.46±0.58[b]	23.05±0.32[a]
	AIC	22.34±0.47[a]	17.86±0.45[b]	18.56±0.72[b]	19.45±0.57[b]

1) Abbreviations: Cont, normal diet group; Lop, normal diet and loperamide group; Lop+PIBP 5%, 5% of pine inner bark powder and loperamide group; Lop+PIBP 10%, 10% of pine inner bark powder and loperamide group; BIC, before inducing constipation; AIC, after inducing constipation.

2) Values are Mean±S.E. (n=8). [NS] Not significantly different among groups. Different superscript within a row ([a~c]) are significantly different at $p<0.05$ by one-way ANOVA with Duncan's multiple range test.

2. 변 개수, 변 중량, 변 수분함량

변비 유도 전과 후로 나눠 실험동물 개체 당 변 개수와 변 중량, 변 수분함량 결과는 다음과 같다(Table 3). 변비를 유도하기 전 4주 동안 각 군에서 배설한 변 개수는 음성대조군과 양성대조군이 각각 31.69±0.89개, 32.64±0.49개로 유의적인 차이가 없었으며, 송기 분말의 함량에 따라 저함량군과 고함량군은 각각 46.45±1.29개, 58.24±1.82개로 함량이 높을수록 변 개수가 유의적으로 많아지는 것으로 나타났다(p<0.001).

변비를 유도한 후, 양성대조군의 변 개수가 절반 이하로 감소했고, 변비를 유도하지 않은 음성대조군과 비교했을 때 유의적인 감소를 보여 변비 증상이 나타난 것을 알 수 있다(p<0.001). 변 개수가 현저히 감소한 양성대조군과 동일하게 변비를 유도한 송기 분말 저함량군과 고함량군도 유도하기 전보다 감소했다. 그러나 송기 분말의 함량이 높을수록(23.34±1.46개) 변 개수가 유의적으로 증가해서(p<0.05) 음성대조군(25.16±1.43개) 수준까지 증가한 것으로 나타나, 송기 분말을 첨가한 식이 급여가 원활한 배변 활동에 영향을 미친 것으로 볼 수 있다. 변 중량은 변 개수와 함께 비례적으로 증감 관계가 나타나는 수치다.

변 수분함량은 변비를 유도시키기 전, 양성대조군보다 송기 분말 첨가군에서 증가한 경향이 있지만, 유의적인 차이는 없었다. 변비를 유도한 후, 송기 분말을 첨가한 식이를 급여하지 않고 일반 식이에 loperamide를 단독으로 투여한 양성대조군에서도 수분함량이 증가하는 경향이 나타났다. 또한 송기 분말을 식이로 급여한 실험군에서 함량이 높을수록 양성대조군보다 수분함량이 증가한 것으로 나타났지만, 유의적인 차이는 없었다.

식이섬유가 함유된 송기 분말을 급여한 흰쥐에서 변 개수와 변 중량, 변 수분함량까지 변비를 유도하기 전과 후 모든 실험기간 동안 송기 분말 첨가량이 많을수록 증가했다. 우렁쉥이 식이섬유를 0%, 5%, 10%, 20% 농도에 따라 흰쥐에 급여한 연구(Yook HS 등 2003)와 저발효 식이섬유인 구아검 가수분해물(guar gum hydrolysate)을 0%, 0.75%, 1.5%, 3%, 6% 농도와 고발효 식이섬유인 알긴산나트륨(low-molecular-weight sodium alginate)을 0%, 1%, 2%, 4%, 8% 농도에 따라 흰쥐에 급여한 연구(Shimotoyodomo A 등 2005), 뽕잎 분말 식이섬유를 0%, 5%, 10%, 20% 농도에 따라 흰쥐에 급여한 연구(Lee JJ 등 2008) 모두 변 개수와 변 중량, 변 수분함량 지표에서 식이섬유 함량이 높을수록 증가하는 동일한 결과가 보고돼 있다.

송기 분말은 불용성 식이섬유가 68.10±0.71 g/100 g로 매우 높아(Lee CH 2016), 식이에 급여하는 송기 분말의 함량이 높을수록 대장 안의 변 부피를 증가시켜 변 중량이 증가하고, 수분 보유력이 커져 수분함량도 높아진다. 따라서 변 개수와 변 중량, 변 수분함량은 송기 분말 섭취에 따른 배변 활동에 영향을 주고 있는 지표로써 활용이 가능할 것으로 사료된다.

3. 장 통과시간

Loperamide를 투여해 변비를 유도한 3일째 측정한 장 통과시간 실험 결과는 Table 4에 제시했다. 장 통과시간의 측정을 통해 송기 분말이 흰쥐의 대장 연동에 미치는 영향을 파악하고자 했다. 이는 앞서 분석한 변 개수와 변 중량, 변 수분함량의 결과와 함께 대장 연동 효과를 복합적으로 판단할 수 있는 지표가 된다.

변비가 유도된 양성대조군은 음성대조군에 비해 장 통과시간이 유의적으로 증가했다(p<0.001). 송기 분말을 식이로 급

Table 3. Effects of PIBP on the number of fecal pellet, wet weight of fecal pellets and fecal water content in rats

Groups[1)]		Cont	Lop	Lop+PIBP 5%	Lop+PIBP 10%
BIC	No. of fecal pellet (count/day)	31.69±0.89^{c}[2)]	32.64±0.49^{c}	46.45±1.29$^{b\#\#\#}$	58.24±1.82$^{a\#\#\#}$
	Wet weight of fecal pellet (g/day)	3.59±0.04^{c}	3.55±0.07^{c}	4.78±0.10$^{b\#\#\#}$	6.20±0.20$^{a\#\#\#}$
	Fecal water content (%)[3)]	18.02±0.48^{NS}	19.08±0.57	19.17±0.92	19.77±0.89
AIC	No. of fecal pellet (count/day)	25.16±1.43^{a}	14.49±1.13^{c***}	19.15±1.43$^{b\#}$	23.34±1.46$^{a\#\#\#}$
	Wet weight of fecal pellet (g/day)	2.89±0.09^{a}	1.49±0.05^{c***}	2.41±0.05$^{b\#\#\#}$	3.06±0.06$^{a\#\#\#}$
	Fecal water content (%)	19.61±2.08^{b}	22.82±2.16^{ab}	25.50±0.17^{a}	28.16±2.28^{a}

1) Abbreviations: Cont, normal diet group; Lop, normal diet and loperamide group; Lop+PIBP 5%, 5% of pine inner bark powder and loperamide group; Lop+PIBP 10%, 10% of pine inner bark powder and loperamide group; BIC, before inducing constipation; AIC, after inducing constipation.

2) Values are Mean±S.E. (n=8). ^{NS} Not significantly different among groups. Different superscript within a row ($^{a\sim c}$) are significantly different at p<0.05 by one-way ANOVA with Duncan's multiple range test. *** p<0.001 vs. Cont, $^{\#}$ p<0.05 and $^{\#\#\#}$ p<0.001 vs. Lop by Student's t-test.

3) Fecal water content (%): {wet weight of fecal pellet (g) − dry weight of fecal pellet (g)}/wet weight of fecal pellet (g) × 100

Table 4. Gastrointestinal transit time of rats fed experimental diets

Groups[1)]	Cont	Lop	Lop+PIBP 5%	Lop+PIBP 10%
GI transmit time (min)	714.38±8.32[d2)]	865.63±8.58[a***]	800.63±4.27[b###]	748.75±6.73[c###]

[1)] Abbreviations: Cont, normal diet group; Lop, normal diet and loperamide group; Lop+PIBP 5%, 5% of pine inner bark powder and loperamide group; Lop+PIBP 10%, 10% of pine inner bark powder and loperamide group; BIC, before inducing constipation; AIC, after inducing constipation; GI, gastrointestinal.

[2)] Values are Mean±S.E. (n=8). [NS] Not significantly different among groups. Different superscript within a row ([a~d]) are significantly different at $p<0.05$ by one-way ANOVA with Duncan's multiple range test. [***] $p<0.001$ vs. Cont, [###] $p<0.001$ vs. Lop by Student's *t*-test.

여하고, 변비를 유도한 실험군에서는 함량이 높을수록 장 통과시간이 유의적으로 감소했다($p<0.001$). 송기 분말 식이섬유 급여로 변비가 유도된 흰쥐의 대장 내 변의 통과시간이 단축된 것을 확인할 수 있다. 수용성 식이섬유는 장 통과시간을 증가시키는 반면, 송기와 같은 불용성 식이섬유는 장 통과시간을 감소시키는 생리적 기능이 있다(Cherbut C 등 1997; Kim JY 등 2000).

4. 장관 내 잔류 변 개수와 형태

실험동물을 처치해서 맹장부터 직장까지 장관 내 변 개수와 형태를 관찰한 결과는 Table 5 및 Fig. 1과 같다. 변비를 유도하지 않은 음성대조군에서 변이 가장 적게 나왔으며, 정상적인 배변상태로 볼 수 있다. Loperamide로 변비를 유도한 양성대조군의 변 개수는 평균 9.13±1.71개로 최대 17개까지 확인했다($p<0.01$). Loperamide로 변비를 유도하면서 송기 분말을 식이로 급여한 저함량군은 평균 8.88±0.93개, 고함량군은 평균 6.13±0.72개로 함량이 높을수록 변 개수가 적게 나타났으나, 통계적으로 유의하지 않았다. 양성대조군과 저함량군, 고함량군이 음성대조군보다 변 개수가 현저히 많은 것은 loperamide 투여로 장관 운동성이 감소해 변비가 발생했기 때문이다. 양성대조군과 저함량군은 변 개수가 거의 비슷하지만, 육안으로 확인해도 저함량군의 변 크기가 크고, 구분이 확실하다. 그러나 양성대조군은 변 크기가 작을 뿐만 아니라, 변비가 유도돼 변이 막히는 형태를 띠고 있다. 이 같은 결과는 식이섬유가 풍부한 송기 분말을 식이로 급여하는 함량이 높을수록 장 통과시간 감소에 영향을 줘 변 개수가 감소한 것으로 선행연구 결과와 유사한 경향으로 나타났다(Lumpton JR & Morin JL 1993; Lee JJ 등 2008).

5. 혈청 지질 함량 측정

실험동물의 혈청 중 콜레스테롤과 중성지방 변화를 측정해서 분석한 결과는 Table 6과 같다. 총 콜레스테롤은 양성대조군보다 송기 분말의 함량이 높을수록 감소하는 경향이 나타났지만, 유의적인 차이는 없었다. 송기 분말을 식이로 급여한 실험군은 양성대조군보다 감소했으며, 송기 분말의 함량별로 HDL-콜레스테롤 수치에는 유의적 차이가 없었다. LDL-콜레스테롤도 음성대조군 11.13±1.59 mg/dL에 비해 양성대조군이 21.38±2.00 mg/dL로 유의하게 증가했으며($p<0.01$), 양성대조군에 비해 고함량군만 낮게 나타났다. 중성지방은 음성대조군에서 가장 높은 122.88±21.80 mg/dL로 나타났다. Loperamide를 투여한 양성대조군에서 절반 이하인 60.38±8.58 mg/dL로 유의적으로 감소했다($p<0.05$). 저함량군은 양성대조군보다 증가했지만, 고함량군에서 51.88±7.00 mg/dL로 감소했다.

결과적으로 loperamide로 변비를 유도한 흰쥐에 식이로 급여한 송기 분말의 함량이 높을수록 총 콜레스테롤, LDL-콜레스테롤, 중성지방은 감소했고, HDL-콜레스테롤이 증가하는 결과를 가져와 지질대사 개선에 효과가 있는 것으로 나타났다. 이는 불용성 셀룰로오스가 주성분인 우렁쉥이 식이섬유를 급여해 흰쥐의 혈청을 분석한 Yook HS 등(2003)과 뽕잎분말을 식이로 급여한 Kim AJ 등(2005), Lee JJ 등(2008)의 연구 결과와 일치했다. 그러나 혈중 콜레스테롤 저하에 영향을 미치는 식이섬유의 대부분은 수용성 식이섬유다. 불용성 식이섬유가 많은 식품을 섭취할 경우, 장내 연동 작용을 원

Table 5. Effect of PIBP on the number of fecal pellets in the colon of rats at 3 days after loperamide adminstration

Groups[1)]	Cont	Lop	Lop+PIBP 5%	Lop+PIBP 10%
No. of fecal pellets	1.00±0.42[b2)]	9.13±1.71[a**]	8.88±0.93[a]	6.13±0.72[a]

[1)] Abbreviations: Cont, normal diet group; Lop, normal diet and loperamide group; Lop+PIBP 5%, 5% of pine inner bark powder and loperamide group; Lop+PIBP 10%, 10% of pine inner bark powder and loperamide group.

[2)] Values are Mean±S.E. (n=8). Different superscript within a row ([a,b]) are significantly different at $p<0.05$ by onew-way ANOVA with Duncan's multiple range test. [**] $p<0.01$ vs. Cont by Student's *t*-test.

Cont Lop Lop+PIBP 5% Lop+PIBP 10%

Fig. 1. Effect of PIBP on the number of fecal pellets in the colon of rats at 3 days after loperamide administration. Abbreviations: Cont, normal diet group; Lop, normal diet and loperamide group; Lop+PIBP 5%, 5% of pine inner bark powder and loperamide group; Lop+PIBP 10%, 10% of pine inner bark powder and loperamide group.

Table 6. Effects of PIBP in serum lipid profiles in rats (mg/dL)

Groups[1)]	Cont	Lop	Lop+PIBP 5%	Lop+PIBP 10%
Total cholesterol	87.38±3.00[NS2)]	101.13±6.00	95.63±3.35	92.38±3.27
HDL cholesterol	62.13±3.81[b]	81.00±4.52[a**]	72.88±2.87[a]	74.38±3.04[a]
LDL cholesterol	11.13±1.59[b]	21.38±2.00[a**]	21.63±1.86[a]	18.63±1.41[a]
Triglyceride	122.88±21.80[a]	60.38±8.58[b*]	83.13±18.36	51.88±7.00[b]

[1)] Abbreviations: Cont, normal diet group; Lop, normal diet and loperamide group; Lop+PIBP 5%, 5% of pine inner bark powder and loperamide group; Lop+PIBP 10%, 10% of pine inner bark powder and loperamide group.

[2)] Values are Mean±S.E. (n=8). [NS] Not significantly different among groups. Different superscript within a row ([a,b]) are significantly different at $p<0.05$ by one-way ANOVA with Duncan's multiple range test. [*] $p<0.05$ and [**] $p<0.01$ vs. Cont by student's *t*-test.

활하게 도와줘 배변량을 증가시키고, 장 통과시간을 단축시키는 등 소화 관련 장 기능을 향상시키는 효과가 대부분이다. 따라서 수용성 식이섬유보다 약 12배 이상 많은 불용성 식이섬유로 구성된 송기 분말을 급여해 콜레스테롤을 감소시켜 관상동맥질환을 예방하는 효과는 Kim MJ & Lee SS(1995)의 연구 결과와 같이 유의적 관련이 적은 것으로 사료된다.

요약 및 결론

본 연구는 불용성 식이섬유 함량이 높은 것으로 보고된 송기 분말을 식이에 포함시켜 loperamide로 변비를 유도한 흰쥐에 급여해서 개선되는지 여부를 알아보고자 했다. 5주령의 Sparague-Dawley종 수컷 흰쥐 32마리를 4개 군으로 8마리씩 완전임의배치로 구분해서 실험했다. 일반 식이를 급여한 음성대조군, 일반 식이를 급여하고 변비를 유도한 양성대조군, 송기 분말이 5% 함유된 조제 식이를 급여하고 변비를 유도한 저함량군, 송기 분말이 10% 함유된 조제 식이를 급여하고 변비를 유도한 고함량군으로 구분했다. 실험 결과는 다음과 같다.

첫째, 변비 유도 전과 변비 유도 후의 식이섭취량과 체중 변화를 비교하면, 음성대조군은 체중과 식이섭취량 모두 증가했다. 양성대조군과 실험군은 loperamide의 투여로 식욕이

떨어져 식이섭취량 감소에도 불구하고, 체중은 변비 유도와 송기 분말 첨가 여부에 관계없이 증가하는 경향이었으나, 통계적으로 유의하지는 않았다.

둘째, 변비 유도 전후에 변 개수와 변 중량, 변 수분함량을 분석한 결과, 송기 분말 첨가에 따라 용량 의존적으로 변 개수와 변 중량은 증가했으며, 변 수분함량은 유의적인 차이를 보이지 않았다. 변비 유도 후에는 양성대조군에서 변의 개수, 변 중량이 유의적으로 감소했고($p<0.001$), 송기 분말의 함량이 높을수록 변 개수($p<0.05$), 변 중량($p<0.001$)이 증가하고, 변 수분 함량도 증가하는 것으로 분석됐다.

셋째, 변비 유도 후 장 통과시간이 음성대조군에 비해 유의적으로 길어졌으며($p<0.001$), 송기 분말의 함량이 높을수록 양성대조군과 비교했을 때 장 통과시간이 유의적으로 짧아져 송기 분말 첨가가 변비 개선에 긍정적인 영향을 준 것으로 확인했다($p<0.001$).

넷째, 장관 내 잔류 변 개수와 형태를 분석한 결과, 변비 유도로 양성대조군은 음성대조군보다 평균 약 9배 많은 수의 변이 잔류했다. 송기 분말 함량이 높을수록 잔류하는 변 개수가 양성대조군과 비교해서 감소했지만, 통계적으로 유의하지 않았다. 장관 내 변의 형태는 양성대조군에서 장관이 막히는 모습을 보이는 반면에, 송기 분말 첨가군은 양성대조군보다 변 크기가 크고, 배설 속도도 일정한 것으로 나타났다.

다섯째, 송기 분말의 함량이 높을수록 혈중 총 콜레스테롤과 LDL 콜레스테롤은 감소했고, HDL 콜레스테롤은 증가해 지질대사 개선 효과가 있는 것으로 나타났다. 그러나 흰쥐에 급여한 송기 분말은 수용성 식이섬유보다 약 12배 이상 많은 불용성 식이섬유로 구성돼 있어 콜레스테롤 감소에 따른 관상동맥질환 예방 효과는 유의적 관련이 적은 것으로 나타났다.

결론적으로 loperamide로 변비를 유도한 흰쥐가 송기 분말이 포함된 식이 급여로 변 개수와 변 중량, 변 수분함량이 증가했고, 장관 내 변 개수 감소, 장 통과시간 단축 등 변비 증상을 개선시키는 효과를 보였다. 따라서 송기 분말의 섭취가 배변 활동을 원활하게 해줘 변비 완화에 도움을 줄 가능성이 있는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(세부과제번호: PJ012661)의 지원에 의해 이루어졌습니다.

REFERENCES

Brown L, Rosner B, Willett WW, Sacks FM (1999) Cholesterol-lowering effects of dietary fiber: A meta-analysis. Am J Clin Nutr 69(30): 30-42.

Camilleri M, Cowen T, Koch TR (2008) Enteric neurodegeneration in ageing. Neurogastroenterol and Motil 20(4): 418-447.

Cepinskas G, Specian RD, Kvietys PR (1993) Adaptive cytoprotection in the small intestine: Role d mucus. Am J Physiol 264(5): 921-927.

Cumming JH (1993) The effect of dietary fiber on fecal weight and composition. Spiller GA, editors. CRC Handbook of Dietary Fiber in Human Nutrition. Boca Raton: CRC Press, pp 263-349.

Cretu E, Karonen M, Salminen JP, Mircea C, Trifan A, Charalambous C, Constantinou AI, Miron A (2013) *In vitro* study on the antioxidant activity of a polyphenol-rich extract from *Pinus brutia* Bark and its fractions. J Med Food 16 (11): 984-991.

Cherbut C, Aube AC, Mekki N, Dubois C (1997) Digestive and metabolic effects of potato and maize fibres in human subjects. Br J Nutr 77(1): 33-46.

Gordon DT (1992) The importance of total dietary fiber in human nutrition and health. Korean J Nutr 25(1): 75-76.

Heaton KW, Radvan J, Cripps H, Mountford RA, Braddon FE, Hughes AO (1992) Defecation frequency and timing, and stool form in the general population: A prospective study. Gut: J Br Soc of Gastroenterol 33(6): 818-824.

Heller SN, Hackler LR, Rivers JM, Van Soest PJ, Roe DA, Lewis BA, Robertson J (1980) Dietary fiber: The effect of particle size of wheat bran on colonic function in young adult men. Am J Clin Nutr 33(8): 1734-1778.

http://www.nhis.or.kr./bbs7/boards/B0039/21809 National Health Insurance Service, Accessed October 30, 2016.

http://www.mohw.go.kr/m/noticeView.jsp?MENU_ID=0403&cont_seq=334935&page=1 Accessed April 12, 2016.

Im JH, Choi JK, Lee MH, Ahn YT, Lee JH, Huh CS, Kim GB (2011) Effect of functional yogut (R&B Rhythm®) on the improvement of constipation in animal models. Korean J Food Sci Ani Resour 31(3): 442-450.

Jeon HH, Park HJ (2012) Diagnosis and treatment of constipation. Korean J Med 83(5): 568-579.

Jenkins DA, Axelsen M, Kendall CW, Augustin LS, Vuksan V, Smith U (2000) Dietary fibre, lente carbohydrates and the insulin-resistant. Diseases. 83(1): 157-163.

Johnson LM (1997) Health, wholeness, and the land: Gitksan

traditional plant use and healing. Report to the Department of Anthropology, Alberta University, Edmonton.

Kim AJ, Kim SY, Choi MK, Kim MH, Han MR, Chung KS (2005) Effects of mulberry leaves powder on lipid metabolism in high cholesterol-fed rats. Korean J Food Sci Technol 37(4): 646-641.

Kim DG, Jin YG, Jin JY, Kim SC, Kim SC, Han CH, Lee YJ (2011) Effects of the *Actindia chinensis* on loperamide-induced constipation in rat. Korean J Pant Res 24(1): 61-68.

Kim SH, Kim SJ, Lee HS (2014) Effect of insoluble dietary fiber extracted from *Salicornia herbacea* L. large intestinal function in rats. Korean J Food Sci Technol 46(5): 648-654.

Kim SI, An MJ, Han YS, Pyeun JH (1993) Sensory and instrumental texture of rice cakes according to the addition *Songpy* (pine tree endodermis) or *Mosipul*(China grass leaves). J Korean Soc Food Nutr 22(5): 603-610.

Kim SI, Han YS (1993) Sensory and instrumental texture properties of *Songpypyuns* and *Mosipulpyuns* according to the cooking conditions. Korean J Soc Food Sci 9(3): 198-194.

Kim JY, Kim WK, Kim HY, Kim MH, Kim SH (2000) Effects of soyoligosaccharides and varing dietary fats on intestinal microflora, lipid profiles and immune responses in rats. Korean J Nutr 33(6): 597-612.

Kim MJ, Lee SS (1995) The effect of dietary fiber on the serum lipid level and bowel function in rats. Korean J Nutr 28(1): 23-32.

Krotkiewski M (1987) Effect of guar gum on the arterial blood pressure. Acta Med Scand 222(1): 43-52.

Lee CH (2016) Study on *Pyeon* of *Jong-ga* ancestral ritual food and functional exploration of *Song-gi*. Ph. D. Dissertation Wonkwang University, Iksan.

Lee JJ, Lee YM, Jung SK, Kim KY, Lee MY (2008) Effects of dietary mulberry leaf on loperamide-induced constipation in rats. Korean J Food Preserv 15(2): 280-287.

Longstreth GF, Thompson WG, Chey WD, Houghton LA, Mearin F, Spiller RC (2006) Functional bowel disorders. Gastroenterol 130(5): 1480-1491.

Lumpton JR, Morin JL (1993) Barly bran flour accelerates gastrointestinal transit times. J Am Diet Assoc 93(8): 881-885.

Marlett JA (1997) Sites and mechanisms for the hypocholesterolemic action of soluble dietary fiber sources. Dietary Fiber in Health and Disease, edited by Kritchevsky and Bonfield. Plenum Press, New York, 427: 109-121.

Ministry of Food and Drug Safety (2016)『*Sikpumgongjeon* (食品公典)』. Food Sanitation Law 7(1).

Ministry of Health and Welfare (2015) 2015 Dietary Reference Intakes for Koreans 2015. Hanareum, Seoul. pp 184, 570-573.

Park CS, Park KS, Kim ML, Kong HJ, Yang KM (2013) Effects of medicinal enzyme powder on intestinal mobility, lipid level, and blood parameters of loperamide-induced constipation in rats. J of Life Sci 23(2): 228-236.

Park MH, Choi BG, Lim SH, Kim KH, Heo NK, Yu SH, Kim JD, Lee KJ (2011) Analysis of general components, mineral contents, and dietary fiber contents of *Synurus deltoides*. J Korean Soc Food Sci Nutr 40(11): 1631-1634.

Park MK, Jin YG, Kim DG, Jin JY, Lee YJ (2007) Effects of *Lentinus edodes* extract on the loperamide-induced constipation in rats. Korean J Food Sci Technol 39(1): 88-93.

Park SJ, Kim B, Kim MJ, Kim YE, Park SH, Park TG (2013) Effects of *Agarum cribrosum* on the improvements in treating constipation and plasma lipid profiles. Korean J Food Cookery Sci 29(2): 185-192.

Saltzman E, Moriguti JC, Das SK, Corrales A, Fuss P, Greenberg AS, Roberts SB (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(1): 50-57.

Schiller LR, Santa Ana CA, Morawski SG, Fordtran JS (1984) Mechanism of the antidiarrheal effect of loperamide. J Gastroenterol 86(6): 1475-1555.

Shimotoyodomo A, Meguro S, Hase T, Tokimitsu I, Sakata T (2000) Decreased colonic mucus in rats with loperamide-induced constipation. Comparative Biochemistry and Physiology - Part A: Mol and Integr Physiol 126(2): 203-212.

Slavin JL (2005) Dietary fiber and body weight. Nutr 21(3): 411-418.

Song HK, Oh SJ (1996) Isolation and structure elucidation of proanthocyanidin in bark of *Pinus densiflora*. J Korean Wood Sci Technol 24(2): 81-93.

Stevens J, VanSoest PJ, Robertson JB, Levitsky DA (1988) Comparison of the effects of psyllium and wheat bran on gastrointestinal transit time and stool characteristics. J Am Diet Assoc 88(3): 323-326.

Shimotoyodomo 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(12): 1085-1096.

Woo MJ, Lim HS, Cha GH (2016) Quality characteristics of

Songgi Garatteok. Korean J Food Cook Sci 32(1): 27-43.

Yim JH, Cheong IH, Park TH, Lee YB, Han JH, Park JS, Lee KH, Lee SH, Ahn JB, Kim KY, Lee KH, Sohn HS (2007) Effect of dietary fiber from soybean hull on the recovery of diarrhea in rate. Korean J Food Sci Technol 39(5): 588-592.

Yook HS, Kim JO, Choi JM, Kim DH, Cho SK, Byun MW (2003) Change of nutritional characteristics and serum cholesterol in rats by the intake of dietary fiber isolated from ascidian (*Halocynthia roretzi*) tunic. J Korean Soc Food Sci Nutr 32(3): 474-478.

Date Received Jul. 10, 2017
Date Revised Aug. 11, 2017
Date Accepted Oct. 17, 2017