KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL. Vol. 35, No. 3, pp. 379~385 (2003)

KOREAN JOURNAL OF
한국식품과학회지
FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY
©The Korean Society of Food Science and Technology

몰로키아가 고 콜레스테롤 식이를 투여한 흰쥐에서의 콜레스테롤 대사에 미치는 영향

정창화 · 최인욱 · 김성란 · 석호문*
한국식품개발연구원

Effect of *Molokhia* (*Corchorus olitorius*) and Its Mucilage on Cholesterol Metabolism in High Cholesterol Fed Rats

Chang-hwa Jung, In-Wook Choi, Sung-Ran Kim and Ho-Moon Seog*
Korea Food Research Institute

Effects of *molokhia* (*Corchorus olitorius*) and its mucilage on *in vitro* bile acid adsorption capacity and lipid composition using cholesterol-fed SD rats were investigated. Mucilage showed stronger affinity toward bile acid than hot water extract of *molokhia* powder. As the extracting temperature increased from 50 to 80°C, bile acid binding capacity of mucilage also increased from 41 to 83%. When *molokhia* powder or its mucilage added into cholesterol diet at 5 or 10% levels (as fiber source) was compared with cellulose-added group, total cholesterol and triglyceride levels of plasma showed no significant differences, whereas, HDL-cholesterol level of cellulose group significantly increased. Accumulation of cholesterol and triglyceride in liver were significantly inhibited in *molokhia* and mucilage groups. *Molokhia* and mucilage lowered the liver weights significantly. As the concentration of *molokhia* or mucilage increased, cholesterol and triglyceride levels in the liver was lowered. Cholesterol and triglyceride excreted through feces were significant increased in *molokhia*- or mucilage-fed group, with excretion of cholesterol by *molokhia*-fed group being more distinct.

Key words: *molokhia*, mucilage, cholesterol, bile acid

서 론

경제수준의 향상에 따라 우리 나라의 경우에도 동물성 식품과 정제된 식품의 섭취량 증가는 고 콜레스테롤 혈증 및 심혈관질환의 주된 원인이 되고 있음은 주목할 만한 사실이다. 미국에서는 이를 근거로 하여 National Cholesterol Education Program(NCEP)을 통해 심혈관 질환의 예방 및 치료를 위한 식생활 지침을 마련한 결과 관상동맥질환으로 인한 사망율이 매년 3%씩 감소하고 있는 것으로 보고되고 있다[1].

이와 같은 혈중 콜레스테롤 함량을 낮추는 데에는 전체열량, 지방섭취량과 같은 식이인자를 조절하는 것이 효과적인 것으로 알려져 있으며[2] 식이섬유가 혈중 콜레스테롤 저하에 효과적이라는 많은 임상 및 동물실험 결과도 있다. 즉 식이섬유가 담즙산과 결합하여 대변으로의 배설을 증가시키고[3,4], 지방의 흡수를 저하시키며[5], 대장에서 식이섬유의 발효로 생긴 propionate 등의 단쇄지방산이 간에서의 콜레스테롤 합성을 저해하고[6], 포화지방산과 콜레스테롤을 대치하는 효과[7]를 나타낸다. 특히 식이섬유 중 guar gum[8]과 β-glucan[9] 이 총 콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 감소에 효과적이라 하며 이들의 점성에 따라 담즙산 및 콜레스테롤 흡착능이 달라진다는 보고도 있다[4,5].

Molokhia(학명 *Corchorus olitorius L.*)는 피나무과(Tiliaceae)의 1년생 녹황색 채소로서, 원산지는 이집트의 지중해 연안에서 자생하는 식물이며 36.7%의 단백질, 29.7%의 조섬유, 22.8%의 mucilage, 11.1%의 회분을 함유하고 있고[10], 그밖에 비타민 B_1, B_2, C, E와 칼륨, 칼슘, 인, 철 등의 미네랄을 균형 있게 함유하고 있으며[11], β-carotene과 lutein이 풍부하다[12]. 또한 몰로키아의 생리활성으로는 페놀성 물질에 의한 항산화 작용[13], 콜레스테롤 저하 효과[14] 등이 보고 된 바가 있다. 뿐만 아니라 몰로키아 잎에는 mucilage라 불리는 점질성 다당류가 풍부하게 함유되어 있어 장운동을 촉진시켜 변비개선에 효과적이며 고 콜레스테롤 혈증에 중대한 영향을 주는 담즙산염과 콜레스테롤의 체내 재흡수를 억제하고 식이콜레스테롤의 흡수를 저해하여 고혈압, 동맥경화 등 심혈관 질환의 예방에 효과적일 것으로 기대된다.

국내에서도 1995년부터 농촌진흥청, 경기도 여주 등지에서

*Corresponding author : Ho-Moon Seog, Korea Food Research Institute, San 46-1, Baekhyon-dong, Bundang-gu, Songnam-si, Kyonggi-do 463-420, Korea
Tel: 82-31-780-9248
Fax: 82-31-780-9234
E-mail: hmoon@kfri.re.kr

몰로키아가 소규모로 재배되고 있으며 특히 여름철 고온기의 병해충에도 강하여 농약사용이 거의 필요치 않고 수확량도 많아 몰로키아의 생산 및 보급은 국민건강 뿐 아니라 농가소득증대에도 기여할 것으로 보인다. 그러나 이를 위해서는 국내산 몰로키아의 기능성과 식품학적 특성에 대한 연구가 선행되어지고 이들 연구결과를 활용한 다양한 가공식품의 개발이 이루어져야 할 것으로 생각되지만 국내산 몰로키아의 식품학적 특성에 관한 연구는 아직까지 이루어진 바 없다.

따라서 본 연구에서는 국내산 몰로키아의 식품학적 특성을 구명하기 위한 연구의 일환으로 *in vitro*계에서 몰로키아 mucilage의 담즙산 흡착능 및 동물실험을 통하여 혈액과 간의 지방함량과 콜레스테롤 저하효과를 분석하고 배설되는 변에서의 지방함량 및 콜레스테롤 함량을 측정하여 몰로키아의 콜레스테롤 저하효과를 살펴보고자 하였다.

재료 및 방법

재료

여주 참빛 천마작목반에서 재배한 몰로키아 잎(2000년도산)을 냉풍건조하여 100 mesh 이하로 분쇄시킨 분말을 실험에 사용하였다.

실험동물은 4주령의 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐 70마리를 대한실험동물센터로부터 구입하였다. Casein, cellulose, mineral mixture, vitamin mixture, DL-methionine, choline bitartarate 및 corn starch는 Harlen Teklad사(USA), 대두유는 (주)제일제당으로부터 구입하여 사용하였다. 콜레스테롤, 중성지방, HDL-콜레스테롤 측정용 kit는 Eiken사(Japan)의 제품을 사용하였다.

점질성물질(mucilage)의 조제

몰로키아 분말에 20배 량의 증류수를 가하여 50, 60, 70, 80°C에서 각각 2시간 열수추출한 후 여과포로 착즙하였다. 각 착즙액에 최종농도가 55%가 되게 에탄올을 첨가하고 서서히 저어준 후 방치하여 침전물을 얻은 다음 혼입된 클로로필 등의 색소성분을 제거하기 위해 아세톤으로 씻고 나서 40°C에서 2시간 건조시켜 mucilage를 얻었다[11].

*In vitro*계에서의 담즙산 흡착능

담즙산의 흡착능은 Adiotomore 등[15]의 방법을 일부 수정하여 측정하였다. 즉 고형물로서 0.5~2.0%의 농도가 되게 희석한 몰로키아 열수추출물과 mucilage 시료 4 mL를 투석막(MW 6,000~8,000)에 넣고, 200 mM taurocholic acid 1 mL를 가하여 잘 혼합하고 밀봉한 후 10 mM sodium phosphate buffer(pH6.0) 40 mL이 채워진 tube에 넣어 120 rpm으로 37°C incubator에서 1시간 교반 하였다. 투석막에서 빠져나간 투석물의 taurocholic acid 농도를 측정하고 다음 식에 따라 흡착능을 산출하였다.

$$\text{Adsorption Capacity } (\%) = (1 - A/B) \times 100$$

A: total bile acid in dialysates incubated with molokhia hot water extract or mucilage

B: total bile acid in dialysates incubated without molokhia hot water extract or mucilage

담즙산의 함량은 Boyd 등[16]의 spectroscopic 방법에 의해 측정하였다. 시료 200 μL를 70% 황산 1 mL과 혼합한 다음 실온에서 5분간 방치 후 0.25% furfural용액 200 μL를 가하여 실온에서 1시간 방치한 다음 520 nm에서 흡광도 측정을 하였다.

실험동물의 사육 및 식이

4주령의 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐 70마리를 처음 1주일간은 고형사료로 예비 사육하고 적응시켰다. 적응기간 후 체중 100 g±10 g의 쥐를 난괴법에 따라 cage당 2마리씩 집어넣고 각 군 10마리씩 7개의 실험 군으로 나누었다. 즉 정상대조군(N, cholesterol-free), 5% 셀룰로오스 대조군(C_5), 10% 셀룰로오스 대조군(C_{10}), 5% 몰로키아군(MO_5), 10% 몰로키아군(MO_{10}), 5% mucilage군(MU_5), 10% mucilage군(MU_{10})으로 나누었다. 이때 사용된 mucilage는 *in vitro*에서 가장 효과가 뛰어난 80°C 열수추출물로부터 제조하였다.

Table 1. Composition (%) of experimental diets

Diet formula	N[1]	C_5[2]	C_{10}[3]	MO_5[4]	MO_{10}[5]	MU_5[6]	MU_{10}[7]
Casein	20	20	20	16.7	13.4	18	16
L-Methionine	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Sucrose	40	40	40	40	40	40	40
Corn starch	25	24.25	19.25	19.05	8.85	21.25	13.25
Soyben oil	5	5	5	5	5	5	5
Mineral Mix.	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Vitamin Mix.	1	1	1	1	1	1	1
Choline bitartarate	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Sodium cholate	-	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Cholesterol	-	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Cellulose	5	5	10	-	-	-	-
Molokhia	-	-	-	13.5	27	-	-
Mucilage	-	-	-	-	-	10	20

[1]N: Normal diet (cholesterol-free), [2]C_5: Cellulose 5% diet, [3]C_{10}: Cellulose 10% diet, [4]MO_5: *Molokhia* equivalent to 5% fiber, [5]MO_{10}: *Molokhia* equivalent to 10% fiber, [6]MU_5: Mucilage equivalent to 5% fiber, [7]MU_{10}: Mucilage equivalent to 5% fiber.

Table 2. Bile acid adsorption capacity of hot water extract and mucilage of *molokhia*

Sample[1)]	Bile acid adsorption capacity (%)
Hot water extracts of *molokhia*	32.8
Mucilage	79.9

[1)]Concentrations are 1.0% by dry basis, respectively.

각 실험별 식이는 AIN-76의 조성을 이용하여 Table 1과 같이 7종류를 조제하였는데 식이 중 탄수화물은 65%, 단백질은 20%, 지방 5%와 콜레스테롤 0.5%, 비타민 mix. 1%, 무기질 mix. 3.5%, 섬유질은 각각 5% 및 10%가 되도록 첨가하였다. 식이와 물은 자유로이 섭취케 하여 4주간 사육하였으며 일주일 간격으로 체중과 식이 섭취량을 측정하였다.

혈액, 간, 분변시료의 채취

실험 식이가 끝난 후 동물을 ether로 마취시킨 뒤 개복하여 복부 대동맥으로부터 혈액을 채취하고, 간을 적출 하였다. 혈액은 heparin이 첨가된 주사기로 채취한 뒤 3,000 rpm으로 원심분리하여 혈장을 얻었고, 간 조직은 중량을 측정한 뒤 −70°C에 냉동보관하였다. 콜레스테롤과 중성지방을 측정하기 위한 분변은 마지막 4일 동안의 것을 수거하였다.

지질 및 콜레스테롤 함량분석

변과 간의 콜레스테롤과 중성지방은 Folch 등[17]의 방법에 따라 추출하였다. 즉 변은 동결건조 후 분쇄하여 분말화시켰고 간 조직은 세절한 다음 믹서기로 마쇄하였다. 시료에 10배 량의 용매(chloroform : methanol = 2 : 1)를 첨가하여 지질을 반복추출한 후 여과한 액을 항량을 구한 수기에 넣고 감압농축하여 지질을 얻었다. 총 지질함량은 중량법으로 구하였고, 콜레스테롤과 중성지방은 메탄올을 가하여 잘 용해시킨 후 효소법을 이용한 kit(Eiken, Japan)로 정량하였다.

간의 외관상 형태

각 실험군 별로 간의 비대 현상과 지방의 축적에 따른 간색의 변화를 육안으로 조사하였다.

통계처리

실험결과는 실험군당 평균치와 표준오차로 표시하였으며 통계처리는 SAS program을 이용한 ANOVA와 Duncan Multiple range test로 각 군간의 차이에 대한 유의성을 검정하였다($p<0.05$).

결과 및 고찰

*In vitro*계에서의 담즙산 흡착능

80°C에서 열수추출하여 얻은 몰로키아 착즙액 및 착즙액에 에탄올을 가하여 침전으로 얻은 mucilage에 대해 담즙산 흡착능을 비교하였다(Table 2). 시료의 농도를 1%로 조정하여 담즙산 흡착능을 상호 비교한 결과 mucilage가 79.9%, 착즙액이 32.8%의 흡착능을 보여 mucilage가 착즙액에 비해 담즙산 흡착능이 2.4배 이상 높은 것으로 나타났는데 이는

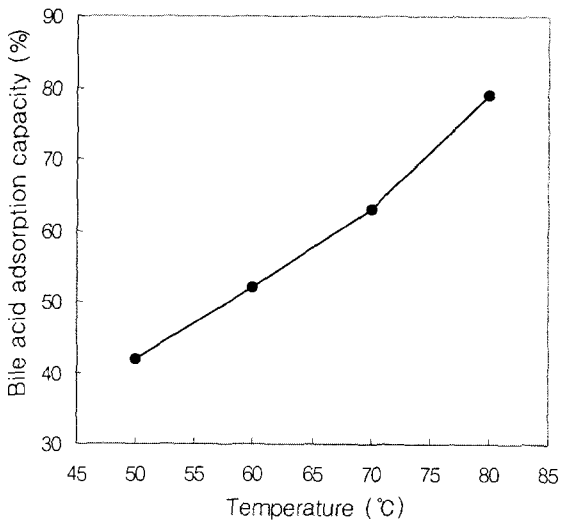

Fig. 1. Effect of various mucilage extraction temperature on the bile acid adsorption capacity.

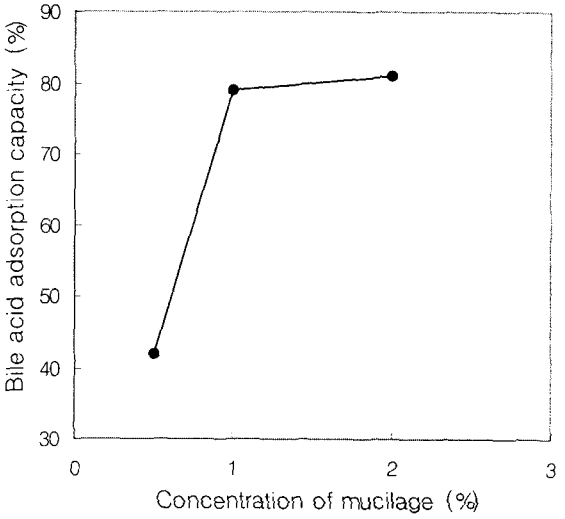

Fig. 2. Effect of mucilage concentration extracted at 80°C on the bile acid adsorption capacity.

mucilage의 경우 조제시의 부분정제 효과로 인하여 상대적으로 몰로키아의 점성을 나타내는 다당체의 함량이 높아 착즙액에 비하여 점성이 높아졌기[18] 때문인 것이라 생각된다.

한편 추출온도별로 얻은 mucilage(1.0%)의 담즙산 흡착능은 50°C의 것이 41%를 나타내었으나 추출온도의 상승에 따라 점차 증가하여 80°C에서는 83%의 흡착능을 나타내었다(Fig. 1). 본 결과 역시 몰로키아의 mucilage를 구성하는 단백질과 총당의 함량이 추출온도가 높아짐에 따라 단백질은 감소한 반면 총당은 증가경향을 나타내었다는 보고[18]로 미루어 볼 때 몰로키아의 점질성을 나타내는 다당체의 함량이 상대적으로 높아진 때문의 당연한 결과로 생각된다. 반면 80°C에서 추출한 mucilage의 농도별 담즙산 흡착능은 mucilage 0.5% 첨가시에는 42%의 흡착능을 나타내었고, 1.0% 첨가시에는 80%로 약 2배의 증가경향을 보였으나 그 이후에는 거의 일정한 수준을 유지하였는데(Fig. 2) 이는 점질성 다당체

Table 3. Effect of *molokhia* and its mucilage as a dietary fiber source on weight gain, feed intake and liver/body weight ratio in rats

Treatment	Weight gain (g)	Total feed intake (g)	L.W/B.W[8] (%)
N[1]	169.62±29.41[b]	470.63±52.28[ab]	2.86±0.16[a]
C_5[2]	182.37±21.05[b]	486.74±24.43[b]	4.31±0.40[b]
C_{10}[3]	188.78±29.08[b]	494.55±25.61[b]	4.01±0.38[b]
MO_5[4]	168.47±15.45[b]	456.35±15.66[a]	3.74±0.16[c]
MO_{10}[5]	151.13±14.65[a]	459.72±12.08[a]	3.84±0.21[c]
MU_5[6]	172.45± 9.77[b]	438.66±22.66[a]	3.40±0.32[c]
MU_{10}[7]	155.52±10.49[a]	427.98±25.93[a]	3.45±0.19[c]

[1]N: Normal diet (cholesterol-free), [2]C_5: Cellulose 5% diet, [3]C_{10}: Cellulose 10% diet, [4]MO_5: Molokhia equivalent to 5% fiber, [5]MO_{10}: Molokhia equivalent to 10% fiber, [6]MU_5: Mucilage equivalent to 5% fiber, [7]MU_{10}: Mucilage equivalent to 5% fiber.
[8]L.W/B.W: Liver and final body weight ratio.
Values are means±SD.
Mean values within a column that followed by same letters are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple-range test.

Table 4. Effect of *molokhia* and its mucilage as a dietary fiber source on liver lipid, cholesterol and triglyceride concentration in rats

Treatment	Lipid (%)	Total cholesterol (mg/g of liver)	Triglyceride (mg/g of liver)
N[1]	6.51±1.80[a]	3.23±0.57[a]	10.57±6.18[a]
C_5[2]	19.58±3.19[b]	14.83±3.16[b]	37.50±8.70[b]
C_{10}[3]	19.96±2.63[b]	13.51±1.51[b]	34.49±7.64[b]
MO_5[4]	14.21±3.49[c]	13.85±4.73[b]	30.11±9.95[b]
MO_{10}[5]	12.86±3.96[c]	9.71±1.57[c]	26.78±4.99[b]
MU_5[6]	12.95±3.22[c]	12.41±1.10[b]	29.26±8.09[b]
MU_{10}[7]	9.17±2.27[c]	7.58±1.61[c]	14.62±6.28[c]

[1]N: Normal diet(cholesterol-free), [2]C_5: Cellulose 5% diet, [3]C_{10}: Cellulose 10% diet, [4]MO_5: Molokhia equivalent to 5% fiber, [5]MO_{10}: Molokhia equivalent to 10% fiber, [6]MU_5: Mucilage equivalent to 5% fiber, [7]MU_{10}: Mucilage equivalent to 5% fiber.
Values are means±SD.
Mean values within a column that followed by same letters are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple-range test.

에 의한 담즙산의 흡착능은 일정 농도 이상에서는 더 이상의 효과를 발휘하지 않기 때문인 것으로 사료된다.

체중증가량, 식이섭취량 및 간/체중 비

Table 3은 몰로키아 분말과 mucilage의 식이섬유 섭취효과를 살펴보기 위해 콜레스테롤을 섭취하지 않은 정상대조군(N)과 콜레스테롤이 첨가된 각 실험군에서의 체중 증가량과 식이섭취량, 간/체중 비를 나타낸 결과이다. 셀룰로오스를 첨가한 대조군에 비해 몰로키아 분말과 mucilage를 첨가한 모든 군에서 유의적으로 식이 섭취량이 줄었으며, 특히 MO_{10}군과 MU_{10}군에서는 유의적으로 체중이 감소하였는데 이와 같은 결과는 첨가된 몰로키아의 식이섬유 성분이 복부 포만감을 부여한 때문인 것으로 추정되어진다.

한편 콜레스테롤의 투여가 간의 몸무게에 대해 차지하는 비율의 경우 콜레스테롤을 첨가하지 않은 정상대조군(N군)은 2.86%를 나타낸 반면 셀룰로오스 첨가군인 C_5와 C_{10}군은 4.01~4.31%로서 간이 차지하는 비율이 크게 증가하였으나 몰로키아 분말첨가구인 MO_5와 MO_{10}군은 각각 3.74% 및 3.84%를, mucilage 첨가구인 MU_5와 MU_{10}군에서는 3.40, 3.45%로서 이 보다 낮은 값을 나타내었다. 그러나 첨가량을 달리한 5%와 10% 첨가군 사이에는 유의적인 차이는 보이지 않았다.

간의 총 지방과 콜레스테롤 및 중성지방

간의 총 지방과 콜레스테롤 및 중성지방 함량을 조사한 결과는 Table 4와 같다. 간의 단위 무게 당 총 지방의 함량은 C_5와 C_{10}군이 각각 19.58% 및 19.96%, MO_5와 MO_{10}군이 각각 14.21% 및 12.86%, MU_5와 MU_{10}군은 12.95% 및 9.17%인 것으로 나타났다. 즉 간의 지방 함량은 셀룰로오스 첨가군인 C군에 비해 MO 및 MU군이 유의적으로 낮았으나 첨가량에 따른 차이는 없었다. 한편 총 콜레스테롤에 있어서는 5% 첨가구에서는 차이가 나타나지 않았으나 10% 첨가구(MO_{10} 및 MU_{10})에서는 유의적으로 콜레스테롤 함량이 감소하였다. 또한 간의 중성지방 함량은 셀룰로오스 첨가구에 비해 몰로키아 분말과 mucilage 첨가구의 경우 다소 감소경향을 보였으나 유의차는 MU_{10}군에서만 나타났다. 이와 같은 결과는 몰로키아 분말의 경우 수용성 및 불용성 식이섬유를 모두 함유하고 있으나 mucilage의 경우 주로 수용성 식이섬유로 구성되어 있는 점을 고려할 때 mucilage가 몰로키아 분말에 비해 더 효과적인 것은 당연한 결과로 생각된다. 또한 몰로키아의 수용성 식이섬유는 간의 콜레스테롤을 효과적으로 저하시킨 반면 불용성 식이섬유는 효과를 나타내지 않았으며 중성지방의 경우에는 수용성과 불용성 식이섬유 모두 유의적인 차이를 보이지 않았다는 보고[19]와 다소 유사한 경향이었다.

혈장의 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤 및 중성지방

콜레스테롤 첨가 식이를 섭취한 흰쥐에서 몰로키아의 식이섬유 투여가 혈장의 콜레스테롤 대사에 미치는 영향을 살펴보기 위해 혈장 콜레스테롤 및 중성지방 함량을 측정한 결과는 Table 5와 같다.

Table. 5 Effect of *molokhia* and its mucilage as a dietary fiber source on plasma cholesterol and triglyceride concentration in rats

Treatment	Total cholesterol (mg/dL)	HDL-cholesterol (mg/dL)	Triglyceride (mg/dL)
N[1)]	61.28±14.54[a]	8.50±2.32[a]	60.51±16.84[a]
C_5[2)]	97.14±21.98[b]	7.89±3.23[a]	67.35±11.34[a]
C_{10}[3)]	90.41±13.12[b]	5.87±3.24[a]	63.50±20.06[a]
MO_5[4)]	96.27±14.09[b]	18.50±4.32[b]	90.09±13.54[b]
MO_{10}[5)]	91.82±18.71[b]	17.13±4.54[b]	87.19±22.04[b]
MU_5[6)]	93.82± 9.65[b]	10.18±2.32[b]	77.34±16.38[a]
MU_{10}[7)]	95.00± 8.22[b]	10.76±1.89[b]	79.39±14.66[a]

[1)]N: Normal diet(cholesterol-free), [2)]C_5: Cellulose 5% diet, [3)]C_{10}: Cellulose 10% diet, [4)]MO_5: Molokhia equivalent to 5% fiber, [5)]MO_{10}: Molokhia equivalent to 10% fiber, [6)]MU_5: Mucilage equivalent to 5% fiber, [7)]MU_{10}: Mucilage equivalent to 5% fiber.
Values are means±SD.
Mean values within a column that followed by same letters are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple-range test.

정상대조군의 총 콜레스테롤 함량은 61.28 mg/dL이었고 그 밖의 처리구는 90.41~97.14 mg/dL 범위로서 정상대조군에 비해서 상대적으로 높은 콜레스테롤 수치를 나타내었으나 콜레스테롤을 첨가한 처리구들 사이에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 이와 같은 결과는 수용성 식이섬유는 간 콜레스테롤 농도에는 현저한 영향을 미치지만 혈장 콜레스테롤에는 큰 영향을 미치지 않는다는 보고[20-22]와 같은 경향이었다. 따라서 수용성 식이섬유의 섭취는 혈장과 간 모두에서 콜레스테롤 저하효과가 동일하게 나타나는 것이 아님을 시사하는 것으로 생각된다. 그러나 HDL-콜레스테롤 함량은 셀룰로오스 첨가군인 C군에 비해 몰로키아 분말 및 mucilage 첨가군인 MO와 MU군들에서 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다. 또한 HDL-콜레스테롤 증가 효과는 MO_5, MO_{10}군이 MU_5, MU_{10}군보다 높았으나 MO군과 MU군 사이에 유의차는 없었고 첨가량을 달리한 5%군과 10%군 사이에도 차이를 나타내지 않았다. 한편 중성지방의 함량은 몰로키아 분말인 MO첨가군에서 유의적으로 높은 수치를 나타낸 반면 정상대조군인 N군, 대조군인 C군 및 mucilage첨가군인 MU군 사이에는 차이를 나타내지 않았다.

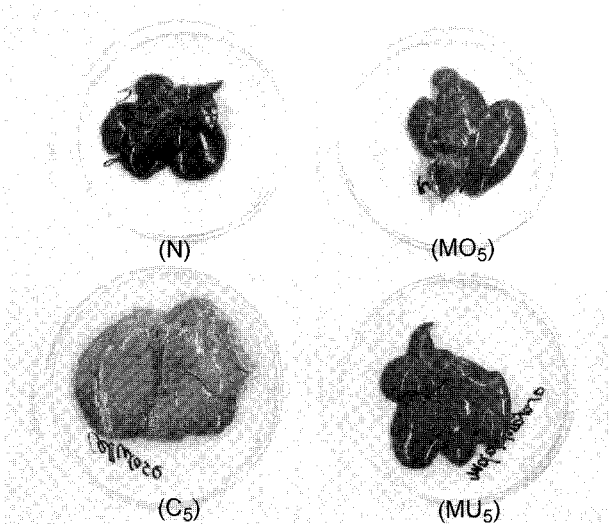

Fig. 3. Effect of *molokhia* intake on liver morphology in high cholesterol fed rats.
N: free of cholesterol, C_5: 5% cellulose with 0.5% cholesterol, MU_5: 5% fiber of mucilage from *molokhia* with 0.5% cholesterol, MO_5: 5% fiber of *molokhia* powder with 0.5% cholesterol.

간의 외관상 형상

Fig. 3은 실험동물의 희생직후 촬영한 간의 형태를 나타낸 것으로 진한 선홍색의 정상대조군과는 달리 셀룰로오스 첨가구인 C_5군은 콜레스테롤의 섭취로 옅은 분홍색으로 변하고 황색의 지방들이 점점이 분산되고 침착된 전형적인 지방간의 형상을 나타내었다. 반면 몰로키아 첨가군인 MO_5군과 MU_5군의 경우 지질 침착이 미약하여 정상대조군의 간과 유사한 형상을 유지하였으며 본 결과에 나타내지 않았으나 몰로키아의 첨가량이 높아짐에 따라 이와 같은 효과는 더욱 뚜렷이 나타났다.

변으로의 총 콜레스테롤 및 중성지방의 배설

몰로키아의 섭취가 변으로의 콜레스테롤 배설에 미치는 영향을 조사한 결과(Table 6), 변의 양은 셀룰로오스, 몰로키아 첨가군 모두 5% 첨가 군에 비해 10% 첨가 군에서 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었으나 시료간의 유의적인 차이는 없었다. 반면 변의 총 콜레스테롤 함량은 전반적으로 MO군과 MU군에서 높은 것으로 나타나 몰로키아의 섭취는 변으로의 콜레스테롤 배설에 효과가 있는 것으로 나타났다. 한편 동일 첨가량에서는 MO, MU, C군의 순으로 증가하였는데 특히 주로 수용성의 식이섬유로 구성된 mucilage보다 수용성과 불용성 식이섬유가 모두 함유된 몰로키아 분말 첨가구에서 더 뛰어난 효과를 보였다. 식이섬유는 대장에서 박테리아 분해에 저항성을 갖고 물리적 구조를 유지하여 대변의 중량 증가에 가장 효과적이며, 수용성 식이섬유는 콜레스테롤을 흡착하여 체외로 배설됨으로써 그 혈중 농도가 낮아지는 것으로 알려져 있으며[23], 불용성 식이섬유 보다 훨씬 효과적이라 보고되어 있지만 본 실험의 결과에서는 식이섬유를 구성하고 있는 당의 종류와 물리화학적 성질에 의해서도 큰 차이를 보일 것으로 생각된다.

한편 N군, C_5 및 C_{10}군의 경우에는 하루 평균 7.22~11.33 mg의 중성지방을 변으로 배설한 반면, 몰로키아 분말을 5%와 10%수준으로 섭취한 MO_5, MO_{10}군에서는 각각 8.63 mg 및 13.14 mg의 중성지방, mucilage첨가구인 MU_5군과 MU_{10}군은 각각 10.48 mg 및 11.81 mg의 중성지방을 배설하여 몰로

Table 6. Effect of *molokhia* and its mucilage as a dietary fiber source on fecal weight, lipid concentration of feces of rat

Treatment	Fecal weight (g) (g/day)	Total cholesterol (mg/day)	Triglyceride (mg/day)
N[1)]	3.48±1.32[a]	1.12±1.50[f]	7.22±2.51[a]
C_5[2)]	4.36±0.80[a]	4.70±0.74[a]	7.59±3.39[a]
C_{10}[3)]	6.19±0.57[b]	7.47±2.01[b]	11.33±1.49[b]
MO_5[4)]	4.25±0.93[a]	24.31±2.66[c]	8.63±2.96[a]
MO_{10}[5)]	6.44±0.72[b]	28.72±4.37[c]	13.14±3.49[b]
MU_5[6)]	4.49±0.43[a]	12.14±1.56[d]	10.48±2.99[b]
MU_{10}[7)]	6.91±0.87[b]	18.84±3.82[e]	11.81±1.97[b]

[1)]N: Normal diet (cholesterol-free), [2)]C_5: Cellulose 5% diet, [3)]C_{10}: Cellulose 10% diet, [4)]MO_5: Molokhia equivalent to 5% fiber, [5)]MO_{10}: Molokhia equivalent to 10% fiber, [6)]MU_5: Mucilage equivalent to 5% fiber, [7)]MU_{10}: Mucilage equivalent to 5% fiber.
Values are means±SD.
Mean values within a column that followed by same letters are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple-range test.

키아 분말의 경우에는 10% 첨가군이, mucilage의 경우에는 5% 및 10% 첨가군 모두가 C군과 유의적으로 차이를 나타내었다. 한편 일반적으로 콜레스테롤 저하효과가 없는 것으로 알려진 불용성 식이섬유인 셀룰로오스 첨가구인 C_{10}군에서도 변의 중성지방 함량은 크게 증가하였는데 최근 불용성 식이섬유인 셀룰로오스도 분변으로의 담즙배설을 증가시킨다는 보고[24]도 있어 이에 대해서는 향후 보다 면밀한 검토가 필요할 것으로 사료된다.

요 약

국내산 몰로키아와 몰로키아 점질추출물인 mucilage가 콜레스테롤 대사에 미치는 효과를 담즙산 흡착능과 콜레스테롤 식이를 투여한 동물실험을 통하여 살펴보았다. *In vitro*에서 mucilage는 몰로키아 열수추출물에 비해 더 높은 담즙산 흡착능을 나타내었으며, 추출 온도가 높아짐에 따라 흡착능은 증가하는 경향을 보였다. 고 콜레스테롤 식이에 몰로키아 분말과 mucilage를 첨가한 경우 혈장의 총 콜레스테롤 함량은 대조구인 셀룰로오스 첨가군과 유의적인 차이가 나타나지 않았고, triglyceride 함량은 몰로키아 첨가군에서 증가되었으나 HDL-콜레스테롤인 경우는 몰로키아 분말과 mucilage 첨가군에서 유의적으로 증가하였다. 간이 몸무게에 대해 차지하는 비율을 측정해 본 결과, 셀룰로오스 첨가군은 4.01~4.31%이었으나 몰로키아 분말 섭취군에서는 3.74~3.84%, mucilage 첨가군에서는 3.40~3.45%의 낮은 값을 보여 몰로키아의 섭취로 간의 지질 침착이 어느 정도 억제될 수 있음을 나타내었다. 간에서의 중성 지방 농도는 셀룰로오스 군에 비해서 몰로키아 분말과 mucilage 첨가군이, 콜레스테롤 함량은 몰로키아 10% 첨가군에서, triglyceride는 mucilage 10% 첨가군에서 유의적으로 감소되었다. 변으로의 콜레스테롤 배설량은 몰로키아 분말 첨가군이 가장 높았고 mucilage 첨가군도 셀룰로오스군 보다 유의적으로 높았으며 triglyceride는 5% 수준에서는 mucilage 첨가 군이 매우 높았으나 10% 첨가시에는 처리구 간의 유의적인 차이는 보이지 않았다.

감사의 글

본 연구는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구비 지원으로 수행된 연구결과의 일부로 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Higgins, M. and Thom, T. Trends in CHD in the United States. Int. J. Epidemiol. 18: 58-66 (1989)
2. American Heart Association. Dietary guidelines for healthy American adults: a statement for physicians and health professionals by the Nutrition Committee. Circulation 74: 1465-1468 (1986)
3. Gordon, D.T. Total dietary fiber and mineral absorption. Korean J. Nutr. 25: 429-449 (1992)
4. Kritchevsky, D. and Story, J.A. Influence of dietary fiber on cholesterol metabolism in experimental animals, pp. 163-178. In: CRC Handbook of Dietary Fiber in Human Nutrition. Spiller, G.A. (ed.). CRC Press, Boca Raton, USA (1993)
5. Stasse-Wolthuis, M., Hautvast, J., Hermus, R., Katan, M., Bausch, J.E., Rietberg-Brussaard, J.H., Velema, J.P., Zondervan, J.H., Eastwood, M.A. and Brydon, W.G. The effect of a natural high-fiber diet on serum lipids, fecal lipids, and colonic function. Am. J. Clin. Nutr. 32: 1881-1888 (1979)
6. Wright, R.W, Anderson, J.W. and Bridges, S.R. Propionate inhibits hepatic lipid synthesis. Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 195: 26-29 (1990)
7. Swain, J.F., Rouse, I.L., Curley, C.B. and Sacks, F.M. Comparison of the effects of oat bran and low-fiber wheat on serum lipoprotein levels and blood pressure. New Engl. J. Med. 322: 147-152 (1990)
8. Superko, H.R., Haskell, W., Dawrey-Kubicek, L. and Farquhar, J.W. Effect of solid and liquid guar gum on plasma cholesterol and triglyceride concentrations in moderate hypercholesterolemia. Am. J. Cardiol. 62: 51-55 (1988)
9. Klopfenstein, C.E. The role of cereal β-glucans in nutrition and health. Cereal Foods World 10: 865-872 (1988)
10. El-Mahdy, A.R. and El-Sebaiy, L.A. Preliminary studies on the mucilage extracted from okara fruits, taro tubers, jew's mellow leaves and fenugreek seeds. Food Chem. 14: 237-249 (1984)
11. Oshodi, A.A. Comparison of protein, minerals and vitamin C contents of some dried leafy vegetables. Pak. J. Sci. Ind. Res. 35: 267-269 (1992)
12. Farag, R.S., El-Khwas, H.A.M. and Mohamed, M.S. Distribution of carotenoids insome fresh and boiled foods. Adv. Food Sci. 20: 1-6 (1998)
13. Azuma, K., Nakayama, M., Koshioka, M., Ippoushi, K., Yamaguchi, Y., Kohata, K., Yamauchi, Y., Ito, H. and Higashio, H. Phenolic antioxidant from the leaves of *Corchorus olitorius* L. J. Agric. Food Chem. 47: 3963-3966 (1999)
14. Innami, S., Tabata, K., Shimizu, J., Kusunoki, K., Ishida, H., Matsuguma, M., Wada M., Sugiyama, N. and Kondo, M. Dried

green leaf powders of jew's mellow (*Corchorus*), persimmon (*Disophyros kaki*) and sweet potato (*Ipomoea batatas*) lower hepatic cholesterol concentration and increase fecal bile acid excretion in rats fed a cholesterol-free diet. Plant Foods Human Nutr. 52: 55-65 (1998)
15. Adiotomore, J., Eastwood, M.A., Edwards, C.A. and Brydon, W.G. Dietary fiber: *in vitro* methods that anticipate nutrition and metabolic activity in human. Am. J. Clin. Nutr. 52: 128-134 (1990)
16. Boyd, G.S., Eastwood, M.A. and Maclean, N. Bile acids in the rat: studies in experimental in man. J. Lipid Res. 7: 83-94 (1966)
17. Folch, J., Lee, M. and Sloane-Stanley, G.H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem. 226: 467-509(1957)
18. Jung, C.H, Choi, I.W., Kim, H.M. and Seog, H.M. Physicochemical properties of domestic *molokhia* (*Corchorus olitorius*). Korean J. Food Sci. Technol. 34: 757-761 (2002)
19. Innami, S., Nakamura, K., Tabata, K., Wada, M. and Takita, T. Water-soluble viscous substance of jew's mellow leaves lower serum and liver cholesterol concentrations and increases fecal steroid excretion in rat fed a high cholesterol diet. J. Nutr. Sci. Vitaminol. 41: 465-475 (1995)
20. Park, S.H., Lee, Y.K. and Lee, H.S. The effect of dietary fiber feeding in gastrointestinal functions and lipid and glucose metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. Korean J. Nutr. 27: 311-322 (1994)
21. Nishina, P.M., Schneeman, B.O. and Freedland, R.A. Effects of dietary fibers on nonfasting plasma lipoprotein and apolipoprotein levels in rats. J. Nutr. 121: 431-437 (1991)
22. Yang, J.L., Suh, M.J. and Song, Y.S. Effect of dietary fibers on cholesterol metabolism in cholesterol-fed rats. J. Korean Soc. Food Sci. 25: 392-398 (1996)
23. Nishina, P.M. and Freedland, R.A. The effects of dietary fiber on cholesterol metabolism in rats. J. Nutr. 120: 800-805 (1990)
24. Vahouny, G.V., Khalafi, R., Satchithanandam, S., Watkins, D.W., Story, J.A., Cassidy, M.M. and Kritchevsky, D. Dietary fiber supplementation and fecal bile acids, neutral steroids and divalent cations in rats. J. Nutr. 117: 2009-2015 (1987)

(2002년 6월 7일 접수; 2003년 5월 2일 채택)