

매생이 추출물이 흰쥐의 간장조직과 분변 중의 콜레스테롤 함량에 미치는 영향

정은진 · 김인혜 · 황혜정 · 남택정*
부경대학교 식품생명공학부

Effect of the Green Seaweed *Capsosiphon fulvescens* Extract on the Liver Tissue and Fecal Cholesterol Content in Rats

Eun-Jin JUNG, In-Hye KIM, Hye-Jung HWANG and Taek-Jeong NAM*
Faculty of Food Science and Biotechnology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

We investigated the effect of a green seaweed *Capsosiphon fulvescens* extract (CFE) on the serum, liver tissue, and fecal cholesterol levels in rats. Male Sprague-Dawley rats (four weeks old) were given on of three diets for four weeks: basal, high cholesterol, and CFE. The total serum and liver tissue cholesterol levels in the CFE group were significantly decreased compared to those in the cholesterol group. The CFE group showed increased amounts of feces, total fecal bile acid and dietary fiber as compared to basal and cholesterol group. Hematoxylin and eosin staining revealed fat droplets in the livers of the rats in the cholesterol group; however, a decreased number of droplets was observed in the rats fed the CFE diet. Our results suggest that CFE supplementation may improve lipid metabolism, by controlling serum and liver tissue cholesterol levels, and by increasing the total amounts of bile acid, dietary fiber and cholesterol excretion in feces.

Key words: *Capsosiphon fulvescens* extract, Cholesterol, Bile acid, Total dietary fiber level, Feces

서 론

경제적 수준의 향상으로 생활양식과 식생활이 서구화되어 감에 따라 고지방, 고단백, 저섬유소의 식품섭취가 증가하고 있으며, 특히 동물성 식품의 소비가 증가하고 있다. 이러한 식생활 변화로 인해 뇌혈관계 질환, 악성 종양, 고혈압 및 심장 질환 등이 한국인의 사망 원인으로 높은 비중을 차지하고 있으며, 소아 성인병 또한 증가추세에 있어 국민 보건에 심각한 문제점으로 지적 되고 있다 (NSOK, 2003). 심혈관계 질환의 위험인자 중 고콜레스테롤혈증은 혈장 내에 콜레스테롤이 비정상적으로 증가하여 동맥경화의 직접적 요인이 되므로 임상적으로 중요한 문제가 되고 있다. 이러한 고콜레스테롤혈증을 치료하기 위하여 콜레스테롤의 합성을 직접적으로 억제하는 저해제 등을 사용하고 있으나 장기간 사용 시 부작용을 동반하여 문제시되고 있다 (Lee et al., 2006).

일반적으로 수용성 식이섬유는 불용성 식이섬유에 비해 보수력이 더 커서 gel을 형성하여 식후 만복감을 지속시키고 열량 섭취량을 감소시켜 체중감소를 초래할 수 있다. 또한 장내용물의 점도 변화 및 장점막의 기능과 구조 변경으로 지방질과 콜레스테롤의 흡수 억제, 담즙산 흡수 억제 및 분비를 촉진시키거나 (Gallaher et al., 1993) 영양소의 흡수 저해 (Ikegami et al., 1990), 분변을 통한 담즙산 배설량을 증가시키

는 것으로 보고되어 있다 (Vahouny et al., 1980). 또한 소장외 콜레스테롤 및 다른 영양소의 흡수를 저해하여 혈장과 간장의 중성지방 및 콜레스테롤 농도를 유의적으로 낮추어 식이섬유가 동맥경화, 비만, 체중 감소에 효과를 가진다는 것이 알려져 있다 (Han and Han, 1994; Kang et al., 1994). 수용성 식이섬유가 풍부한 해조류는 최근 다양한 생리화학적 효과가 검증되면서 해조류로부터 분리한 생리활성물질에 관심이 고조되고 있다 (Kwon and Nam, 2006). 해조류 중 가장 양식 생산량이 많고 우수한 식이섬유 급원인 김으로부터 추출한 포피란은 콜레스테롤 저하작용이 있으며 (Jung et al., 2001), 갈조류 유래 푸코이당은 항응고 작용을 가지며 (Nishino and Nagumo, 1991), 알긴산은 노화억제를 보인다고 하였다 (Choi et al., 1992). 이외에도 글루코만난, 펙틴 또한 혈청 지질개선 효과가 있음을 보고하고 있다 (Tsuji et al., 1968).

녹조식물문의 갈파래목, 갈파래과 매생이속에 속하는 매생이 (*Capsosiphon fulvescens*)는 일년생 해조로써 전 세계적으로 널리 분포하며, 우리나라에서는 전남 장흥이나 완도 등지의 내만성 환경이 우세한 남해안이나 서해 남부의 해안에서 서식하고 있다. 조단백질과 필수 아미노산 함량은 다른 해조류에 비하여 높고, Fe나 Se와 같은 무기질과 비타민 A, C 및 ω-3계열의 지방산도 다량 함유하고 있어서 영양학적으로 우수하여 향토음식으로 오래전부터 이용되어 왔다. 특히, 겨울철에 채취하여 꿀과 함께 끓인 매생이국은 남도의 대표적인 음식으로

*Corresponding author: namtj@pknu.ac.kr

특유의 향미와 감미가 있어 고급식품으로 애용되고 있다 (Jung et al., 2005; Yang et al., 2005). 이러한 매생이는 김, 파래, 미역 등 보다 높은 가격 경쟁력을 가지고 있음에도 불구하고 이에 대한 연구는 주로 기초 생물학적인 연구인 형태 및 분류 (Chihara, 1967), 생태 및 생활사 (Migita, 1967), 종의 번식과 분포 (Bliding, 1963; Garbary et al., 1982)가 주로 이루어졌다. 최근에는 매생이의 기능성 연구로써, 매탄을 추출물은 지질과산화물을 억제하고 에탄올 추출물은 멜라닌 생성을 억제하는 효과가 있으며 (Yu, 2004), 매생이를 고콜레스테롤과 함께 급여했을 때 중성지방과 콜레스테롤을 저하하는 효과가 있다고 보고되는 등 (Mun et al., 2005; Kwon and Nam, 2006)의 연구가 진행되고 있으나 생리활성에 관한 연구는 아직까지 미흡한 실정이다.

따라서 본 실험에서는 매생이 추출물 (*Capsosiphon fulvescens* Extracts, CFE)을 흰쥐에 급여시켰을 때 혈청과 간장조직 중의 총콜레스테롤 함량의 변화와 분변 조성에 어떠한 영향을 미치는 영향을 검토하였다.

재료 및 방법

시약 및 재료

본 실험에 사용된 녹조류 매생이 (*Capsosiphon fulvecens*)는 2006년 전남 장흥군 내저리 매생이 작업장으로부터 구입하여 재료로 사용하였다. 동물실험에 사용된 측정용 kit 중 총담즙산 test kit는 WAKO (Tunyaku kogyo, Japan), 총콜레스테롤 측정용 kit는 신양화학 (Seoul, Korea) 제품을 사용하였다. Amyloglucosidase는 Sigma (St. Louis, USA) 제품을, 그 외 실험용 시약은 molecular biology용으로 Sigma 제품과 특급시약을 사용하였다.

CFE의 조제

CFE의 조제는 매생이를 담수에 3번 수세한 후, 동결 건조기로 건조하였다. 건조된 매생이는 식품 분쇄기 (HANIL, FM-681, Korea)로 미세하게 분쇄하였으며, 60 mesh에 통과된 것을 실험에 사용하였다.

매생이 분말 120 g을 3구 플라스크에 넣고 증류수 3.5 L를 가하여 100°C에서 4시간 동안 교반하면서 추출한 다음 식혔다. 그 후에 8,500 rpm에서 45분간 원심분리하여 상층액에 약 2-3배 부피의 에탄올을 가한 후 저온에서 12-24시간 반응시켰다. 다시 위와 동일한 방법으로 원심분리하여 잔사를 얻었으며, 잔사는 열풍 건조기에서 건조시킨 후 식품 분쇄기로 미세하게 분쇄하여 106 mesh에 통과시켜 CFE를 얻었으며, 일반성분을 부정대 사료영양연구소에 의뢰하여 분석하였다.

실험동물 사육 및 식이조성

본 실험은 효창사이언스 (경북, 한국)에서 분양받은 4주령 된 Sparague Dawley계 숫쥐 (체중 100±10 g)를 사용하였다. 실험식이 시작 전 1주일간은 고형배합사료로 적응시킨 후, 각 10마리씩 분류하여 연립식 사육케이지에 넣고 기초식이

군과 콜레스테롤식이군, CFE식이군으로 나누어 4주 동안 사육하였다. 사육실의 온도는 22±1°C로 유지하였고, 조명은 12시간 주기 (06:00-18:00) 로 조절하였다. 본 실험에서 사용한 실험군의 식이조성은 Table 1과 같이 배합하였고, 모든 식이와 음용수는 자유로 급이하면서 하루에 한번 일정한 시간에 섭취량을 측정하였고, 체중은 1주일마다 한번씩 측정하였다. 식이효율 (feed efficiency ratio; FER)은 사육기간 동안의 체중 증가량을 같은 기간 동안 섭취한 식이섭취량으로 나누어 산출하였다.

Table 1. Formation of experimental diets. Test animal was Sparague Dawley strain of age of 4 weeks and average body weight of 100-120 g. Feeding period was 4 weeks by experimental diet after a week of basal diet. Code B indicates the feeding of basal diet; C indicates the feeding of cholesterol diet; CFE indicates the feeding of cholesterol diet containing 4% CFE (*Capsosiphon fulvescens* extract)

Constituents	Test animal group ¹		
	B ²	C	CFE ³
Corn starch	496	483.5	443.5
Sucrose	124	124	124
Casein	180	180	180
Lard	100	100	100
Corn oil	50	50	50
Mineral mixture	35	35	35
Vitamin mixture	10	10	10
Choline chloride	2	2	2
Methionine	3	3	3
Cholesterol	0	10	10
Sodium cholate	0	2.5	2.5
CFE	0	0	40

시료의 수집 및 처리

사육기간이 끝난 실험동물들은 실험사육 최종일에 18시간 동안 절식시킨 후에 단두하여 채혈하였고, 각 혈액시료는 병수 중에 1시간 방치한 후에 원심분리 (3,000 rpm, 15 min 4°C) 하여 취한 혈청을 저온 (-70°C)에 보관하면서 실험에 사용하였다. 간장조직은 별도로 적출하여 생리식염수로 세척, 여과지로 물기를 제거하여 중량을 측정한 후, 액체질소에 넣어 급속 동결시킨 다음 간장 분석 및 조직 염색에 사용하였다. 분변은 실험식이 급여기간 중 실험종료 전 10일간 수집 후 습중량을 측정하였고, 항량에 도달할 때 까지 건조시킨 다음 건중량을 측정하여 습중량과의 차이를 수분함량으로 하였다.

혈청과 간장 조직의 총 콜레스테롤 분석

혈청 중의 총콜레스테롤 함량은 저온보관중의 시료를 그대로 분석하였다. 간장 분석시료는 간장 조직 0.5 g을 취하여 마쇄한 후, hexan:isopropanol (3:2, v/v) 혼합액으로 지질을 추출하고 N₂ gas로 농축하였다. 농축한 시료는 chloroform:methanol (2:1, v/v) 혼합액 0.5 mL에 용해하여 분석용 시료로 사용하였다.

혈청과 간장 조직 중의 총콜레스테롤의 농도는 총콜레스테

를 측정용 CHOLESTE ZYME-V "Eiken" kit (신양화학, Korea) 를 사용하여 Enzymatic COD법으로 반응시켜 분광광도계 (Ultrospec 2001 pro, Amersham Pharmacia biotech, England)로 각각 측정하였다.

간장 조직 염색

조건별로 사육한 흰쥐를 해부하여 같은 위치의 간장조직 0.5 g을 생리식염수로 가볍게 씻어 혈액을 제거한 다음, 일부를 절단하여 Bouin액에 고정하고, 동일한 고정액에 24시간 동안 재고정하였다. 이를 수세하여 순차농도 알코올에 탈수하여 xylene으로 투명화시킨 후, 파라핀 침투하여 포매하였다. 이를 5 µm 두께로 박절하고 Hematoxylin-Eosin (H&E)으로 염색한 후 조직을 슬라이드글라스에 고정-봉입하여 광학현미경으로 관찰하여 지방축적정도를 ×200 배율로 확인하였다.

분변 중의 총콜레스테롤 분석

분변 시료 중 0.5 g을 취하여 chloroform:methanol (3:1, v/v) 혼합액 15 mL을 첨가하여 지질을 추출하고 여액만을 회수하여 N₂ gas로 용매를 증발시켰다. 그다음, 1 g 당 chloroform:methanol (2:1, v/v) 혼합액을 1 mL 첨가하여 1시간 동안 완전히 용해시킨 후 총콜레스테롤 분석용 시료로 혈청과 동일한 방법으로 측정하였다.

분변 중의 총담즙산 함량

분변 중의 총담즙산의 함량을 측정하기 위해 다음과 같이 실험하였다. 즉, 마쇄한 0.2 g의 분변에 4% KOH/glycerol 1 mL를 첨가하여 20분간 습열멸균하고 20% NaCl을 첨가하여 ether로 2회 추출하였다. 추출한 잔사에 HCl 1.2 mL을 첨가하여 산성화 (pH 1-2) 시킨 후 ether 5 mL로 4회 추출하여 상층액을 회수하였다. 상층액을 N₂ gas로 용매를 증발시켜 methanol:H₂O (5:1, v/v) 혼합액 1 mL에 녹였다. 이것을 총담즙산 test kit를 이용하여 효소비색법으로 측정하였다.

분변 중의 총식이섬유 함량

분변 중의 총식이섬유 함량을 측정하기 위해 다음과 같이 실험하였다. 분변 시료 중 0.5 g을 취하여 chloroform:methanol (3:1, v/v) 15 mL로 지질을 추출하였다. 여액은 버리고 잔사에

중류수 10 mL를 첨가하여 95°C에서 15분 가열한 후 55°C에서 15분 냉각시켰다. 여기에 250 µL의 amyloglucosidase를 가하여 55°C에서 1시간 30분, 95°C에서 30분 동안 가열하여 여과하였다. 여액에 250 µL의 amyloglucosidase를 넣어 55°C에서 1시간 30분 가온하였다. 실온에서 1시간 방치 후 alcohol과 acetone으로 탈수하여 잔사를 회수하고 건조하여 항량을 구한 다음, 525°C 회화로에 4시간 회화시켜 회분을 구하였다. 즉, 분변의 회분 항량과 수분 항량의 차를 분변 중의 총식이섬유로 하였다.

통계분석

실험의 분석결과는 각각의 군별로 평균과 표준편차 (mean±SD)를 사용하여 표기하였으며, 모든 자료는 Window용 SPSS 프로그램 (Statistical Package for Social Science, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 처리하였고, 반복측정에 의한 ANOVA test와 Duncan's multiple range test를 적용하였다. 이때, 모든 통계적 유의도 수준은 P<0.05에서 살펴보았다.

결과 및 고찰

CFE의 일반성분 분석

매생이 추출물의 일반성분 결과를 Table 2에 나타내었다. 매생이를 건조하여 분쇄하고, 이를 열수 추출하여 에탄올과 반응시켜 얻은 CFE의 성분은 68%가 탄수화물이며, 조회분이 약 17%, 조단백이 약 14%를 차지하고 있는 것으로 나타났다. 또한 CFE의 탄수화물 대부분이 총식이섬유로 존재하는 것으로 나타났다.

체중증가량, 식이효율 및 간장의 중량

각각 실험동물을 구분하여 예비사육 1주, 각 사료를 4주간 급이하면서 초기체중과 사육 최종일의 체중증가량을 Table 3에 나타내었다. 초기체중은 비슷하였으나 체중의 증가량은 CFE식이군이 다른 실험군에 비해 유의적으로 감소하였다. 식이섭취량은 실험군 간에 유의적인 차이는 없었으며, 식이효율은 CFE식이군이 다른군에 비하여 유의적으로 감소하였다. 또한 간장의 중량은 콜레스테롤식이군에서 현저하게 증가하였고, CFE식이군에서도 기초식이군에 비해 간장의 중량이

Table 2. Proximate composition of CFE. ¹Carbohydrate contains total dietary fiber. ²See the legend of Table 1

	Crude lipid (%)	Crude protein (%)	Crude ash (%)	Carbohydrate ¹ (%)	Total dietary fiber (%)
CFE ²	0.60	14.15	16.90	68.35	68.32

Table 3. Weight gains, feed intake, feed efficiency ratio and liver weight in rats. ¹See the legend of Table 1. All data were calculated by mean±SD for 10 individuals. ²Values of different alphabet are significant (P<0.05) among the group by Duncan's multiple range test. ³Weight gain (g)/Food intake (g)

Test animal group ¹	B	C	CFE
Weight gain (g/4 weeks)	188.5±19.2 ^{b2}	199.9±20.4 ^b	152.9±19.3 ^a
Feed intake (g/day)	21.5±1.6	22.4±0.7	23.2±0.8
Feed efficiency ³	0.34±0.03 ^b	0.34±0.03 ^b	0.25±0.04 ^a
Liver weight (g)	10.0±0.68 ^a	18.9±2.37 ^c	14.4±0.87 ^b

증가되었는데, 이는 콜레스테롤의 섭취에 의한 영향으로 보인다. Yang et al. (1996)은 sodium alginate를 첨가한 식이군이 기초식이군에 비해 유의적으로 간장의 중량이 감소되었다고 하였으며, Turley et al. (1999)도 고콜레스테롤을 장기간 급여할 때 간 비대증을 유발한다고 하여 지방의 과잉섭취는 지질 대사 이상을 초래하여 간장 등 장기조직에 지방 침착을 일으킴으로 비만증, 고지혈증, 지방간 등을 유발하는 것으로 보인다. 본 연구에서도 콜레스테롤식이군의 간장이 다른 군들에 비해 지방간 현상을 보였다 (Fig. 1). 간장에 대한 육안적인 소견은 기초식이군의 경우 적갈색을 띠었고, 표면은 평활하고 수분에 의한 윤기를 나타내었으며 탄력이 있었다. 반면 콜레

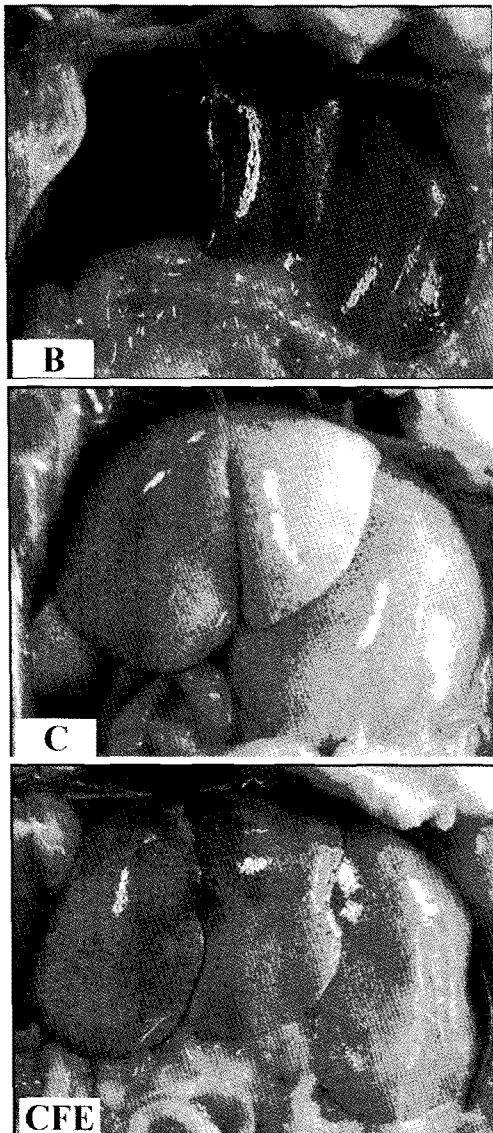


Fig. 1. Photographs of the liver tissue of rats. Test animal was fed for 4 weeks by experimental diet after a week of basal diet. B, indicates the feeding of basal diet; C, indicates the feeding of cholesterol diet; CFE, indicates the feeding of cholesterol diet containing 4% CFE (*C. fulvescens* extract).

스테롤식이군은 황갈색을 띠었으며, 콜레스테롤이 침착하였고 간장의 크기가 증대되었으며 탄력성도 감소하는 것으로 나타났다. 또한 CFE식이군의 경우 간장의 지방 침착이 줄어드는 것을 확인할 수 있었다.

혈청 및 간장 조직 중의 총콜레스테롤 함량

기초식이와 실험식이를 급여한 흰쥐의 혈청과 간장 조직에서의 총콜레스테롤 함량을 Table 4에 나타내었다. 본 연구에서 혈청과 간장의 총콜레스테롤 함량은 기초식이군에 비하여 콜레스테롤식이군에서 현저히 높은 값을 나타내었고 CFE식이군은 유의적으로 감소하는 것으로 나타났다. 일반적으로 수용성 식이섬유가 혈청과 간장의 중성지질과 콜레스테롤 함량을 낮추는데 효과가 있다고 알려져 있는데, Ehihara and Schneeman (1989)은 식이섬유가 장 내용물의 점성을 증가시킴으로 지질흡수를 저해하여 혈장과 간장의 콜레스테롤 농도를 낮춘다고 하였다 또한, Li et al. (2003)도 식이섬유를 제공한 실험에서 콜레스테롤 농도가 유의적으로 감소하였다고 하였으며, Kang et al. (1994)도 알긴산, 펙틴과 같은 수용성 식이섬유를 섭취한 흰쥐에서 간장의 콜레스테롤함량이 저하하였다고 하여 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

Table 4. Total cholesterol in the serum and liver of rats. ¹See the legend of Table 1. All data were calculated by mean±SD for 10 individuals. ²Values of different alphabet are significant (P<0.05) among the group by Duncan's multiple range test

Test animal group ¹	Total cholesterol level		
	B	C	CFE
Serum (mg/dL)	55.3±6.64 ^{a2}	111.8±18.14 ^c	74.1±13.17 ^b
Liver (mg/g)	2.7±0.37 ^a	12.4±1.92 ^c	10.4±1.52 ^b

간장 조직 염색

실험식이에 따른 흰쥐의 간장 조직을 조직학적으로 살펴보고자 H&E로 염색 처리한 후 광학현미경으로 관찰하였다 (Fig. 2). 간장 조직의 현미경 관찰 결과 지방구를 제외한 부분은 붉게 염색되었으며, 지방구는 투명한 색으로 존재하였다. 기초식이군에 비해 콜레스테롤식이군의 간장 조직에서는 큰 지방구들이 관찰되었다. 또한 CFE식이군에서는 지방의 양이 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 식이섬유인 CFE에 의해 간장 조직의 지방 축적이 어느 정도 감소되었음을 보여주는 증거인 동시에, 간장 조직 중의 총콜레스테롤 함량과도 동일한 결과를 보였다.

Stuart and Smith (1975)는 고콜레스테롤을 급여한 흰쥐에서 간 세포질에 지방공포 출현을 관찰하였고, Kim and Nam (2005)은 을 첨가한 식이에서 고콜레스테롤을 혈증을 유발한 흰쥐에게 5%의 polymannuronate식이 시 간장 조직의 콜레스테롤 축적을 감소시켰다고 하여 본 실험과 유사한 결과를 보여주었다.

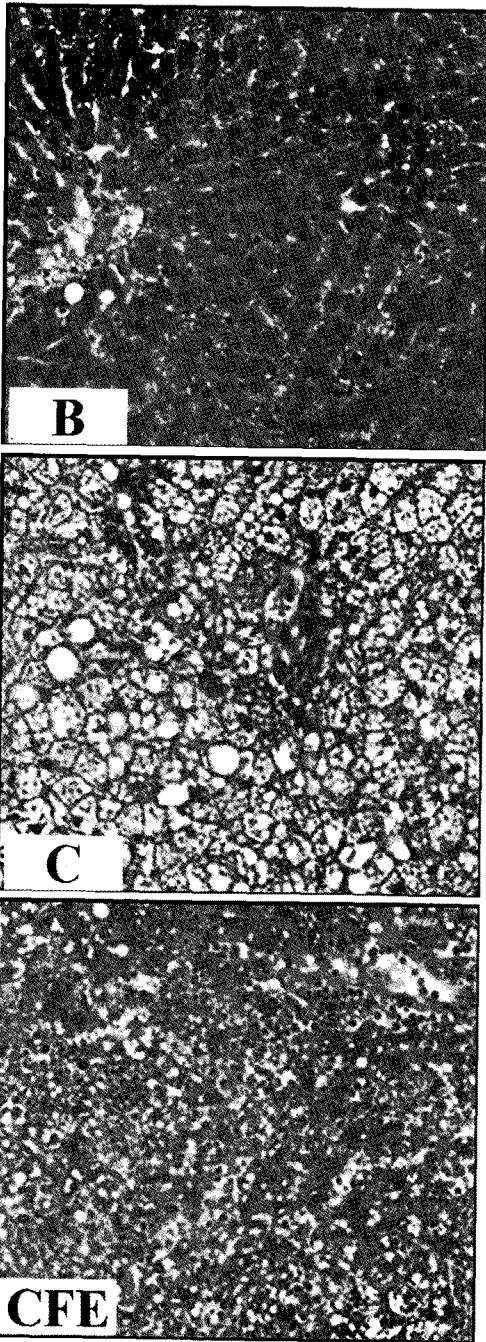


Fig. 2. Photomicrographs of H&E staining in the liver of rats. See the legend of Table 1. Magnification is 200 fold.

일일 분변량 분석

실험 식이에 충분히 적용된, 사육 종료 10일전의 분변을 수집하여 분석한 결과를 Table 5에 나타내었다. 수집한 변의 양은 CFE군에서 높게 나타났는데, 이는 식이섬유인 CFE가 큰 보수성을 지님으로 인해 물분자가 식이섬유의 표면에 흡착되거나 식이섬유의 틈새에 침입함으로써 식이섬유의 용적을 증가시켜 분변의 무게를 증가시킨 것으로 보인다. Kay and Truswell (1977)은 섭취하는 식이섬유의 양이 증가할수록 변의 양이 많아지고 변으로 배설되는 지방의 양이 증가한다고 하였으며, Lee et al. (2002)도 다시마 첨가에 따라 변중량이 증가하였으며 이는 다시마에 함유되어 있는 비소화성 식이섬유에 의한 효과에 의한 것이라고 하였다. Kim and Nam (2005)은 polymannuronate식이군에서 분변의 무게가 증가하였다고 하여 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

분변 중의 총콜레스테롤, 총담즙산 및 식이섬유 함량

실험식이에 따른 분변 중의 총콜레스테롤 및 총담즙산 함량을 Table 5에 나타내었다. 분변 중의 총콜레스테롤과 총담즙산의 함량은 기초식이군과 콜레스테롤식이군보다 CFE식이군에서 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다. 식이섬유소, 특히 수용성 식이섬유소는 소장에서 담즙의 재흡수를 방해하여 지질의 유화를 충분히 시키지 못하게 함으로 흡수를 억제하여 분변으로의 배설을 증가시킨다고 알려져 있는데, 이는 담즙산이 콜레스테롤로부터 합성되는 물질로서 체내 콜레스테롤이 체외로 배설되는 유일한 경로이기 때문이다. Ebihara et al. (1989), Gallaher and Schneeman (1986)와 Lafont et al. (1985)는 식이섬유의 종류에 따라서 담즙 배설능에 미치는 영향은 다르다고 하였으며, Ko et al. (1998)은 콩 첨가식을 통하여 식이섬유가 담즙산의 흡수를 저해하여 체외배출을 증가시킴을 확인하였고, Jo et al. (1993)은 pectin을 비롯한 식이섬유가 풍부한 갖의 섭취가 혈장 콜레스테롤을 감소시키고 동시에 분변으로 배설되는 콜레스테롤 담즙산을 증가시킨다고 보고하여 본 연구와 동일한 결과를 보여주었다.

실험식이에 따른 분변 중의 식이섬유 함량을 Table 5에 나타내었다. 분변 중의 총식이함량은 식이에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았으나, 기초식이군과 콜레스테롤식이군에 비하여 CFE식이군에서 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 수용성 식이섬유의 영양소 흡수 저해효과는 혈장 중성지방의 농도와 간장 조직 중의 중성지방 및 콜레스테롤 농도를 저하시키는 기작으로 여겨지며, Nyman et al. (1990)은 식이섬유가

Table 5. Total Cholesterol, total bile acids, total dietary fiber content in feces of the rats. ¹See the legend of Table 1. All data were calculated by mean±SD for 10 individuals. ²Values of different alphabet are significant (*P*<0.05) among the group by Duncan's multiple range test

Test animal group ¹	B	C	CFE
Feces (g/day)	0.60±0.106 ^{a2}	0.70±0.103 ^{ab}	0.79±0.150 ^b
Total cholesterol (mg/g)	7.5±2.02 ^a	32.0±5.24 ^b	43.4±3.27 ^c
Total bile acid (μmol/mg)	4.0±1.54 ^a	13.1±11.04 ^b	43.1±8.89 ^c
Total dietary fiber (g/feces g)	0.36±0.016	0.36±0.028	0.40±0.070

장내에서 발효되지 않고 대부분이 분변으로 배설되었기 때문에 분변의 무게가 증가하였다고 한 연구와 동일한 결과를 보여주었다.

이상의 결과를 종합하면 고콜레스테롤 식이에 CFE를 첨가하였을 때 혈청 및 간장 중의 콜레스테롤 함량을 감소시키고, 분변 중의 총콜레스테롤, 총담즙산 및 총식이섬유 함량을 증가시켜 지질대사 개선에 영향을 미칠 것으로 보여진다.

사 사

본 연구는 국토해양부 마린바이오21사업의 해양바이오프로세스연구단 연구비 지원 (과제관리번호 M2007-03)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- Bliding, C.A. 1963. Critical survey of european taxa in ulvales. Part I. *Capsosiphon*, *Percursaria*, *Blidingia*, *Enteromorpha*. *Opera Botanica.*, 8, 1-160.
- Chihara, M. 1967. Developmental morphology and systematics of *Capsosiphon fulvescens* as found in Izu, Japan. *Bull. Nat. Sci. Mus. Tokyo*, 10, 163-170.
- Choi, J.H., I.S. Kim, J.I. Kim and T.H. Yoon. 1992. Studies on anti-aging action of brown algae (*Undaria pinnatifida*) 2. dose effect of alginic acid as a modulator of anti-aging action in liver membranes. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 25, 181-188.
- Ebihara, K. and B.O. Schneeman. 1989. Interaction of bile acids, phospholipids, cholesterol and triglyceride with dietary fibers in the small intestine of rats. *J. Nutr.*, 119, 1100-1106.
- Gallaher, D. and B.O. Schneeman. 1986. Intestinal interaction of bile acids, phospholipids, dietary fibers, and cholestyramine. *Am. J. Physiol.*, 250, G420-G426.
- Gallaher, D.D., C.A. Hassel, K.J. Lee and C.M. Gallaher. 1993. Viscosity and fermentability as attributes of dietary fiber responsible for the hypocholesterolemic effect in hamsters. *J. Nutr.*, 23, 244-252.
- Garbary, D., L. Golden and R.F. Scagel. 1982. *Capsosiphon fulvescens* (*Capsosiphonaceae*, *Chlorophyta*) rediscovered in the northeast Pacific. *Syesis.*, 15, 39-42.
- Han, J.S. and Y.B. Han. 1994. The effect high fat diet and dietary fiber on adipocyte of epidermal fat pads in Rat. *J. Kor. Nutr.*, 7, 118-126.
- Ikegami, S., F. Tsuchihashi, H. Harada, N. Tsuchihashi, E. Nishide and S. Innami. 1990. Effect of viscous indigestible polysaccharides on pancreatic-biliary secretion and digestive organs in the rats. *J. Nutr.*, 120, 353-360.
- Jo, Y.S., J.R. Park, S.K. Park, S.S. Chun, S.Y. Chung and B.S. Ha. 1993. Effects of mustard leaf (*Brassica Juncea*) on cholesterol metabolism in rats. *Korean J. Nutr.*, 26, 13-20.
- Jung, K.J., B.M. Jung and S.B. Kim. 2001. Effect of porphyran isolated from laver, *Porphyra yezoensis*, on lipid metabolism in hyperlipidemic and hypercholesterolemic rats. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 33, 633-640.
- Jung, K.J., C.H. Jung, J.H. Pyeun and Y.J. Choi. 2005. Changes of food components in mesangi (*Capsosiphon fulvecense*), gashiparae (*Enteromorpha prolifera*), and cheonggak (*Codium fragile*) depending on harvest times. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 34, 687-693.
- Kang, H.J., M.J., Suh, E.H. Kim and Y.S. Song. 1994. Effects of sodium alginate and cellulose on fasting plasma lipoprotein composition and cholesterol metabolism in Rats (I). *J. Korean Soc. Food Nutr.*, 23, 879-886.
- Kay, R.M. and A.S. Truswell. 1977. Effect of citrus pectin on blood lipids and fecal steroid excretion in man. *Am. J. Clin. Nutr.*, 30, 171-175.
- Kim, I.H. and T.J. Nam. 2005. Effects of polymannuronate on cholesterol contents of liver tissue and feces in rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 34, 1553-1558.
- Ko, M.K., T.W. Kwon and Y.S. Song. 1998. Effects of yellow and black soybeans on plasma and hepatic lipid composition and fecal lipid excretion in rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 27, 126-131.
- Kwon, M.J. and T.J. Nam. 2006. Effects of mesangi (*Capsosiphon fulvecens*) powder on lipid metabolism in high cholesterol fed rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 35, 530-535.
- Lafont, H., D. Lairon, J.L. Vigne, F. Chanussot, C. Chabert, H. Portugal, A.M. Pauli, C. Crotte and J.C. Hauton. 1985. Effect of wheat bran, pectin and cellulose on the secretion of bile lipids in rats. *J. Nutr.*, 115, 849-855.
- Lee, J.G., Y.S. Lim, D.S. Joo and I.H. Jeong. 2002. Effects of diet with sea tangle (*Kjellemaniella cressifolia*) on calcium absorption, serum composition and feces in rats. *J. Korean Fish. Soc.*, 35, 601-607.
- Lee, J.H., Y.M. Lee, J.J. Lee and M.Y. Lee. 2006. Effects of *Capsosiphon fulvescens* Extract on lipid metabolism in rats fed high cholesterol diet. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 35, 402-409.
- Li, J., T. Kaneko, L.Q. Qin, J. Wang and Y. Wang. 2003. Effects of barley intake on glucose tolerance, lipid metabolism, and bowel function in women. *Nutrition*,

- 19, 926-929.
- Migita, S. 1967. Life cycle of *Capsosiphon fulvescens* (*C. Agardh*) Setchell and Gardner. Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ., 22, 21-31.
- Mun, Y.J., H.J. Yoo, K.E. Lee, J.H. Kim, H.B. Pyo and W.H. Woo. 2005. Inhibitory effect on the melanogenesis of *Capsosiphon fulvescens*. Yakhak Hoeji, 49, 375-379.
- Nishino, T. and T. Nagumo. 1991. The sulfate-content dependence of the anticoagulant activity of a fucan sulfate from the brown seaweed *Ecklonia Kurome*. Carbohydr. Res., 214, 193-197.
- NSOK. 2003. Annual Report on the Cause of Death Statistics. Natl. Stat. Office Korea, Seoul, Korea, 3-20.
- Nyman, M., T.F. Schweizer, S. Tyren, S. Reimann and N.G. Asp. 1990. Fermentation of vegetable fiber in the intestinal tract of rats and effects on fecal bulking and bile acid excretion. J. Nutr., 120, 459-466.
- Stuart, A.E. and I.I. Smith 1975. Histological effects of lipids on the liver and spleen of mice. J. Pathol., 115, 63-71.
- Tsuji, K., E. Oshima, A. Matsuzaki, S. Nakamura and T. Tezuka. 1968. Effect of polysaccharides on cholesterol metabolism (part. I). Studies on konnyaku powder, sodium alginate, and pectin. Jap. J. Nutr., 26, 113-122.
- Turley, E., N.C. Armstrong, J.M. Wallace, W.S. Gilmore, V.J. Mckelvey-Martin, J.M. Allen and J.J. Strain. 1999. Effect of cholesterol feeding on DNA damage in male and female syrian hamsters. Ann. Nutr. Metab., 43, 47-51.
- Vahouny, G.V., T. Roy, L.L. Gallo, J.A. Story, D. Kritchevsky and M. Cassidy. 1980. Dietary fiber: III. Effects of chronic intake on cholesterol absorption and metabolism in the rat. Am. J. Clin. Nutr., 33, 2182-2191.
- Yang, H.C., K.M. Jung, K.S. Gang, B.J. Song, H.C. Lim, H.S. Na, H. Mun and N.C. Heo. 2005. Physicochemical composition of seaweed *Fulvescens* (*Capsosiphon fulvescens*). Korean J. Food Sci. Technol., 37, 912-917.
- Yang, J.L., M.J. Suh and Y.S. Song. 1996. Effects of dietary fibers on cholesterol metabolism in cholesterol-fed rats. J. Korean Soc. Food Nutr., 25, 392-398.
- Yu, H.J. 2004. Inhibitory effect on the melanogenesis of ethanol extract of *Capsosiphon fulvescens*. Ph.D. Thesis, Wonkwang University, Korea.

2008년 7월 7일 접수

2008년 9월 23일 수리