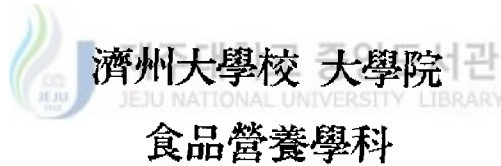


碩士學位論文

감귤박, 다시마, 손바닥 선인장 분말을
함유한 식이의 급여가
고콜레스테롤혈증 흰쥐의 체내 지질수준과
장내 콜레스테롤 흡수, 혈소판 응집성
및 간 조직에 미치는 영향



姜 旼 淑

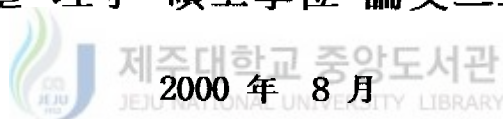
2000年 8月

감귤박, 다시마, 손바닥 선인장 분말을
함유한 식이의 급여가
고콜레스테롤혈증 흰쥐의 체내 지질수준과
장내 콜레스테롤 흡수, 혈소판 응집성
및 간 조직에 미치는 영향

指導教授 姜晶淑




姜 旻 淑

이 論文을 理學 碩士學位 論文으로 提出함.



2000 年 8 月

姜旻淑의 理學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 신종 
委 員 강정욱 
委 員 김규익 

濟州大學校 大學院

2000 年 8 月

Effects of feeding diets containing tangerine pulp, sea tangle or prickly pear cactus on lipid level, intestinal cholesterol absorption, platelet aggregation and liver tissue in hypercholesterolemic rats

Min-Sook Kang

(Supervised by professor Jung-Sook Kang)



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE**

**DEPARTMENT OF FOOD SCIENCE AND NUTRITION
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY**

2000. 8.

목 차

| | |
|-----------------------|----|
| 초 록 | 9 |
| I. 서론 | 11 |
| II. 실험재료 및 방법 | 17 |
| 1. 실험재료 | 17 |
| 1) 실험동물 및 식이배합 | |
| 2) 식이 섭취량과 체중 및 식이효율 | |
| 2. 실험방법 | 20 |
| 1) 시료수집 | |
| (1) 혈액 채취 | |
| (2) 간 장기 적출 | |
| 2) 시료분석 | |
| (1) 혈장지질농도 분석 | |
| (2) 간의 콜레스테롤과 중성지방 분석 | |
| (3) 분의 중성 스테롤 분석 | |
| (4) 혈소판 응집 | |
| (5) 간 조직 관찰 | |
| (6) 분의 방사성 동위원소 검출 | |
| 3. 통계처리방법 | 26 |

| | |
|---|----|
| III. 실험결과 및 고찰 | 27 |
| 1. 체중증가량, 식이섭취량, 식이효율 및 간/체중 비 | 27 |
| 2. 혈청 총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, LDL-콜레스테롤 및 중성지방 | 30 |
| 3. 간 총콜레스테롤과 중성지방 | 35 |
| 4. 분으로의 중성 스테롤 배설 | 38 |
| 5. Hematocrit 수치와 혈소판 응집 | 41 |
| 6. 간 조직 검사..... | 43 |
| 7. ^{14}C -콜레스테롤 급여 후 분으로의 방사능 배설 | 47 |
| IV. 결론 | 51 |
| V. 참고문헌 | 54 |
| Abstract | 68 |

List of tables

- Table 1. Composition of experimental diets 18
- Table 2. Conditions for operating gas chromatography used for analysis of fecal neutral sterols 24
- Table 3. Effects of feeding diets containing tangerine pulp, sea tangle or prickly pear cactus meal on growth rate and feed intake 29
- Table 4. Effects of feeding diets containing tangerine pulp, sea tangle or prickly pear cactus meal on the serum cholesterol and triglyceride content in rats .. 34
- Table 5. Effects of feeding diets containing tangerine pulp, sea tangle or prickly pear cactus meal on the liver cholesterol and triglyceride content in rats .. 37

Table 6. Effects of feeding diets containing tangerine pulp, sea tangle or prickly pear cactus meal on the fecal neutral sterols content in rats 40

Table 7. Effects of feeding diets containing tangerine pulp, sea tangle or prickly pear cactus meal on hematocrit and platelet aggregation 42



Table 8. Effects of feeding diets containing tangerine pulp, sea tangle or prickly pear cactus meal on microscopic appearance of liver tissue 45

Table 9. Effects of feeding diets containing tangerine pulp, sea tangle or prickly pear cactus meal on cholesterol absorption in the rat intestine 48

List of figures

- Figure 1. Analytical scheme of total cholesterol
and triglyceride in the liver 22
- Figure 2. Microscopic appearance of liver tissue
($\times 300$) 46
- Figure 3. The percentage of dietary radioactivity
excreted into feces 역ing the 6-day period
..... 49
- Figure 4. Daily excretion of radioactivity following
 ^{14}C -cholesterol feeding 50

초 록

관상동맥질환 발병의 주요 위험인자인 고콜레스테롤혈증의 치료와 예방에 감귤박, 다시마, 손바닥 선인장이 미치는 영향을 알아보고자 쥐를 모델 동물로 사용하여 본 연구를 수행하였다. 0.5% cholesterol과 0.2% cholate를 함유한 대조 식이에 각각 5%의 감귤박, 다시마 또는 손바닥 선인장을 첨가한 실험 식이를 4주간 Sprague Dawley 숫쥐에게 급여한 후 지질 대사와 혈소판 응집성 및 간조직에 미치는 영향을 측정하였고, 또한 이들 성분이 식이 중 콜레스테롤의 흡수에 미치는 효과를 관찰하였다.

손바닥 선인장 첨가에 의해 체중에 대한 간 무게 비가 대조구에 비해 현저히 감소($P < 0.001$) 하였으며, 혈청 총콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 및 중성지방 수준도 감소하였다 ($P < 0.01$). 반면, HDL-콜레스테롤 수준은 모든 처리구가 대조구와 차이가 없었다. 간 콜레스테롤과 중성지방 수준은 처리에 의해서 유의적인 영향을 받지 않았지만, 손바닥 선인장구에서 낮게 나타났다. 분으로의 중성 스테롤 배설을 보면, coprostanol의 배설량은 세가지 처리구 모두가 대조구에 비해 유의적으로 적었으며 ($P < 0.01$), 처리구 중에서는 손바닥 선인장이 배설을 더 증가시켰다. Cholesterol의 배설은 대조구와 손바닥 선인장구가 비슷하였고, 감귤박과 다시마구는 대조구에 비해 유의적으로 적었다 ($P < 0.01$). 감귤박, 다시마, 손바닥 선인장 첨가가 hematocrit와 혈소판 응집력을 감소시키는 경향을 보였으나, 유의성은 없었다. 간 조직에 있어서는 손바닥 선인장이 지방공포 생성 억제에 상당한 효과가 있음을 관찰할 수 있었다.

^{14}C -cholesterol을 급여한 후의 방사능 배설량은 손바닥 선인장구가 대조구에 비해 2배 이상으로 억제되었으나, 나머지 처리구에서는 효과가 없었

다. 날짜별 배설량을 보면, 모든 군이 만 1일에는 거의 배설되지 않았고, 2~3일에 배설량이 가장 많았으며, 그 후로 배설량이 감소하는 경향을 보였다. 이상의 결과를 종합해 볼 때, 5% 손바닥 선인장 건조 분말의 첨가는 체내 콜레스테롤 수준을 감소시키는데 상당한 효과가 있으나, 감귤박과 다시마에서는 그러한 효과를 관찰할 수 없었다.

I. 서 론

1970년대 이후 국민소득이 빠른 속도로 증가하였고, 이로 인해 현재 한국인의 1인당 식품소비량은 1950년대에 비해 거의 3배에 달한다. 이러한 식품 소비의 증가양상은 동물성 식품에서 더욱 현저하여 식물성 식품의 소비량은 약 2배로 증가한 반면, 동물성 식품은 거의 9배로 증가하였다 (이, 1993).

식생활 변화에 따른 질병유형과 사망원인의 변화를 살펴보면, 과거에는 소화기, 호흡기, 신경계질환 및 전염병이 주된 사망 원인이었으나, 현재는 비만증, 고혈압, 고지혈증, 동맥경화증 등의 만성 퇴행성 질환의 발병이 증가추세에 있고, 순환기계 질환, 암 등에 의한 사망이 증가하고 있다 (대한 통계협회, 1992; Kim, 1993b). 특히 그 중 관상동맥질환 (Cardiovascular disease, CVD)은 현재 식생활 양상의 변화를 볼 때 앞으로도 계속 증가하여 우리 나라의 사망 원인 중 가장 중요한 질환이 될 것으로 예측된다.

관상동맥질환의 발병은 고지혈증 중 고콜레스테롤혈증이 주요한 위험인자 중의 하나로 작용한다는 것이 알려져 있다 (Mazur 등 1990; Martin 등 1986; Lipid Research Clinics Program, 1984). 고지혈증은 인종, 성별 등의 유전적 요인과 환경적 요인에 따라 차이가 있다. 특히 환경 요인 중 열량섭취 증가, 지방 섭취 증가, 동물성 식품 섭취 증가 등의 식이적 환경 요인에 의해 크게 영향을 받는다 (National Institutes of Health Consensus Development Conference Statement 1985; Grundy 등 1982).

콜레스테롤은 세포막의 성분이자 담즙산과 steroid hormone 합성의 원료 물질로서 식이로부터 유래하거나, 체내에서 합성된다. 많은 연구 (Hutagalung 등 1969; Kelly와 Tsai 1978; Cromwell 등 1970; Nishina 와 Freed-

land 1990b; Topping 등 1993)에 의하면 간과 혈장의 콜레스테롤 수준은 식이로 섭취된 콜레스테롤과 지방의 양을 반영한 것이라고 한다.

콜레스테롤의 체내 합성량은 식이 콜레스테롤 섭취량에 의해 조절되는데, 섭취량 증가에 의해 합성량은 감소된다 (Grundy 등 1969). 세포내에 콜레스테롤 에스테르의 축적이 증가되면 HMG-CoA (3-hydroxy-3-methyl-glutaryl CoA) reductase의 활성이 감소하여 콜레스테롤 생합성이 감소하게 되는 것이다. 신체는 이러한 feedback system에 의해 상대적으로 일정한 콜레스테롤 수준을 유지한다. 그러나 만일 흡수한 콜레스테롤이 세포에 의해 원활히 이용되지 못하는 경우 콜레스테롤은 체내에 축적될 것이고, 이러한 축적이 동맥에 나타나면 죽상동맥경화증 (atherosclerosis)과 관상동맥질환 (cardiovascular disease, CVD)의 일차적인 원인이 된다.

콜레스테롤은 주로 지단백질 (lipoprotein) 과 결합되어 모든 체조직으로 운반되는데, 말초조직으로 콜레스테롤을 운반하는 LDL fraction 은 관상심장질환 (coronary heart disease, CHD)과 직접적인 상관성을 보이는 반면 (McGill, 1979; Shekelle 등 1981), 말초조직의 콜레스테롤을 간으로 운반하는 HDL fraction은 CHD로부터 보호해 준다고 한다 (Barr 등 1951; Miller 와 Miller, 1975; Rhodos 등 1976). 또한 Berg 등 (1976)과 Hjermann 등 (1977)은 관상심장질환 환자에 있어서 HDL-콜레스테롤 농도는 현저히 낮은 반면, LDL-콜레스테롤 농도는 높았다고 하였으며, Gordon과 Castelli (1977)에 의하면 HDL-콜레스테롤 농도와 CHD 환자의 빈도수는 서로 역비례하는 상관 관계가 있다고 보고하였다. 그러므로 혈중 콜레스테롤, 특히 LDL-콜레스테롤을 감소시키는 것이 심혈관계 질환을 예방 또는 지연시키는 방법이며, 심지어는 역전시킬 수도 있다고 한다 (Barter와 Rye, 1996; LaRosa, 1994; Rosenfeld, 1989; Stalmer 등 1986).

간에서 콜레스테롤은 최종 대사산물인 담즙산으로 변하고, 이것은 장을 통해 배설된다. 배설된 담즙산의 일부는 소장 하부인 공장에서 간으로 재흡

수되어, 다시 이용되는 장간순환 (enterohepatic circulation)이 일어난다 (McCarthy, 1993).

Grundy 등 (1969)에 의하면 사람은 일상 식이에 있어서 단지 300mg/day 정도의 제한된 양의 식이 콜레스테롤만을 흡수할 수 있고, 흡수되지 못한 콜레스테롤과 그 대사물질인 담즙산염은 변으로 배설된다.

한편 관상동맥의 경화는 혈전과 밀접한 관련이 있다고 알려져 있는데, 동맥경화로 인한 손상 부위는 거의 동맥혈전이 있었던 위치에서 발견되고 있으며, 혈소판이나 혈전이 동맥경화의 plaque 형성에 관여한다는 것은 여러 연구에서 제시된 바 있다 (Gibson, 1982; Dyerberg 와 Bang, 1978). 또한 고지혈증이나 고콜레스테롤혈증 상태에서 혈소판 활성이 증가한다는 보고 (Carvalho 등 1974; Jamieson 등 1985; Brook과 Aviram, 1988; Tomizuka 등 1990) 도 있어 이러한 관련성을 지지해 준다. Jamieson 등 (1985) 에 의하면, 콜레스테롤이 많은 배지에서 배양한 정상 혈소판이나 혹은 type II_b hypercholesterolemia 상태의 혈소판은 토끼의 동맥 내피하에 유착하는 능력이 증가한다고 한다.

심장순환기계 질환의 치료와 예방을 위해 혈액 중의 콜레스테롤 및 중성 지방 농도를 효과적으로 조절할 수 있는 의약품이나 혹은 식이에 관한 연구가 활발히 진행되어 왔다. Lovastatin과 simvastatin 등의 HMG-CoA reductase 억제제나 혹은 cholestyramine 등의 bile acid binder와 같은 의약품과 여러 가지 식이 섬유질들이 순환기 질환을 비롯한 만성 성인병의 예방과 치료에 효과적인 것으로 알려졌다 (Burkitt, 1988; Blackburn 등 1984; Anderson 와 Gustafson, 1988).

일부 역학연구 (Morris 등 1977; Kromhout 등 1982; Arntyenius 등 1985) 는 식이섬유 섭취와 관상동맥 질환 간에 역의 상관관계가 있음을 보고하였고, Fisher 등 (1966)은 쥐에 있어서 식이 섬유질이 혈액중의 콜레스테롤 농도를 저하시키고, 죽상동맥경화를 지연시켰다고 보고하였으며, Kri-

tchevsky와 Tepper (1968)도 또한 식이 섬유질의 섭취로 혈청 및 간의 콜레스테롤 농도가 감소하였다고 보고하였다.

식이 섬유질 (Dietary fiber)은 인간의 소화효소로 전혀 분해되지 않거나 극히 일부만 분해되는 식물성 다당류 (Trowell 등 1976)로서, 크게 불용성과 수용성 식이섬유로 분류되며, 이들은 구성하는 성분과 구조에 기인하는 물리 화학적 성질에 따라서 인체에 미치는 생리적인 효과가 달라진다 (Schneeman, 1987; Englyst와 Cummings, 1985; Muir와 O'Dea, 1992).

지금까지 확인된 바에 의하면 pectin, guar gum, β -glucan 등과 같은 수용성이면서 점성이 있는 식이 섬유질을 함유하는 과일, 두류 및 채소가 혈청 콜레스테롤, 특히 LDL-콜레스테롤을 저하시키는 것으로 보고되었고 (Anderson과 Gustafson, 1988; Hopewell 등 1993; Schneeman과 Tietyen, 1994), 반면 cellulose와 hemicellulose를 포함하는 wheat bran 등과 같은 불용성 식이 섬유의 섭취는 동물을 이용한 연구에서 혈장 콜레스테롤에 어떠한 영향도 미치지 못하거나 (Reddy 등 1980; Kim 등 1981), 오히려 상승하는 효과를 보였다 (Van Beresteyn 등 1979; Park과 Harrold, 1983).

실제로 비만인 남성과 여성에게 매일 guar gum을 15g씩 섭취시켰을 때 혈청 콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤의 수준은 각각 17%, 27%가 감소되었다는 연구보고 (Kawatra 등 1991)가 있고, Arjmandi 등 (1992b)은 0.3%의 콜레스테롤이 포함된 식이에 수용성 식이섬유인 pectin, psyllium 등을 10% 첨가하였을 경우, 불용성 식이섬유인 cellulose 첨가군에 비해 11~26% 정도로 혈장 콜레스테롤을 낮추었다고 보고하였다. 이와 같은 연구들은 결과적으로 수용성 섬유질의 섭취는 혈장 콜레스테롤을 효과적으로 저하시킴으로써 심혈관계질환의 위험, 특히 동맥경화 등에 긍정적인 영향을 미칠 수 있음을 알려준다.

콜레스테롤 감소효과에 있어서, 수용성 식이 섬유질은 소장에서 지방과 콜레스테롤의 소화와 흡수를 저해하고 (Topping 1991), 담즙산 및 중성스테

콜의 배설을 증가시켜 더 많은 순환 혈액 콜레스테롤을 담즙산 생성의 전구체로 사용하게 함으로써 이루어지는 것이다 (Arjmandi 등 1992b; Matheson 등 1995; Matheson과 Story, 1994; Iiiman과 Topping, 1985). 특히 장내에서의 점성 형성 능력과의 관련성이 크다고 한다 (Carr 등 1996; Gallaher 등 1993a, 1993b). Pectin이 소장에서 gel화 되어 콜레스테롤과 담즙산의 소화와 흡수를 지연시킴으로써 변 내로의 이들 물질의 배설을 증가시켰다는 보고 (Topping, 1991)가 점성에 의한 흡수저하를 설명 가능하게 한다.

그리고 Chen 등 (1984)에 의하면 수용성 식이 섬유가 결장에서 박테리아에 의해 발효됨으로써 생성된 propionate, butyrate와 같은 단쇄지방산들이 문정맥으로 흡수되어 VLDL-콜레스테롤의 간 분비를 감소시키고, 말초조직에서의 콜레스테롤의 합성을 저해하여 말초의 LDL receptor를 증가시켜 간의 콜레스테롤 합성을 억제함으로써 혈중 콜레스테롤 저하 효과를 매개할 수 있다고 한다.

한편, Nishina 와 Freedland (1990b)는 방사성 동위원소를 이용해 식이섬유가 콜레스테롤 체내 합성에 미치는 영향을 연구하였는데, 식이섬유가 포함되어 있지 않은 식이를 섭취한 실험동물과 cellulose, pectin, oat bran, wheat bran 등을 함유한 식이를 섭취한 실험동물에서 적출한 간세포에서 콜레스테롤 합성을 비교한 결과, 오히려 pectin과 wheat bran을 먹인 쥐에게서 스테롤 합성이 두드러지게 증가하였다고 하였으며, pectin을 섭취한 쥐에서 체내 콜레스테롤 합성률이 높아진 것은 HMG-CoA reductase의 활성이 증가했기 때문이라고 하였다.

위에서 살펴본 바와 같이 식이섬유의 혈액내 콜레스테롤 감소 효과가 여러 인체실험 및 동물실험에서 관찰되고 있으나 guar gum, pectin, alginic acid 등 정제된 식이섬유에만 국한하여 그 결과가 보고되었다. 식이섬유의 종류에 따라서 기대되는 생리적 효과가 다르다고 보고되고 있기 때문에, 여러 식이섬유로 구성된 천연의 식이섬유 급원식품에 있어서 기대되는 생리적

효과는 크게 다를 것으로 예상되나 이에 대해서는 거의 실험이 이루어지지 않았다.

본 연구에서는 0.5%의 콜레스테롤을 함유하고 있는 식이에 이른바 건강식품이라고 알려져 있는 제주산 손바닥 선인장과 다시마, 또는 감귤박을 5% 첨가하여 Sprague Dawley 숫쥐에게 급여하였을 때, 혈장과 간의 콜레스테롤과 중성지방의 수준, 혈소판 응집과 간조직의 변화 및 콜레스테롤의 흡수와 배설에 미치는 영향을 관찰하였다.



II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

1) 실험동물 및 식이배합

생후 4주된 체중 90 ~ 110g 전후의 Sprague Dawley계 숫쥐 40마리를 대조구, 감귤박구, 다시마구, 그리고 손바닥 선인장구의 4개 구에 각 10마리씩 나누었다. Stainless steel cage에서 4주간 분리·사육하였으며, 동물사육실의 명암주기는 12시간, 온도는 20-25 °C, 습도는 40-60 % 가 일정하게 유지되도록 조절되었다. 실험 기간동안 물과 식이는 무제한으로 공급되었다.

기본 실험식은 AIN-76 (American Institute of Nutrition-76)을 참고로 하여 <Table 1> 과 같이 제조되었다. 탄수화물 급원으로는 sucrose 와 corn starch를, 단백질 급원으로는 casein을, 지방 급원으로는 lard (9%)와 soybean oil (1%)을 사용하였다. 0.5% cholesterol과 0.2% cholate를 함유한 대조구 식이와 이에 각기 5% 제주산 감귤박, 다시마 또는 손바닥 선인장 줄기 분말을 함유한 3개의 처리구 식이로 조제되었다. 처리구 식이에 혼합시킨 감귤박, 다시마, 손바닥 선인장은 micro Kjeldahl법으로 조단백질 함량을 측정 후, 그 함량만큼을 대조군의 casein 함량에서 감하였고, 그 차이는 corn starch로 보정해 주었다. 감귤박, 다시마, 손바닥 선인장 줄기는 제주 지역에서 직접 구입하였으며, 감귤박은 감귤 껍질을 꼭지만 제거한 후 사용되었고, 다시마는 이틀 정도 물에 담가 소금기를 제거한 후, 손바닥 선인장은 굵은 가시와 잔 가시를 모두 절단하여 제거한 후 사용되었다. 모두 동결 건조하였고, 고운 분말로 만들어 식이에 혼합하였다.

콜레스테롤 흡수율을 측정하기 위한 실험에서는 생후 4주 된 Sprague Dawley계 숫쥐 20마리를 각각 5마리씩 4개 구로 나누어, 동일한 사육실 환경과 식이 조건에서 2주일간 사육한 후, 20시간을 절식시키고 나서, 조명 중지 바로 직전에 0.2 μ ci의 14 C-콜레스테롤 용액을 각각의 식이통 중앙에 떨어뜨려 주었다.

Table 1. Composition of experimental diets (%)

| Ingredient | Control | Tangerine pulp | Sea tangle | Prickly pear cactus |
|--|--------------|----------------|--------------|---------------------|
| Casein ^{a)} | 20.0 | 20.0 | 19.5 | 19.5 |
| L-methionine ^{b)} | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| Lard ^{c)} | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 |
| Soybean Oil ^{d)} | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| Choline chloride ^{a)} | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| Vitamin mix ^{e)} | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| Mineral mix ^{f)} | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 |
| Sucrose ^{d)} | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 |
| Corn starch ^{g)} | 44.3 | 39.3 | 39.8 | 39.8 |
| Cholesterol ^{b)} | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| Cholic acid ^{b)} | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| Tangerine pulp meal ^{h)} | - | 5.0 | - | - |
| Sea tangle meal ⁱ⁾ | - | - | 5.0 | - |
| Prickly pear cactus meal ^{j)} | - | - | - | 5.0 |
| Total (%) | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |

^{a)} United States Biochemical Corp., Cleveland, Ohio

^{b)} Junsei Chemical Co., Ltd.

^{c)} Samlip Yugi Co.

^{d)} Jeil Jedang Co.

^{e)} Vitamin mixture(mg/100g) · Thiamine HCl 60.0, Riboflavin 60.0, Pyridoxine HCl 70.0, Nicotinic Acid 300.0, D-Calcium Pantothenate 160.0, Folic Acid 20.0, D-Biotin 2.0, Vit. B₁₂ 0.1, Vit. A 80.0, Vit. E 2000.0, Vit. D₃ 0.25, Vit. K 0.5, Sucrose 97290.0

^{f)} Mineral mixture(g/100g) · CaHPO₄ 50.0, NaCl 7.4, K₂C₆H₅O₇ · H₂O 22.0, K₂SO₄ 5.2, MgO 2.4, Manganous carbonate(43-48%Mn) 0.35, Ferric citrate(16.7%Fe) 0.6, Zinc carbonate(70% Zn) 0.16, Cupric carbonate(53-55%Cu) 0.03, KIO₃ 0.001, Na₂SeO₃ · 5H₂O 0.001, CrK(SO₄)₂ · 12H₂O 0.055, Sucrose 11.804

^{g)} Sunil Pododang Co.

^{h)} Tangerine pulp containing 6.3% crude protein (CP) dried and ground

ⁱ⁾ Sea tangle containing 10.6% CP dried and ground

^{j)} Prickly pear cactus containing 12.4% CP dried and ground

2) 식이 섭취량과 체중 및 식이효율

식이 섭취량을 전날 채워둔 식이통의 무게에서 남은 식이의 무게를 뺀 값으로 계산하였고, 체중 측정은 식이 섭취로 인한 일시적인 체중 변화를 막기 위하여 측정하기 1시간 전에 식이를 제거한 후 이를 마다 측정되었다. 식이 공급과 체중 측정을 매번 같은 시각에 행하였다.

식이 효율 (Food Efficiency Ratio, FER: $\text{weight gain(g)} / \text{food intake(g)}$) 은 전 실험기간에 대해서 계산되었다.

2. 실험방법

1) 시료수집

(1) 혈액채취

4 주간의 실험기간 종료 전, 16 시간을 절식시키고 ether로 마취시킨 후, heparin이 함유되어 있는 vacuum tube와 함유되지 아니한 vacuum tube로 cardiac puncture에 의해 혈액을 채취하였다. 혈소판 응집과 hematocrit 측정은 채혈 즉시 heparin 처리된 전혈 (whole blood)로 실험이 실시되었고, heparin이 처리되지 않은 나머지 혈액을 $2000 \times g$ 에서 15 분간 원심분리하여 혈청을 분리하고, 총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, 중성지방 분석을 위해 -20°C 냉동고에 보관하였다.

Hematocrit는 hematocrit 용 원심분리기를 사용하여 3000 rpm 에서 15분간 혈액을 원심분리한 후 측정되었다.

(2) 간 장기적출

간을 바로 적출하여 거름종이로 표면의 혈액을 제거한 후, 무게를 측정하였다. 간 조직의 일부는 조직검사를 위해 10% 포르말린용액에 고정시켜 놓고, 남은 간은 콜레스테롤과 중성지방 분석을 위해 -20°C 냉동고에 보관되었다.

2) 시료분석

(1) 혈장지질농도 분석

총 콜레스테롤의 성분정량분석에는 commercial assay kit (Waco Pure Chemical Ind., Osaka, Japan)을, HDL-콜레스테롤 그리고 중성지방의 성분정량분석을 위해서는 commercial assay kit (International Reagent Co., Tokyo, Japan)를 사용하였다. 총 콜레스테롤과 중성지방 분석에는 혈청 20 μl 을 사용하였고, HDL-콜레스테롤의 분석에는 200 μl 을 사용하여 두 반복으

로 진행하였다. 총 콜레스테롤은 505 nm에서, HDL-콜레스테롤은 540 nm에서, 그리고 중성지방은 535 nm에서 spectrophotometer로 흡광도가 측정되었다. LDL-콜레스테롤은 분석을 통해 얻은 총 콜레스테롤과 HDL-콜레스테롤의 수치를 이용하여 계산되었다.

(2) 간의 콜레스테롤과 중성지방 분석

간의 콜레스테롤과 중성지방의 분석은 Folch 등 (1957)의 방법을 다소 수정하여 수행되었다. 간 조직 1 g을 절단하여 6 ml chloroform / methanol mixture (2/1, v/v)과 2 ml 증류수를 넣고 조직균질기 (tissue homogenizer)로 5분 간 균질화 하여, 3000 × g에서 10분 간 원심분리하였다. 콜레스테롤과 중성지방을 함유하고 있는 하층액인 chloroform층을 분석에 이용하였다.

간 콜레스테롤 측정을 위해서 하층액 500 μ l 을 취하여 질소가스로 건조한 후, 50 μ l Triton X-100 / chloroform solution (1/1, v/v)을 첨가하여 vortex하였다. 이를 450 μ l chloroform으로 희석하여 총 500 μ l가 되게 한 후, 다시 vortex하였다. 새 tube에 10 μ l을 취하여 질소가스로 건조하고, color reagent (Wako Pure Chemical Ind., Osaka, Japan) 1.5 ml를 넣어 37°C water bath에서 5분 간 배양하였으며, 혈장 콜레스테롤과 마찬가지로 505 nm에서 두 반복 측정하였다 (Fig 1).

간 중성지방 측정을 위해서 하층액 10 μ l를 질소 가스로 건조하고, 50 μ l 메탄올을 넣고 용해시킨 후 vortex하였다. 여기에 color reagent (International Reagent Co., Tokyo, Japan) 1.5 ml를 넣고 37°C water bath에서 15분 간 배양하여 발색시킨 후, 535 nm에서 두 반복 측정하였다 (Fig 1).

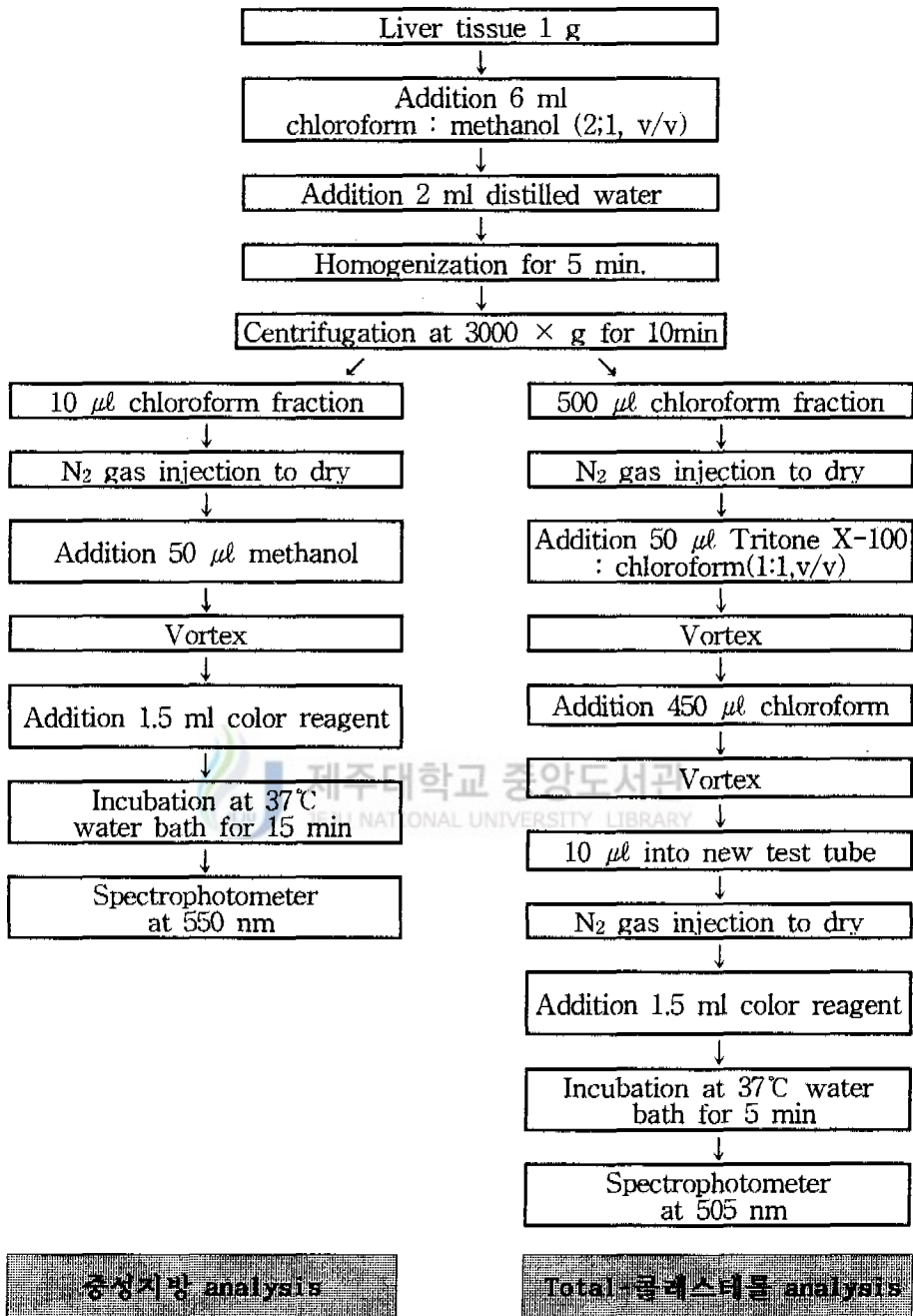


Figure 1. Analytical scheme of total cholesterol and triglyceride in the liver

(3) 분의 중성 스테롤 분석

실험 동물을 희생시키기 하루 전, 만 24시간 동안의 분을 수집하였으며, 동결 건조한 분을 곱게 갈아서 100 mg을 시험관에 취하고, saponification 시키기 위해 5 mM NaOH 0.65 μ l를 첨가하였다. 여기에 internal standard인 5 α -cholestane (Sigma chemical co., St. Louis, USA) 5 mM 500 μ l와 methanol 2 ml를 더 첨가한 후, 80 $^{\circ}$ C water bath에서 1시간 동안 배양하였다. 배양한 시험관을 식힌 후 3 ml petroleum ether로 3번에 나누어 neutral steroid를 추출해 내고, 이 중 1 μ l를 분석에 사용하였으며, gas chromatography (Hewlett Packard 5890 II plus)를 이용하여 <Table 2>의 조건으로 coprostanol과 cholesterol의 함량을 측정하였다. Coprostanol과 cholesterol standard 물질의 retention time을 측정한 후, sample에서 동일한 retention time을 보이는 성분을 확인하였다. 일정 농도의 internal standard 물질에, coprostanol 또는 cholesterol standard 물질을 일정 비율로 증가시켜 혼합한 후, 이를 측정하여 표준 곡선을 작성하였고, 표준곡선을 이용해 시료의 중성 스테롤 농도를 계산하였다.



(4) 혈소판 응집(Whole blood platelet aggregation)

전혈 250 μ l을 등장액 (isotonic saline, 1:4)으로 희석시켜, 혈소판 농도 200,000 / μ l로 조절한 후, 응집을 유도하기 위해 20 μ l adenosine diphosphate (ADP; 2mM)을 첨가하여, 3회 반복한 평균치를 사용하였다.

혈소판 응집 측정을 위해 Chronolog Model 500-Ca Whole Aggregometer (Havertown, Pennsylvania, USA)을 이용하였다. 이는 혈액에 삽입된 2개의 platinum electrodes 사이에 나타나는 impedance의 상승을 측정하는 방법으로, recorder response가 20 Ω 이 되게 impedance gain을 맞추어 둔 것이다. 이 방법은 신선한 전혈을 사용하여 혈액내의 다른 성분의 존재 하에서 측정하므로 보다 생리적인 상태에서 혈소판의 응집을 관찰하는 장점이 있다.

Table 2. Conditions for operating gas chromatography used for analysis of fecal neutral sterols.

| | |
|-----------------------------|---------------------------------------|
| Column | HP-5 (30m×0.32mm ID capillary column) |
| Packing material | 5% PH ME Siloxane, 0.25 μ m |
| Detector | Flame Ionized Detector |
| Carrier gas | Nitrogen gas |
| Oven temperature | 240 $^{\circ}$ C |
| Time | 20 min |
| Sample injected temperature | 270 $^{\circ}$ C |
| Sample detected temperature | 280 $^{\circ}$ C |
| Injection Volume | 1 μ l |
| Flow rate | 3.5 ml/min |
| EPP press | 24.2 psi |

(5) 간 조직 검사

각 군마다 4 sample을 채취하여 2회 관찰하였다. 전처리 과정으로 간 제거 즉시 신선한 상태를 유지하고 조직의 손상을 최소화하기 위해 3 g 정도를 10% formalin 용액에 48 시간 동안 1차 고정을 하고, 다시 세포 손상을 최소로 하여 2-3 mm 정도의 두께로 잘라서 capsule에 넣고 10% formalin 용액에서 2차 고정을 시켰다. 2차 고정이 끝나면, 흐르는 물에 2 시간 이상 수세를 한 후, 탈수과정을 진행시키는데, 이 과정에서는 알콜 농도가 70% → 80% → 90% → 95% → 100% → 100% → 100% → xylene → xylene 의 단계적 과정을 통해 총 18시간의 탈수과정을 거치며, 그 후 paraffin으로 조직의 형태를 고정시켰다. 형태가 고정된 조직을 두께 4 μ m로 절단하여 Hematoxylin-Eosin 염색을 한 후, 광학현미경으로 관찰하였다. 조직을 관찰한 결과는 세 사람 이상의 공통된 소견을 제시하였으며, 지방공포가 전혀 관찰되지 아니하는 상태를 -, 세포내 지방구가 발견되는 상태를 +로 표시하였으며, 세포내에서 발견되는 지방구가 소지방구에서 대지방구로 진행되는 정도와 지방구의 크기 등에 따라 +, +2, +3, +4, +5 등으로 표시하였다.



(6) 분의 방사성 동위원소 측정

콜레스테롤 흡수율을 측정하기 위해서 0.2 μ ci의 14 C-cholesterol을 각각의 쥐에게 기본 실험 식이와 함께 섭취 시킨 후, 만 1일에서부터 6일까지의 변을 수집하여 상온에서 건조하고, 분쇄한 후 한 마리당 수집된 분 전체를 개별적으로 scintillation vial에 넣었다. 여기에 15 ml scintillation cocktail (SCINTTM - A XF, Packard)을 첨가하고, 충분히 우리나라도록 잘 흔들어 준 후, scintillation counter (Packard 2700PR)를 이용해 측정하였다.

3. 통계처리방법

본 실험의 결과는 평균과 표준편차로 표시하였고, 실험 결과들간 평균값의 차이는 one-way ANOVA를 사용하여 검증하였으며, $p < 0.05$ 수준에서 Duncan test에 의해 각 식이에 따른 처리구 간의 유의차를 검증하였다.



Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 체중증가량, 식이섭취량, 식이효율 및 간/체중 비

실험 동물의 평균 일당 증체량 (ADG), 평균 일당 식이 섭취량 (ADFI), 식이 효율(feed efficiency ratio) 및 간/체중 비(L.W/B.W ratio)는 <Table 3> 에 제시되었다.

최종 체중은 321.17~344.97g 으로 모든 처리구에서 유사하였으며, 평균 일당 증체량(Average Daily gain, ADG)과 평균 1일 식이 섭취량 (Average Daily Food Intake, ADFI) 및 식이 효율 (Food Efficiency Ratio, FER)에서도 또한 대조구와 처리구간 유의차가 없었다.

체중에 대한 간의 무게 비 (liver weight/body weight, L.W/B.W ratio)는 대조구에 비해 선인장 첨가구에서 유의적으로 낮았으며 ($P < 0.001$), 나머지 처리구는 대조구와 비슷한 수준을 보였다.

무섬유·고콜레스테롤 식이를 섭취한 대조구에서 실험 4주동안 설사와 같은 똥은 변을 보였으나, 최종체중은 다른 처리구와 차이가 없었는데 이는 식이 성분의 함량 차에 의한 것으로 생각된다. 처리 식이에는 5%의 식이섬유질이 첨가되면서, 대조 식이에 비해 corn starch 함량이 5% 적게 함유되었다. 식이섬유질원으로 첨가된 감귤박, 다시마, 또는 손바닥 선인장의 소화, 흡수 및 에너지로의 전환율은 corn starch와 차이가 있고, 이러한 차이는 성장에도 영향을 미쳐 대조구에서 설사를 보였음에도 불구하고, 유의적 체중 저하를 억제한 것으로 사료된다.

Kim 과 Lee (1995a; 1995b)는 식이 섬유질 급원으로써 자연식품을 건조분쇄하여 식이의 15% 정도 공급하거나, 혹은 총 식이섬유질 함량이 5%가 되도록하여 첨가하였을 때, 자연식품의 첨가가 식이 섬유질원을 첨가하지 않거나, 혹은 순수 cellulose를 공급한 것에 비해 평균 식이 섭취량을 높였

고, 체중 증가량도 높었다고 보고하였다.

반면, Gordon (1992)은 식이 섬유에 의해 식이 섭취량이 감소한다고 보고하였으며, 특히 Arjmandi 등 (1992b)은 cellulose, pectin, psyllium, oat bran 등의 식이 섬유를 10% 첨가하였을 때 pectin 섭취군에서 식이 섭취량이 가장 적었으며, 또한 체중 증가도 가장 낮았다고 하였다. Sandberg 등 (1983)에 의하면 pectin이 단백질과 지방의 소화·흡수를 감소시켰다고 하였으며, 실험 쥐의 체중을 감소시켰다는 보고 (Vahouny 등 1988)도 있다.

본 연구에서는 증체나 식이 섭취량에 있어서 식이 섬유질원 첨가에 의한 유의차를 관찰할 수 없었는데, 이는 첨가한 식이 섬유질원의 함량이 5%에 해당하고, 감귤박, 다시마, 손바닥 선인장의 총 식이섬유질 함량이 30~45% 정도(Lee와 Woo, 1998; Kim 등 1993a; Ministry of agriculture and forestry, 1999)임을 고려해 볼 때, 실제로 섭취된 식이섬유질 양은 1.5~2.3% 수준으로, 이러한 결과에 유의적인 영향을 미치기에는 다소 적은 양이었기 때문인 것으로 생각된다.

Marlett 등 (1990)은 콜레스테롤 식이를 급여한 Sprague Dawley 암·숫쥐에서 간 무게가 증가하였다고 보고하였고, 유사하게 Moundras 등(1997)도 식이에 콜레스테롤을 0.3% 첨가한 결과 간 무게가 29% 정도 증가됐다고 하였다. 한편, Arjmandi 등 (1992b)과 Moundras 등 (1997)은 0.3%의 콜레스테롤이 함유된 식이에 10%의 pectin과 psyllium을 첨가하거나, 7.5%의 guar gum을 첨가한 결과 간의 무게를 유의적으로 감소시킬 수 있었다고 하였다. 반면 Kwon (1990)은 식이 섬유는 간의 무게에 영향을 미치지 않는다고 하였으며, Kim 등 (1983)도 무섬유 식이군과 보리에서 추출한 섬유질의 양을 달리하여 첨가한 식이군에서 간 무게의 차이가 없었다고 보고하여, 결과적으로 아직도 식이 섬유질 첨가가 간 무게에 미치는 영향이 불분명한 것 같다.

본 연구에서 손바닥 선인장 첨가에 의해 L.W./B.W. ratio가 유의적으로 감소한 것은, 식이 섬유질에 의한 영향이라기 보다는 오히려 손바닥 선인장에 함유되어 있는 미지의 성분이 그 효과를 발휘했기 때문인 것으로 추정된다.

Table 3. Effects of feeding diets containing tangerine pulp, sea tangle or prickly pear cactus meal on growth rate and feed intake

| | Control | Tangerine pulp | Sea tangle | Prickly pear cactus |
|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Initial B.W(g) | 100.36 ± 8.53 | 100.19 ± 6.50 | 100.11 ± 6.90 | 100.28 ± 7.43 |
| Final B.W(g) | 326.06 ± 24.30 | 341.63 ± 27.92 | 344.97 ± 29.64 | 321.17 ± 14.96 |
| ADG ²⁾ (g/d) | 8.06 ± 0.63 | 8.62 ± 0.85 | 8.75 ± 0.88 | 7.89 ± 0.47 |
| ADFI ³⁾ (g/d) | 18.86 ± 1.17 | 20.22 ± 1.66 | 20.81 ± 1.57 | 19.55 ± 1.07 |
| F.E.R ⁴⁾ | 0.43 ± 0.02 | 0.43 ± 0.02 | 0.42 ± 0.03 | 0.40 ± 0.01 |
| L.W/B.W ¹⁾ (%) | 5.09 ± 0.42 ^{a†} | 5.09 ± 0.38 ^a | 5.25 ± 0.60 ^a | 4.23 ± 0.34 ^b |

¹⁾B.W. : Body weight, L.W : Liver weight

³⁾ADFI : Average daily feed intake

Values are means ± SD of 10 rats.

†: Values in the same row not sharing the same superscript differ (P<0.001).

²⁾ADG : Average daily gain

⁴⁾F.E.R : Feed Efficiency Ratio

2. 혈청의 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, LDL-콜레스테롤 및 중성지방

<Table 4>에서 보는 바와 같이 0.5%의 cholesterol + 0.2% cholate가 함유된 대조 식이와 이에 다양한 식이 섬유질원을 첨가한 처리 식이를 섭취한 흰쥐의 혈청 지질 조성은 식이 섬유질원에 따라 달랐다. 손바닥 선인장구의 혈청 총 콜레스테롤 수치는 대조구에 비해 31% 정도 낮아진 반면 ($P < 0.01$), 감귤박구에서는 오히려 높은 경향을 보였고, 다시마구는 혈청 총 콜레스테롤이 대조구와 비슷하였다. 혈청 HDL-콜레스테롤 수준은 대조구와 처리구를 비교했을 때 차이가 없었으며, 처리구 중에서는 다시마구가 가장 높게 나타났고, 손바닥 선인장구가 가장 낮은 수준을 보여 두 처리구간에 유의적인 차이를 관찰할 수 있었다 ($P < 0.05$). 동맥경화의 위험성과 높은 관련을 보이는 혈청 LDL-콜레스테롤 수준은 총 콜레스테롤 수준과 비슷한 경향을 나타냈다. LDL-콜레스테롤은 손바닥 선인장구에서 가장 낮았으며, 감귤박구는 대조구에 비해 오히려 높았고 ($P < 0.01$), 다시마구는 대조구와 유의차가 없었다. 혈청 중성지방 수준은 5% 손바닥 선인장 섭취 (56 mg/100 ml)에 의해 대조구 (73 mg/100 ml)보다 유의적으로 낮아졌으나 ($P < 0.01$), 다른 섬유질원은 혈청 중성지방에 영향을 미치지 않았으며, 감귤박구가 75 mg/100 ml, 다시마구가 77 mg/100 ml 수준이었다.

식이 섬유질이 혈중 지질 농도, 특히 콜레스테롤 농도에 미치는 효과에 대한 연구 보고 (Jonnalagadda 등 1993; Shen 등 1998)가 많은데, 이들의 대부분은 수용성 또는 불용성의 순수 식이섬유 성분만 정제하여 급여한 경우이다. 정제 성분만 급여한 것이 아니라 식품에 포함되어 있는 상태 그대로 급여한 연구 결과를 살펴보면, 고지혈증을 유발시킨 쥐의 식이에 총섬유질 함량이 10%가 되도록 썩, 진피, 두충을 첨가시킨 경우, 썩근과 진피군에서 혈장 콜레스테롤 감소효과를 보였다는 연구 결과 (Kim과 Wang, 1997)가 있고, 김파래, 다시마, 미역 등의 해조류를 통한 고식이섬유 보충이 무섬유군에 비해 혈중 콜레스테롤 농도를 낮췄다는 보고 (Lee 등 1996)도 있다. 이와 같은 결과들은 감귤박과 다시마구에서 혈청 콜레스테롤 감소 효과를

볼 수 없는 본 연구 결과와는 상반되는데, 이는 무섬유·콜레스테롤식이 섭취로 인해 본 실험에서 대조구가 4주간의 실험기간동안 설사와 유사한 묽은 분을 배설하였고, 이 때문에 콜레스테롤 흡수가 제대로 이루어지지 않아 대조구의 혈청 콜레스테롤 수준이 처리구에 비해 예상외로 낮아졌기 때문이라고 사료된다. 또한 위의 연구에서는 총 식이섬유의 함량이 10%가 되도록 식품을 첨가한 반면, 본 연구에서는 식품 자체로 5%를 혼합시킴으로써 이에 함유된 식이섬유질인 양을 고려한다면 위의 연구들에 미치지 못하는 수준으로 첨가되었기 때문이라고 생각되며, 손바닥 선인장구에서 콜레스테롤 감소 효과를 본 것은 수용성 식이섬유 외의 미지의 약리활성물질에 의한 효과가 컸던 것으로 추측된다.

선인장에서 추출한 pectin의 효과를 관찰한 연구 (Fernandez 등 1992)에 의하면 0.25% 콜레스테롤이 함유된 식이에 단지 1%의 선인장 pectin을 첨가한 경우에도 혈장 총콜레스테롤을 26% 정도 유의적으로 낮출 수 있었다고 한다. 한편, Fernandez 등 (1994)은 guinea pig를 대상으로 저 또는 고콜레스테롤 식이에 0~12.5%의 citrus pectin을 첨가하여 혈장과 간의 LDL-콜레스테롤 농도에 미치는 영향을 조사하였는데, 저콜레스테롤 식이군에 있어서는 12.5% 정도의 고수준 citrus pectin 추가 급여만이 영향을 미쳤고, 고콜레스테롤 식이군에서는 7.5% citrus pectin이 29%정도 혈장 LDL-콜레스테롤을 감소시켰다. 따라서 본 연구에 사용된 감귤박이나 다시마도 그 첨가 수준을 높인다면 혈장 콜레스테롤 감소효과를 기대할 수 있을 것으로 예상된다.

수용성 식이섬유의 콜레스테롤 저하 효과는 bile salt와 결합하여 bile acid의 장간순환 (enterohepatic circulation)을 억제함으로써 콜레스테롤의 재흡수가 방해되기 때문인 것으로 해석되는데, 15%의 pectin을 함유한 식이의 급여가 대조군 (4.92 mg/g dry feces)과 비교해 변의 bile acid 수준 (9.61 mg/g dry feces)을 증가시켰다는 Reddy 등 (1980)의 보고가 한 예이다. 한편, 몇몇 연구자들은 수용성 식이섬유의 혈장 콜레스테롤 저하효과가 장 미생물의 생성물인 propionate와 관련이 있음을 제시하는데, Wright

등 (1990)은 hepatocyte를 이용한 in vitro 실험을 통해 1-2.5 mmol/L 정도의 propionate는 cholesterol 합성을 억제한다고 하였다. 반면, Arjmandi 등 (1992a)은 SD 쥐에게 콜레스테롤을 함유하지 않은 식이를 급여하였을 때, pectin의 콜레스테롤 저하효과를 볼 수 없었다고 하였고, 유사하게 Vargo 등 (1985)은 15g의 citrus pectin을 정상식이에 첨가하였더니 식이공급 2주일 후에 혈청 콜레스테롤의 감소가 관찰되었으나, 3주 후에는 통계적 유의성이 없었다고 하였다. 이와 같은 결과들은 정상식이 섭취시보다 고지방·고콜레스테롤식이를 섭취할 경우에만 식이 섬유가 혈중 콜레스테롤 감소효과가 있음을 말해 준다.

Knopp 등 (1999)은 식이섬유 급여가 HDL-콜레스테롤에 별다른 영향을 미치지 못한다고 하였고, Jonnalagadda 등 (1993)의 연구에서도 hamster에게 0.1% 콜레스테롤과 10%의 oat bran, guar gum, cellulose, xylan 등을 5주간 섭취시킨 결과, HDL-콜레스테롤은 guar gum 군에서만 감소되었고 나머지 실험군은 별다른 영향을 보이지 않았다. 본 실험에서도 이와 유사하게 HDL-콜레스테롤에 있어서는 대조구와 처리구간에 유의차가 없었다.

Fernandez 등(1999)은 guinea pig와 Hamster 에게 10.7% pectin 첨가식이를 급여한 결과 혈장 총콜레스테롤이 낮아지는 효과를 보았는데, guinea pig는 그 차이가 주로 LDL-콜레스테롤에 있었던 반면, Hamster는 non-HDL과 HDL-콜레스테롤 모두에서 차이를 보였다고 하였고, Knopp 등 (1999)은 식이섬유 섭취에 의해 총콜레스테롤은 감소하였으나, HDL-콜레스테롤에는 영향이 없었다고 하여, 그 차이가 LDL-콜레스테롤에 의한 것임을 보고하였다. 본 연구에서도 식이섬유 첨가에 의한 혈청 콜레스테롤의 차이는 LDL-콜레스테롤에 의한 것으로 식품의 식이섬유가 총콜레스테롤치를 감소시킬 수 있다면 동맥경화 위험인자인 LDL-콜레스테롤에도 그 영향을 미칠 것으로 추측되고, 더 나아가 관상심장 질환 예방 효과를 기대할 수 있으리라 사료된다. 한편, Fernandez 등(1992)은 15%의 lard와 0.25%의 콜레스테롤에 2.5%의 선인장 pectin을 첨가하였을 때, cellulose 첨가군에 비해 혈장 LDL-콜레스테롤이 33% 감소하였는데, 이는 LDL 성분에서도 free cholesterol

과 esterified cholesterol의 함량은 감소하고, 중성지방 함량은 증가하였다고 한다.

많은 연구 (Topping 1993; Fernandez 등 1994; Nishina 등 1991)들이 식이섬유 급여가 혈장 중성지방에 별다른 영향을 미치지 못하는 것으로 보고하였으나, guar gum을 9주간 섭취시켰을 때 중성지방의 감소하였다는 연구 (Jonnalagadda 등 1993)도 있어 식이섬유의 섭취가 중성지방 수준에 미치는 영향에 대해서는 더 많은 연구가 필요한 것 같다.

Table 4. Effects of feeding diets containing tangerine pulp, sea tangle or prickly pear cactus meal on the serum cholesterol and triglyceride content in rats

| | Control | Tangerine pulp | Sea tangle | Prickly pear cactus |
|-------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | mg/100ml | | | |
| Total-cholesterol | 242.92 ± 33.29 ^{a†} | 352.49 ± 36.90 ^b | 240.77 ± 44.86 ^a | 167.70 ± 18.37 ^c |
| HDL-cholesterol | 12.47 ± 2.30 ^{ab†} | 12.39 ± 1.61 ^{ab} | 14.18 ± 2.00 ^a | 11.76 ± 1.29 ^b |
| LDL-cholesterol | 215.78 ± 32.07 ^{a†} | 325.14 ± 36.97 ^b | 211.17 ± 44.42 ^a | 144.80 ± 17.92 ^c |
| Triglyceride | 73.37 ± 8.77 ^{a†} | 74.80 ± 12.68 ^a | 77.12 ± 11.60 ^a | 55.74 ± 7.29 ^b |

Values are means ± SD of 10 rats.

†: Values in the same row not sharing the same superscript differ (P < 0.01).

‡: Values in the same row not sharing the same superscript differ (P < 0.05).

3. 간의 총 콜레스테롤과 중성지방

간의 총 콜레스테롤은 혈청의 총 콜레스테롤과 유사한 경향을 보였으며, 처리간 유의차는 없었으나, 순바닥 선인장구가 가장 낮게 나타났다 <Table 5>. 간의 중성지방 수준은 혈청 지질이나 간의 콜레스테롤과는 다른 양상을 보였는데, 식이섬유질 첨가에 의해 그 수준이 낮아지는 경향을 보였고, 대조구와 비교해 감귤박 첨가가 간 중성지방 수준을 가장 낮춘 것으로 나타났으나, 통계적 유의차는 없었다 <Table 5>.

Nishina와 Freedland (1990b)는 pectin 이 간의 콜레스테롤과 중성지방을 감소시키는 효과를 보고하였으며, Turley 등 (1991)은 0.2% 콜레스테롤과 7.5% psyllium을 섭취한 hamster에게서 간에 과도한 콜레스테롤 축적을 방지할 수 있었다고 한다. 0.25%의 콜레스테롤이 함유되어 있는 식이에 선인장 pectin 성분을 첨가시킨 결과, 간의 콜레스테롤을 유의적으로 낮출 수 있었다는 보고 (Fernandez 등 1990)도 있다.

식이 섬유를 급여한 흰쥐의 간조직에서 콜레스테롤의 함량이 감소된 것은 간장에서 콜레스테롤이 담즙산으로의 전환속도가 빠르기 때문이라고 하였고 (Thomas 등 1983), 식이성 콜레스테롤의 흡수 억제에 기인될 수도 있다 (Vahouny 등 1988).

한편, Arjmandi 등 (1992a)은 7.5%의 cellulose, pectin, psyllium, oat bran 등을 섭취시켰을 때, 콜레스테롤이 함유되지 않은 식이에서는 식이 섬유질의 간 콜레스테롤과 중성지방 저하 효과는 없었고, 0.3%의 콜레스테롤이 함유되어 있는 경우에는 pectin과 psyllium만이 유의적으로 간 콜레스테롤과 중성지방을 감소시켜, cellulose나 oat bran, wheat bran등은 간 콜레스테롤 혹은 중성지방 저하에 효과가 없는 것으로 나타났다. 또한 Jonnalagadda 등 (1993)에 의하면 0.1%의 콜레스테롤이 함유된 식이에 10%의 oat bran, guar gum, xylan, cellulose를 첨가하였을 때, guar gum을 섭취한 동물에서만 간장내 콜레스테롤이 감소하였고, 이러한 효과도 식이 공급 4주까지는 유의차를 볼 수 없었다고 하였으며, 9주가 지나서야 유의적인

감소를 볼 수 있었다고 한다. 더 나아가 oat bran 이나 cellulose의 섭취는 간장 내 콜레스테롤 농도를 유의하게 높인다는 보고 (Arjmandi 등 1992a; Kritchevsky 1984; Jonnalagadda 등 1993)도 있어 간의 지질 수준은 섬유소의 종류와 식이내의 콜레스테롤 함량에 따라 영향을 받는 것으로 보고되었다.

Fernandez 등 (1994)은 다양한 수준으로 첨가시킨 citrus pectin과 콜레스테롤이 간 지질 함량에 미치는 영향을 연구하였는데, 0.04% 정도의 소량의 콜레스테롤이 함유된 상태에서는 citrus pectin의 첨가에 의한 간 콜레스테롤 감소효과를 볼 수 없었으나, 0.25% 정도의 콜레스테롤이 함유되었을 경우 7.5% 이상의 citrus pectin 첨가에 의해서 유의적인 간 콜레스테롤 저하효과를 관찰할 수 있었다고 한다. 본 실험에서 처리구의 간 콜레스테롤 수준이 대조구와 유의적인 차이를 보일 수 없었던 것은, 앞에서 언급했듯이 본 실험에 사용된 5% 수준의 감귤박, 다시마, 손바닥 선인장에 함유되어 있는 총 식이섬유 함량이 1.5~2.3% 임을 고려해 볼 때, 그 함량이 간 콜레스테롤 저하 효과를 기대하기에는 적은 양이었기 때문인 것으로 생각된다.

식이 섬유가 콜레스테롤 생합성에서 요구되는 HMG-CoA reductase의 활성화에 미치는 영향을 살펴보면, pectin이 정상식 흰쥐의 간 콜레스테롤 생합성 조절 효소인 HMG CoA reductase의 활성을 억제시킨다는 보고 (Hexeberg 등 1994; Nishina와 Freedland 1990a)도 있고, citrus pulp와 wheat bran 등은 간의 HMG-Co A reductase 활성화에 별다른 영향을 미치지 못한다는 연구 결과 (Smith-Barbaro 등 1981)도 있다. Fernandez 등 (1990)도 0.25%의 콜레스테롤이 함유되어 있는 식이에 1%의 선인장 pectin 성분의 첨가는 HMG-CoA reductase 활성화에 영향을 미치지 않았다고 한다.

이상에서 살펴본 바와 같이 식이 섬유질이 간의 지질에 미치는 영향은 식이 조건이나 식이 섬유질의 종류 및 함량에 따라 차이가 있고, 간 콜레스테롤의 생합성에 미치는 영향도 아직 불분명한 것 같다. 따라서 식이 섬유질이 간의 지질에 어떠한 기전으로 영향을 미치는지는 더욱 연구되어야 할 과제라고 하겠다.

Table 5. Effects of feeding diets containing tangerine pulp, sea tangle or prickly pear cactus meal on the liver cholesterol and triglyceride content in rats

| | Control | Tangerine pulp | Sea tangle | Prickly pear cactus |
|-------------------|-------------------|----------------|---------------|---------------------|
| | mg/g fresh weight | | | |
| Total-cholesterol | 54.18 ± 5.77 | 58.98 ± 9.79 | 54.32 ± 6.86 | 53.80 ± 4.80 |
| Triglyceride | 64.34 ± 10.55 | 54.66 ± 6.54 | 64.61 ± 11.22 | 60.31 ± 9.19 |

Values are means ± SD of 10 rats.

4. 분으로의 중성 스테롤 배설

콜레스테롤은 간에서 대사되어 담즙산이나 중성 스테롤의 형태로 배설되는데 중성 스테롤 중에 콜레스테롤과 콜레스테롤이 장내 미생물에 의해 분해된 산물인 coprostanol의 배설량이 <Table 6>에 제시되었다. 식이섬유질 첨가는 대조구에 비해 분으로의 중성 스테롤 배설을 증가시키지 않았고, 처리구 사이에서는 손바닥 선인장구에서 중성 스테롤 배설이 가장 높았다 ($P < 0.01$). 장내 미생물에 의한 콜레스테롤의 대사 산물인 coprostanol 배설량은 식이섬유질 첨가구가 대조구에 비해 적었으며 ($P < 0.01$), 처리구 간의 배설량을 비교해 보면, 손바닥 선인장구가 감귤박구나 다시마구에 비해 2배 이상 높았다. Cholesterol 배설량도 coprostanol 배설량과 비슷한 경향을 보이기는 하였으나, 감귤박구와 다시마구는 대조구에 비해 cholesterol 배설량이 유의적으로 적었던 반면, 손바닥 선인장구는 대조구와 비슷한 수준으로 배설되었다.

본 연구결과와 유사하게, Jonnalagadda 등 (1993)은 hamster에게 0.1% 콜레스테롤과 10% 지방이 첨가된 고콜레스테롤 식이에 10%의 oat bran, guar gum, cellulose, xylan 등의 첨가는 분으로의 콜레스테롤 배설에 영향을 줄 수 없었다고 하였고, xylan, cellulose군은 오히려 대조군보다 그 배설량이 적었다고 하였으며, psyllium 섭취가 성인 남자의 스테롤과 담즙산 배설을 증가시키지 못하였다는 보고 (Abraham과 Mehta 1988)도 있다.

반면, Arjmandi 등 (1992a)은 7.5% 수준의 cellulose, pectin, psyllium, oat bran 등을 급여했을 때, 분의 중성 스테롤 배설이 식이에 콜레스테롤 함유 여부에 의해 다소 차이가 있었다고 보고하였는데, 0.3%의 콜레스테롤이 함유된 경우에는 cellulose에 비해 psyllium, oat bran, pectin 모두가 중성 스테롤 배설을 높였다고 하였으나, 콜레스테롤이 함유되지 않았을 경우에는 단지 pectin만이 그 배설량을 높였다고 한다. 또한 bile acid 배설에는 섬유질 섭취가 아무런 영향도 미치지 못한다고 보고하였다. 유사하게, Moundras 등 (1997)도 0.3% 콜레스테롤과 7.5% guar gum을 식이에 첨가하였

을 때, 변으로의 스테롤 배설을 증가시킴으로써 혈장의 콜레스테롤을 감소시키고 간에 중성지방과 콜레스테롤 축적을 억제할 수 있었다고 하는 등, 사실상 많은 연구자들 (Reddy 등 1980; Arjamandi 등 1992a)이 pectin 섭취에 의한 중성 스테롤 배설 증가를 보고하였다.

본 연구 결과에 의하면, 처리구가 대조구에 비해 중성 스테롤 배설을 증가시키지 못한 것으로 나타났으나, 이는 앞서 설명한 바와 마찬가지로 대조구에서 무섬유·고콜레스테롤 식이 섭취로 인해 유발된 설사가 콜레스테롤과 이의 대사산물의 배설을 증가시켰기 때문인 것으로 사료된다. 즉, 설사가 유발되지 않았다면 대조구의 중성 스테롤 배설량은 감귤박구나 다시마구와 다소 차이가 있었을 것으로 예상된다. 반면, 손바닥 선인장 첨가구에서는 설사가 유발되지 않았음에도 그 배설량이 나머지 처리구에 비해 유의적으로 높았다. 이러한 결과는 손바닥 선인장이 콜레스테롤 배설을 증가시킴으로써, 혈장과 간의 콜레스테롤 수준 감소 효과를 발휘할 수 있었다고 기대한다.

하지만 콜레스테롤은 중성 스테롤 형태외에도 cholic acid, chenodeoxycholic acid와 같은 bile acid 형태로도 배설되는데 본 실험에서는 중성 스테롤인 cholesterol과 coprostanol만을 측정하였고, 이외의 대사산물의 배설량은 측정하지 못했다는 한계가 있다. 따라서 이러한 식품들이 콜레스테롤 배설에 있어서 정확히 어떠한 영향을 미침으로써, 체내 콜레스테롤을 저하시킬 수 있지에 대한 다양한 연구가 앞으로 수행되어야 할 것으로 사료된다.

Table 6. Effects of feeding diets containing tangerine pulp, sea tangle or prickly pear cactus meal on the fecal neutral sterols content in rats

| | Control | Tangerine pulp | Sea tangle | Prickly pear cactus |
|-------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | $\mu\text{mol/g DM}$ | | | |
| Coprostanol | 4.00 \pm 0.52 ^a | 0.97 \pm 0.27 ^c | 1.10 \pm 0.77 ^c | 1.89 \pm 0.44 ^b |
| Cholesterol | 66.90 \pm 4.89 ^a | 32.12 \pm 2.45 ^b | 34.32 \pm 3.73 ^b | 66.07 \pm 6.95 ^a |

Values are means \pm SD of 10 rats

Values in the same row not sharing the same superscript differ (P<0.01).

5. Hematocrit 수치와 혈소판 응집

Hematocrit 수치와 혈소판 응집에 대한 결과는 <Table 7>에 제시되었다. Hematocrit 수치는 5%의 감귤박, 다시마 또는 손바닥 선인장 분말 첨가에 의해 다소 감소하는 경향을 보이기는 하였으나, 처리간 유의차는 없었다. 혈소판 응집에서 maximum aggregation과 initial slope은 처리간 유의차는 없었으나, 식이섬유 첨가에 의해 감소하는 경향을 보였다.

본 실험 결과는 지방 섭취로 인해 높아진 혈압이 식이 섬유질 첨가에 의해 낮아지고, 혈소판 응집성 또한 감소되었다는 임상 연구 결과 (Bagger 등 1996)와는 다소 차이가 있는데, Wang 등 (1996)은 1%의 콜레스테롤과 0.2% bile salt가 함유된 식이에 6%의 콩 섬유질을 첨가한 결과 혈청 총콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤을 유의적으로 낮췄을 뿐만 아니라, 혈청 fibrinogen과 혈소판 응집성을 유의적으로 낮췄다고 하였다. 반면, Chanllen 등 (1983)은 6주간의 임상실험에서 3주 동안 하루에 36g의 pectin을 섭취시켰을 때 혈청 콜레스테롤은 유의적으로 감소시켰으나, 혈소판 응집, 혈소판 지방 조성, 지혈 시간등에는 영향을 미치지 못하였다. 식이 섬유질의 섭취가 혈소판 응집성에 영향을 미침으로써 허혈성 심장 질환 (ischaemic heart disease)의 위험으로부터 보호해 줄 수 있을지도 모른다는 가설이 있지만, 이러한 가설을 확실히 규명하기 위해서는 더 많은 연구가 요구된다.

Table 7. Effects of feeding diets containing tangerine pulp, sea tangle or prickly pear cactus meal on hematocrit and platelet aggregation

| | Control | Tangerine pulp | Sea tangle | Prickly pear cactus |
|-----------------------------|--------------|----------------|--------------|---------------------|
| Hematocrit(%) | 45.31 ± 3.36 | 43.47 ± 0.76 | 44.21 ± 2.27 | 43.74 ± 1.78 |
| Platelet Aggregation | | | | |
| Maximum(Q) | 12.51 ± 2.83 | 11.13 ± 2.29 | 11.76 ± 2.96 | 11.17 ± 2.55 |
| Initial Slope(Q/min) | 10.64 ± 2.16 | 10.51 ± 1.16 | 10.25 ± 1.93 | 9.23 ± 1.92 |

Values are means ± SD of 10 rats.

6. 간 조직 검사

광학현미경을 이용해 관찰한 각 처리구의 간 조직 상태에 대한 소견은 <Table 8>에 제시되었고, 각 처리구를 대표하는 간 조직 사진은 <Figure 2>에 제시되었다. 육안으로 간의 상태를 관찰하면, 콜레스테롤 식이는 대조구와 처리구 전체에서 현저한 부피 증가와 색의 변화를 가져와 비대성 (hypertrophic)·저색소성 (hypochromic) 간을 관찰할 수 있었고, 간엽 끝이 뭉뚱해져 있는 상태였으나, 그 중 손바닥 선인장구의 간은 부피가 가장 적었으며, 색깔도 다른군에 비해 선홍색을 보였다.

광학현미경을 이용하여 관찰한 간 조직의 변화를 보면, 정상 식이를 섭취한 쥐의 간 조직에서는 지방공포를 관찰할 수 없는데, 본 실험에서 사용한 쥐들은 상당수의 지방공포를 나타냈다. 특히 대조구와 다시마구에서 지방공포 생성이 많은데, 이는 세포내의 소지방구와 이것이 더욱 진행된 상태인 대지방구가 다수 관찰되는 양상이었다. 이러한 지방구들은 세포핵을 한쪽으로 밀어내 버리고, 세포의 모양을 변화시킨다. 한편, 감귤박구의 간 중성지방 수준이 가장 낮았음에도 불구하고, 손바닥 선인장구에 비해 소지방구가 많이 발견돼, 지방간 억제효과는 손바닥 선인장이 더욱 확실한 것으로 나타났다. 그리고 혈청과 간에서 중성지방 농도가 높았던 다시마 첨가구에서는 소지방구뿐만 아니라, 다수의 대지방구도 관찰되어, 지방간 억제의 효과가 없었다. 이상의 결과로 볼 때, 광학 현미경을 통해 관찰되는 간의 지방공포 형성 정도는 간 중성지방 수준을 어느 정도 반영하기는 하나, 다른 요인도 관여하는게 아닌가 한다.

여러 연구 (Ronnemaa 등 1976; Lee와 Ho, 1975; Lee, 1981)에서 고콜레스테롤식이는 쥐의 간에 지방공포 (vacuolar fat drop)를 생성시키고, 비대성 지방간 (hypertrophic fatty liver)을 야기한다고 하였으며, 본 실험에서 관찰된 세포내 지방공포와 비대성 지방간은 고콜레스테롤 식이 섭취에 의한 것이다. 한편, 고콜레스테롤 식이에 손바닥 선인장 첨가는 혈장과 간의 콜레스테롤 및 중성지방을 감소시키는 효과가 있었으며, 이러한 영향은 간 조

직에 있어서는 지방공포 생성 억제라는 2차적 결과를 야기시킨 것으로 사료된다. 손바닥 선인장의 이와 같은 다중 효과가 단지 이에 함유된 수용성 섬유질인 pectin에 의한 것이라고 국한하기는 어렵고, 아직까지 밝혀지지 아니한 생리 활성 물질의 영향도 있을 것으로 생각되므로, 이에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다.



Table 8. Effects of feeding diets containing tangerine pulp, sea tangle or prickly pear cactus meal on microscopic appearance of liver tissue

| Control | Tangerine pulp | Sea tangle | Prickly pear cacuts |
|---------|----------------|------------|---------------------|
| +2 | +2 | +5 | + |
| +4 | +2 | +3 | + |
| +5 | +2 | +5 | + |
| +3 | +3 | +4 | +2 |

The score of each specimen from different liver sample

Scores were expressed according to the extent of vacuolar fat drop examined at 300× on micosopy ; None of vaculoar fat drop(-), little(+), a little(+2), some (+3), many (+4), severe (+5)

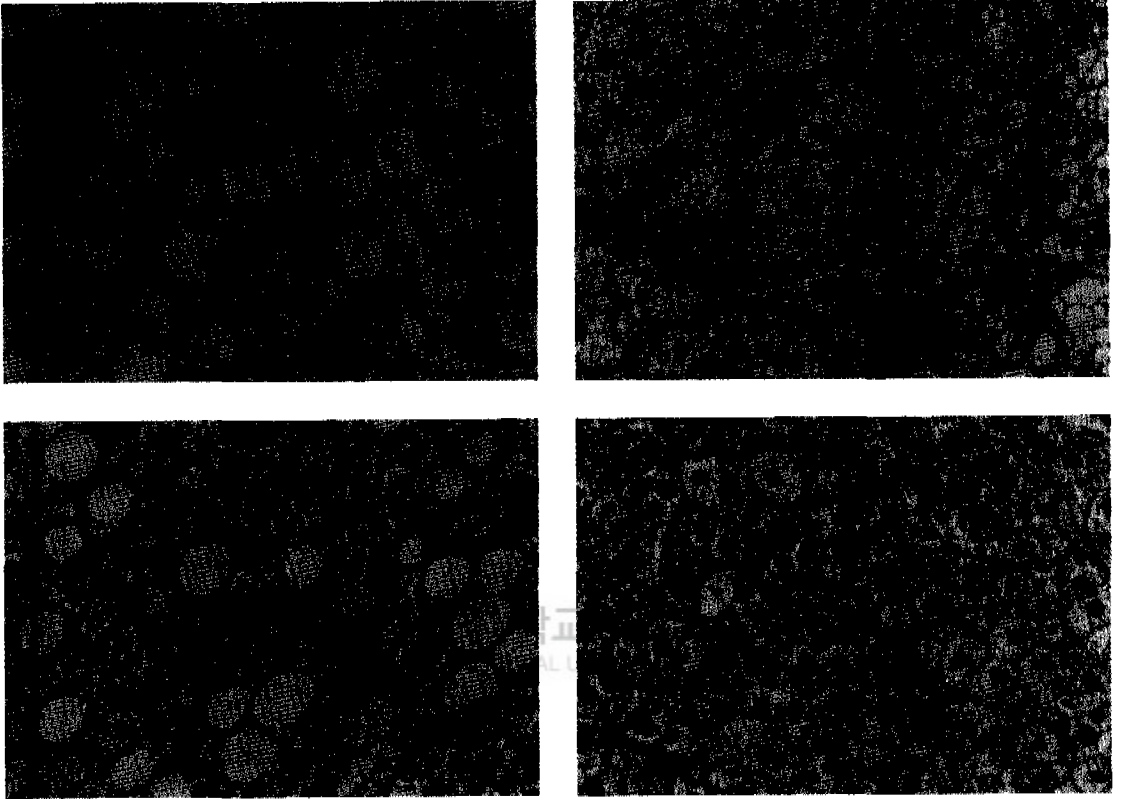


Figure 2. Microscopic appearance of liver tissue, ($\times 300$)

a: Control group

b. Tangerine pulp group

c: Sea tangle group

d: Prickly pear cactus group

7. ^{14}C -콜레스테롤 급여 후 분으로의 방사능 배설

급여한 ^{14}C -cholesterol 양에 대한 배설량을 <Table 9>과 <Figure 3와 4>에 제시하였다. 방사능 배설량은 혈청의 콜레스테롤 수준과는 반비례 양상이 있었는데, 손바닥 선인장구가 대조구와 비교해 거의 2배 이상 많이 배설되었으며, 다시마구와 감귤박구는 대조구 보다 적게 배설되었다. 이러한 결과는 다시마와 감귤박구에서 대조구에 비해 혈청 총 콜레스테롤이 높았던 이유를 설명해 줄 수 있는데, 이는 앞에서 언급했던 것처럼 섬유질이 결여된 식이의 섭취에 의해 대조구가 설사가 유발되었기 때문이며, 이로 인해 콜레스테롤이 흡수되지 못하고 분으로 배설되는 양도 많은 것으로 생각된다. 손바닥 선인장 군에서는 설사가 없었으나, 그 배설량이 현저하게 많았으며, 이러한 배설량 증가는 혈청 총 콜레스테롤의 감소 효과를 가져왔을 것이다.

^{14}C -cholesterol을 섭취시킨 후 만 1일만에 수집한 모든 구의 분에서는 방사능이 검출되지 않았고, 대부분의 구가 ^{14}C -cholesterol을 섭취 시킨지 만 2 ~ 3일 정도에 가장 많이 배설되었으며, 그 후에는 점차 배설량이 감소하였다(Figure 2). 손바닥 선인장구는 2일에서 6일까지 다른 구에 비해 가장 배설량이 많았고, 대조구와 감귤박구는 만 3일에 그 배설량이 가장 많았으며, 다시마구는 만 2일에 거의 다 배설되었다.

많은 연구자들(Arjmandi 등 1992b; Matheson 등 1995; Matheson 등 1994; Iiiman과 Topping, 1985)이 수용성 식이 섬유질의 콜레스테롤 저하 효과는 소장에서의 지방과 콜레스테롤의 흡수 억제에 의한 것이라고 하였는데, Topping (1991)은 pectin이 소장에서 gel화 되어 콜레스테롤과 담즙산의 소화와 흡수를 지연시킴으로써 분 내로의 이들 물질의 배설을 증가시켰다고 보고하였다.

본 연구에서 손바닥 선인장이 콜레스테롤 흡수 억제 효과를 보인 것은 이에 함유된 수용성 섬유질의 작용에 의한 것이라고 생각할 수도 있으나, 손바닥 선인장에 포함된 다른 성분물질이 이에 미쳤을 영향도 배제할 수는 없으므로, 좀 더 자세한 연구가 요구된다.

Table 9. Effects of feeding diets containing tangerine pulp, sea tangle or prickly pear cactus meal on cholesterol absorption in rat intestine

| Day after the starting of feeding | Control* | Tangerine pulp | Sea tangle | Prickly pear cactus |
|-----------------------------------|-------------|----------------|-------------|---------------------|
| | % of intake | | | |
| 1 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.02 |
| 2 | 0.27 | 0.99 | 5.94 | 7.24 |
| 3 | 5.04 | 2.88 | 0.72 | 6.29 |
| 4 | 1.58 | 1.30 | 0.10 | 1.58 |
| 5 | 1.01 | 0.43 | 0.05 | 1.19 |
| 6 | 0.65 | 0.26 | 0.05 | 0.59 |
| Total | 8.58 | 5.88 | 6.88 | 16.95 |

Values are means \pm SD of 5 rats.

* : Percentage (%) of total radioactivity excreted into feces during 1, 2, 3, 4, 5 and 6-day after feeding $0.2 \mu\text{Ci } ^{14}\text{C}$ -cholesterol in rats

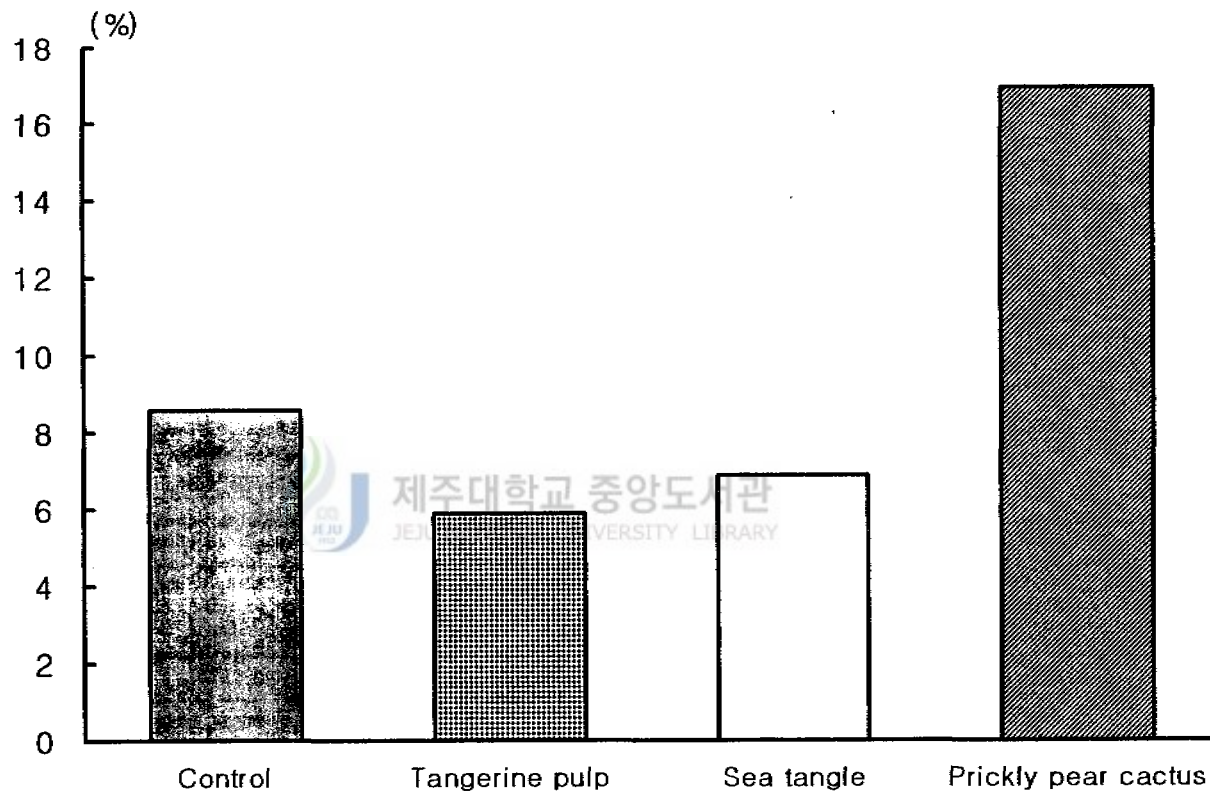


Figure 3. The percentage of dietary radioactivity excreted into feces during the 6-day period

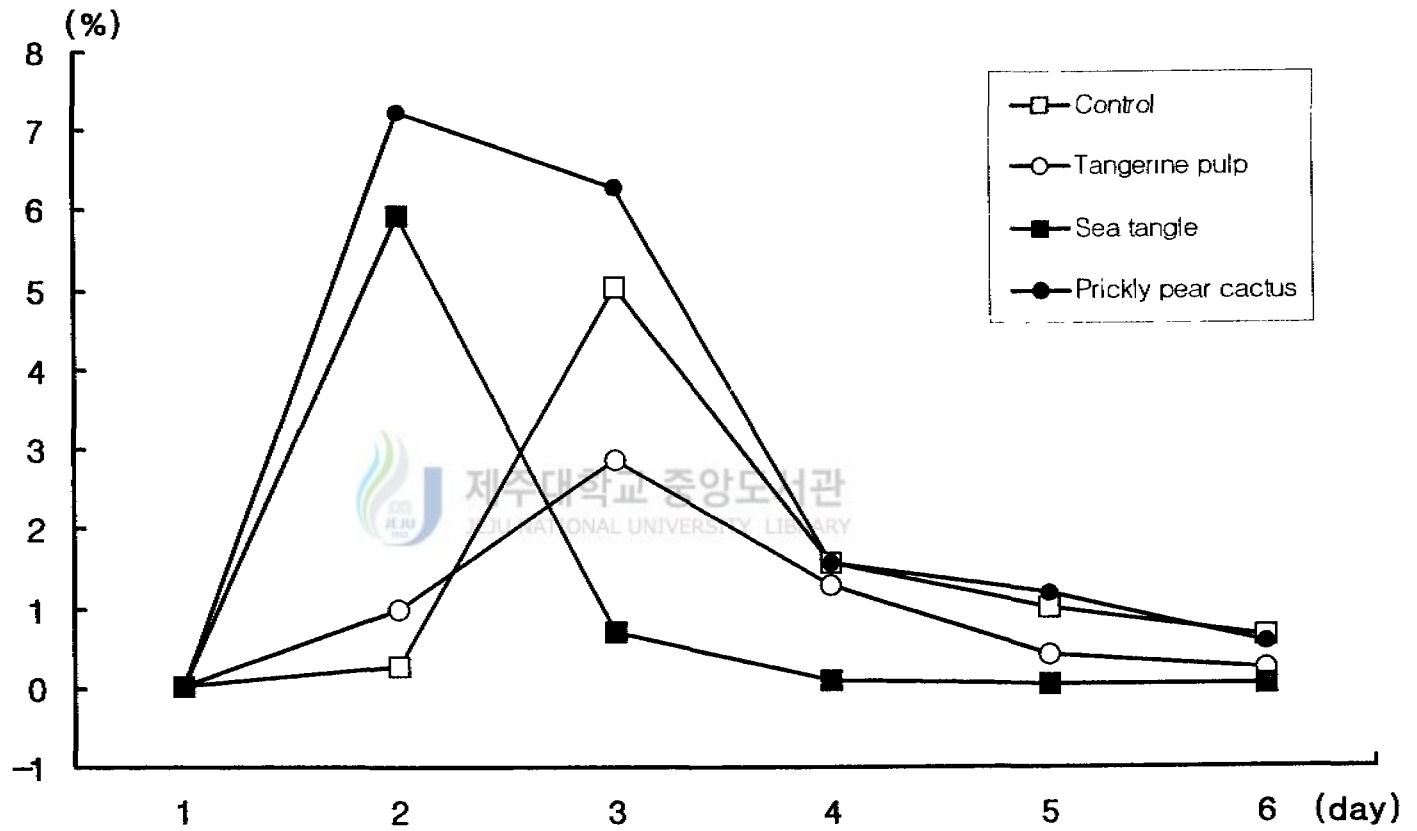


Figure 4. Daily excretion of radioactivity following ^{14}C -cholesterol feeding (% of intake)

IV. 결 론

건강식품으로 개발이 가능한 감귤박과 다시마 및 손바닥 선이장이 흰쥐의 혈청 및 간의 지질 개선 효과와 혈소판 응집 및 간 조직에 미치는 영향을 구명하기 위해 이 실험을 수행하였다. 생후 4주의 Sprague Dawley계 숫쥐를 대상으로 0.5% 콜레스테롤과 0.2% cholate를 함유한 기본 식이에 5%의 감귤박과 다시마 또는 손바닥 선인장 건조 분말을 첨가한 식이를 4주간 급여한 후 혈청과 간의 지질성분 수준과 분으로의 콜레스테롤 배설, 혈소판 응집 및 간 조직 등을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다:

1. 최종체중과 일일식이섭취량 및 식이효율은 감귤박, 다시마 및 손바닥 선인장 첨가에 의해 영향을 받지 않았으며, 모든 처리구에서 유사하게 나타났다. 간/체중의 비(L.W./B.W. ratio)는 손바닥 선인장 첨가가 다른 구에 비해 유의적으로 낮았다 ($P < 0.001$).
2. 혈청 총 콜레스테롤 농도와 LDL-콜레스테롤 농도는 대조구에 비해 손바닥 선인장 첨가구에서 유의적으로 낮았으며 ($P < 0.01$), 감귤박과 다시마 첨가구는 대조구보다 높은 수준을 보였다 ($P < 0.01$). HDL-콜레스테롤은 대조구와 비교해 처리구에서 유의차가 없었으며, 처리구 사이에서는 다시마구에 비해 손바닥 선인장구에서 유의적으로 낮은 수준을 보였다 ($P < 0.05$). 혈청 중성지방 수준도 손바닥 선인장구에서만 유의적으로 감소하였고 ($P < 0.01$), 나머지 처리구는 대조구와 유사하였다.
3. 간의 콜레스테롤과 중성지방 수준은 대조구와 처리구 사이에 유의차가

없었다. 손바닥 선인장구 간 콜레스테롤과 중성지방 수준이 낮은 경향이 있었다.

4. 분으로의 중성 스테롤 배설은, coprostanol의 경우 처리구가 대조구에 비해 유의적으로 적었으며 ($P < 0.01$), 처리구 사이에서는 손바닥 선인장구가 감귤박, 다시마구에 비해 유의적으로 많았다 ($P < 0.01$). Cholesterol 배설은 감귤박과 다시마구가 대조구에 비해 적었으며 ($P < 0.01$), 손바닥 선인장구는 대조구와 유사한 수준이었다.
5. Hematocrit 수치는 대조구에 비해 처리구에서 다소 낮아지는 경향을 보였으나, 유의차는 없었다. 혈소판 응집에 있어서도 maximum aggregation과 initial slope이 대조구에 비해 처리구에서 낮은 값을 보였으나 통계적 유의성은 없었다.
6. 육안으로 관찰한 간의 형태는, 처리구와 대조구에서 별다른 차이가 없이, 전체적으로 간이 컸으며, 간엽 끝이 뭉툭했고, 색깔은 연한 우유빛을 띄었다. 광학현미경을 통해 살펴본 간 조직은 대조구에서 상당수의 소지방구와 대지방구가 관찰되었고, 다시마구에서도 유사한 지방공포 형태를 볼 수 있었던 반면, 감귤박구에서는 지방구가 다수 발견되기는 하나, 지방구의 크기가 다시마구나 대조구에서 발견되는 것에 비해 상당히 작았다. 손바닥 선인장구에서는 대지방구는 볼 수 없었으며, 대부분이 세포내 소지방구였고, 그 크기나 수가 다른 구에 비해 작았다.
7. 콜레스테롤 흡수율을 평가하기 위해, $0.2 \mu\text{ci}$ 의 ^{14}C -cholesterol을 급여한 후 방사능 배설율을 측정하였다. 방사능 섭취량에 대한 배설량을 살펴보면, 손바닥 선인장구에서 대조구에 비해 2배 이상 높았고, 감귤박과 다시마구는 오히려 대조구보다 배설량이 적었다. 날짜별 방사능 배설 추

이는 섭취 만 1일에는 거의 배설이 없었고, 대부분이 만 2 ~ 3일에 배설되었다. 대조구와 감귤박구는 만 3일에 배설량이 가장 많았으며, 다시마 와 손바닥 선인장구는 만 2일에 배설율이 가장 높았다. 모든 구가 3일 이후에는 배설량이 감소하였다.

이상의 결과를 종합해 볼 때, 5% 손바닥 선인장 건조 분말의 첨가는 콜레스테롤 흡수를 억제함으로써 혈청과 간의 콜레스테롤 및 중성지방의 수준을 유의적으로 낮출 수 있었을 뿐 아니라, 간의 지방공포 생성 억제 효과가 있음을 알 수 있었다. 그러나 감귤박과 다시마에서는 이러한 유의적인 효과를 관찰할 수 없었다. 손바닥 선인장의 이러한 효과가 이에 함유된 수용성 식이 섬유에 의한 효과에 국한된 것이 아니라, 그 외의 생리활성 물질들과의 복합적인 작용에 의한 것이라고 사료되므로, 이러한 식품들을 건강보조식품으로 개발하기 위해서는 좀 더 다양한 연구들이 이루어져야 할 것이다.

V. 참고 문헌

Abraham, Z.D. and T. Mehta. 1988. Three-week psyllium-husk supplementation: effect on plasma cholesterol concentrations, fecal steroid excretion, and carbohydrate absorption in men. *Am. J. Clin. Nutr.*, 47:67-74

Anderson, J.W. and N.J. Gustafson. 1988. Hypocholesterolemic effects of oat and bean products. *Am. J. Clin. Nutr.*, 48:749-753

Arjmandi, B.H., J. Ahn, S. Nathani and R.D. Reeves. 1992a. Dietary soluble fiber and cholesterol affect serum cholesterol concentration, and hepatic portal venous short-chain fatty acid concentrations and fecal sterol excretion in rats. *J. Nutr.*, 122:246-253

Arjmandi, B.H., J. Craig, S. Nathani, and R.D. Reeves. 1992b. Soluble dietary fiber and cholesterol influence in vivo hepatic and intestinal cholesterol biosynthesis in rats. *J. Nutr.*, 122:1559-1565

Arntnyenius, A.C., D. Kromhout and J.D. Barth. 1985. Diet, lipoproteins and the progression of coronary atherosclerosis. The Lipid International Trial. *N. Engl. J. Med.*, 312(13):805-811

Bagger, M., O. Andersen, J.B. Nielsen and K.R. Rytting. 1996. Dietary fibres reduce blood pressure, serum total cholesterol and platelet aggregation in rats. *Br. J. Nutr.*, 75:483-493

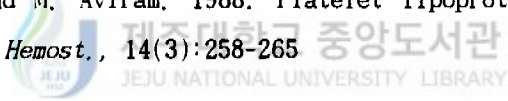
Barr, D.P., E.M. Russ and H.A. Eder. 1951. Protein lipid relationships in human plasma II. In atherosclerosis and related conditions. *Am. J. Med.*, 11:480-493

Barter, P.J. and K.A. Rye. 1996. High density lipoproteins and coronary heart disease. *Atherosclerosis.*, 121:1-12

Berg, K. and A.L. Borresen. 1976. Serum-high-density- lipoprotein and atherosclerotic heart-disease. *Lancet.*, 1:499-501

Blackburn, N.A., J.C. Redfern and H. Jarjis. 1984. The mechanism of action of guar gum in improving glucose tolerance in man. *Clin. Sci.*, 66:329-336

Brook, J.G. and M. Aviram. 1988. Platelet lipoprotein interactions. *Semin. Thromb. Hemost.*, 14(3):258-265



Burkitt, D.P. 1988. Dietary fiber and cancer. *J. Nutr.*, 118(4):531-533

Carr, T.P., D.D. Gallaher, J.K. Yang and C.A. Hassel. 1996. Increased intestinal contents viscosity reduces cholesterol absorption efficiency in hamsters fed hydroxypropyl methylcellulose. *J. Nutr.*, 126(5):1463-1469

Carvalho, A.C., R.W. Colman and R.S. Lees. 1974. Platelet function in hyperlipoproteinemia. *N. Engl. J. Med.*, 290(8):434-438

Challen, A.D., W.J. Branch and J.H. Cummings. 1983. The effect of pectin and wheat bran on platelet function and haemostasis in man. *Hum.*

Nutr. Clin. Nutr., 37(3):209-217

Chen, W.J., J.W. Anderson and D. Jennings. 1984. Propionate mediate the hypocholesterolemic effects of certain soluble plant fiber in cholesterol-fed rats. *Pro. Soc. Exp. Biol. Med.*, 175(2):215-218

Cromwell, G.L., V.W. Hays and J.R. Overfield. 1970. Effect of dietary ascorbic acid on performance and plasma cholesterol levels of growing swine. *J. Anim. Sci.*, 31(1):63-66

Dyerberg, J. and H.O. Bang. 1978. Dietary fat and Thrombosis. *Lancet.*, 1:152

Englyst, H.N. and J.H. Cummings. 1985. Digestion of the polysaccharides of some cereal foods in human small intestine. *Am. J. Clin. Nutr.*, 42: 778-787

Fernandez, M.L., A. Trejo and D.J. McNamara. 1990. Pectin isolated from prickly pear (*Opuntia SP.*) modifies low density lipoprotein metabolism in cholesterol-fed guinea pigs. *J. Nutr.*, 120:1283-1290

Fernandez, M.L., D.M. Sun, M.A. Tosca and D.J. McNamara. 1994. Citrus pectin and cholesterol interact to regulate hepatic cholesterol homeostasis and lipoprotein metabolism: A dose-response study in guinea pigs. *Am. J. Clin. Nutr.*, 59(4):869-878

Fernandez, M.L., E.C.K. Lin, A. Trejo and D.J. McNamara. 1992. Prickly pear (*Opuntia SP.*) pectin reverses low density lipoprotein receptor suppression induced by a hypercholesterolemic diet in guinea pigs. *J.*

Nutr., 122:2330-2340

Fernandez, M.L., T.A. Wilson, K. Conde, M. Vergara-Jimenez and R.J. Nicolosi. 1999. Hamster and guinea pigs differ in their plasma lipoprotein cholesterol distribution when fed diets varying in animal protein, soluble fiber, or cholesterol content. *J. Nutr.*, 129(7): 1323-1332

Fisher, H., W.G. Siller and P. Grimminger. 1966. The retardation by pectin of cholesterol induced atherosclerosis in the fowl, *J. Atherosclerosis in the fowl, J. Atheroscler. Res.*, 6:292-298

Gallaher, D.D., C.A. Hassel and K.J. Lee. 1993a. Relationships between viscosity of hydroxypropyl methylcellulose and plasma cholesterol in hamsters. *J. Nutr.*, 123:1732-1738

Gallaher, D.D., C.A. Hassel, K.J. Lee and C.D. Gallaher. 1993b. Viscosity and fermentability as attributes of dietary fiber responsible for the hypocholesterolemic effect in hamsters. *J. Nutr.*, 123:244-252

Gibson, K.H. 1982. Biosynthesis and metabolism of prostaglandins and thromboxanes. Butterworth Scientific Ltd. pp.8-19

Gordon, D.T. 1992. The importance of total dietary fiber in human nutrition and health. *Kor. J. Nutr.*, 25:75-76

Gordon, D., W.P. Castelli, M.C. Hjortland, W.B. Kannel and T.R. Dawber. 1977. High density lipoprotein as a protective factor against

coronary heart disease. The Framingham Study. *Am. J. Med.*, 62(5):707-714

Grundy, S.M., D. Bilheimer, H. Blackburn, W.V. Brown, P.O. Jr. Kwiterovich, F. Mattson, G. Schonfeld and W.H. Weidman. 1982. Rationale of the diet-heart statement of the American Heart association. Report of Nutrition Committee. *Circulation.*, 65(4):839A-854A

Grundy, S.M., E.H. Jr. Ahrens and J. Davignon. 1969. The interaction of cholesterol absorption and cholesterol synthesis in man. *J. Lipid. Res.*, 10:304-315

Hexeberg, S., E. Hexeberg, N. Willumsen and R.K. Berge. 1994. A study on lipid metabolism in heart and liver of cholesterol and pectin-fed rats. *Br. J. Nutr.*, 71(2):181-192

Hjermann, I., S.C. Enger, A. Helgeland, I. Holme, P. Leren and K. Trygg. 1979. The effect of dietary changes in high density lipoprotein cholesterol. The Oslo Study. *Am. J. Med.*, 66(1):105-109

Hopewell, R., R. Yeater and I. Ullrich. 1993. Soluble fiber: effect on carbohydrate and lipid metabolism. *Prog. Food. Nutr. Sci.*, 17(2): 159-182

Hutagalung, R.I., G.L. Cromwell, V.W. Hays and C.H. Chaney. 1969. Effect of dietary fat, protein, cholesterol and ascorbic acid on performance, serum and tissue cholesterol levels and serum lipid levels of swine. *J. Animal Sci.*, 29(5):700-705

Iiiman, R.J. and D.L. Topping. 1985. Effects of dietary oat bran on fecal steroid in rats. *Nutr. Res.*, 5:839-846

Jonnalagadda, S.S., F.W. Thye and J.L. Robertson. 1993. Plasma total and lipoprotein cholesterol, liver cholesterol and fecal cholesterol excretion in hamsters fed fiber diets. *J. Nutr.*, 123:1377-1382

Kawatra, A., A.C. Kapoor and S. Seghal. 1991. Hypocholesterolemic effect of guar gum in overweight adults. *Plant. Foods. Hum. Nutr.*, 41:241-245

Kelley, J.J. and A.C. Tsai. 1978. Effect of pectin, gum arabic and agar on cholesterol absorption, synthesis, and turnover in rats. *J. Nutr.*, 108(4):630-639

Kim, D.N., K.T. Lee, J.M. Reiner and W.A. Thomeas. 1981. Lack of beneficial effects of wheat bran cereals on cholesterol balance in swine. *Exp. Mol. Pathol.*, 35:301-303

Kim, E.H., Y.S. Maeng and S.J. Woo. 1993a. Dietary fiber content in some vegetables and seaweeds. *Kor. J. Nutr.* 26(2):196-201

Kim, J.S. 1993b. The present status of the cause of death and changes in Korea. *J. Kor. Med. Association.*, 36(3) : 371-384

Kim, J.H. and S.G. Wang. 1997. Effects of Mugwort, Dried Orange Peel and Duchung on Lipid Metabolism in Hyperlipidemia Rats. *Kor. J. Nutr.*, 30(8):895-903



Kim, M.J. and S.S. Lee, 1995a. The effect of dietary fiber on the serum lipid level and bowel function in rats. *Kor. J. Nutr.*, 28(1):23-32

Kim, Y.H. and S.S. Lee, 1995b. The effect of diet containing different fiber sources on the serum lipid level and bowel function in rats. *Kor. J. Nutr.*, 28(9):825-833

Kim, Y.S., B.Y. Min and G.B. Seo, 1983. Effects of dietary fiber on lipid metabolism of albino rats. *Kor. J. Food & Nutr.*, 12(4):310-315

Knopp, R.H., H.R. Superko, M. Davidson, W. Insull, C.A. Dujovne, P.O. Kwitterovich, J.H. Zavoral, K. Graham, R.R. O'Connor and D.A. Edelman, 1999. Long-term blood cholesterol-lowering effects of a dietary fiber supplement. *Am. J. Prev. Med.*, 17:18-23

Kritchevsky, D. and S.A. Tepper, 1968. Experimental atherosclerosis in rabbits fed cholesterol-free diets: influence of chow components. *J. Atheroscler. Res.*, 8(2):357-369

Kromhout, D., E.B. Bosschieter and C. de Lezenne Coulander, 1982. Dietary fiber and 10-year mortality for coronary heart disease, cancer and all causes, *Lancet.*, 2:518-522

Kwon, K.H. 1990. Effects of dietary fiber and fat sources on lipid contents of serum and tissue in rats fed high cholesterol diet. The degree of master of science. Seoul national university.

LaRosa, J.C. 1994. Cholesterol and public policy. *Atherosclerosis*, 108(suppl): s137-s141.

Lee, E.Y. and G.J Woo. 1998. Optimization of separation process of bioflavonoids and dietary fibers from tangerine peels using hollow fiber membrane. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, 30(1):151-160

Lee, H.S., M.S. Choi, Y.K. Lee, S.H. Park and Y.J. Kim. 1996. A study on the development of high-fiber supplements for the diabetic patients -Effect of seaweed supplementation on the lipid and glucose metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats-. *Kor. J. Nutr.*, 29(3):296-306

Lee, S.P. 1981. Increased hepatic fibrogenesis in the cholesterol-fed mouse. *Clin Sci(Colch)*, 61(2):253-256

Lee, S.S. and K.J. Ho. 1975. Cholesterol fatty liver. Morphological changes in the course of its development in rabbits. *Arch Pathol.*, 99(6):301-306

Lipid research Clinics Program. 1984. The Lipid Research Clinic Primary Prevention Trial results. II. The relationship of reduction of incidence of coronary heart disease to cholesterol lowering. *JAMA*, 251(3):365-374

Marlett, J.A., F.L. Shinnick and L.I. Steven. 1990. Dose response to a dietary oat bran fraction in cholesterol-fed rats. *J. Nutr.*, 120:561-568

Martin, M.J., S.B. Hulley, W.S. Browner, L.H. Kuller and D. Wentworth.

1986. Serum cholesterol, blood pressure, and mortality: Implications form a cohort of 361,622 men. *Lancet.*, 2:933-936

Matheson, H.B. and J.A. Story. 1994. Dietary psyllium hydrocolloid and pectin increase bile acid pool size and change bile acid composition in rats. *J. Nutr.*, 124(8):1161-1165

Matheson, H.B., I.S. Colon and J.A. Story. 1995. Cholesterol 7 α -hydroxylase activity is increased by dietary modification with psyllium hydrocolloid, pectin, cholesterol and cholestyramine in rats. *J. Nutr.*, 125(3):454-458

Mazur, A., C. Remesy, E. Gueux, M.A. Levrat and C. Demigne. 1990. Effects of diet rich in fermentable carbohydrates on plasma lipoprotein levels and lipoprotein catabolism in rats. *J. Nutr.*, 120(9):1037-1045

McCarthy, P.A. 1993. New approaches to atherosclerosis: an overview. *Med. Res. Rev.*, 13(2):139-159

McGill, H.J, Jr. 1979. The relationship of dietary cholesterol to serum cholesterol concentration and to atherosclerosis in man. *Am. J. Clin. Nutr.*, 32(12 Suppl):2664-2702

Miller, G.J. and N.E. Miller. 1975. Plasma-high-density-lipoprotein concentration and development of ischemic heart disease. *Lancet.*, 1:16-19

Ministry of agriculture and forestry. 1999. Development of functional

foods using fruit and stem of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten* and characterization of their physiologically active constituents.

Morris, J.N., J.W. Marr and D.G. Clayton. 1977. Diet and heart : A postscript. *Br. Med. J.*, 2:1307-1314

Moundras, C., S.R. Behr, C. Remesy and C. Demigne. 1997. Fecal losses of sterols and bile acids induced by feeding rats guar gum are due to greater pool size and liver bile acid secretion. *J. Nutr.*, 127(6):1068-1076

Muir, J.G. and K. O'Dea. 1992. Measurement of resistant starch: factors affecting the amount of starch escaping digestion in vitro. *Am. J. Clin. Nutr.*, 56(1):123-127

Mueller, M.A., M.P. Cleary and D. Kritchevsky. 1983. Influence of dietary fiber on lipid metabolism in meal-fed rats. *J. Nutr.*, 113(11):2229-2238

National Institutes of Health Consensus Development Conference Statement. 1985. Lowering blood cholesterol to prevent heart disease. *JAMA.*, 253:2080-2086

Nishina, P.M. and R.A. Freedland. 1990a. Effects of propionate on lipid biosynthesis in isolated rat hepatocytes. *J. Nutr.*, 120: 668-673

Nishina, P.M., and R.A. Freedland. 1990c. The effect of dietary fiber feeding on cholesterol metabolism in rats. *J. Nutr.*, 120:800-805

Nishina, P.M., B.D. Schneeman and R.A. Freedland. 1991. Effect of dietary fibers on nonfasting plasma lipoprotein and apoprotein levels in rats. *J. Nutr.*, 121:431-437

Park, C.S. and R.L. Harrold. 1983. Effects of dietary protein and fiber on growth and selected cholesterol responses of rats. *Ann. Nutr. Metab.*, 27:137-144

Reddy, B.S., K. Watanabe and A. Sheinfil. 1980. Effects of dietary wheat bran, alfalfa, pectin and carrageenan on plasma cholesterol and fecal bile acid and neutral sterol excretion in rats. *J. Nutr.*, 110:1247-1254

Rhoads, G.G., C.L. Gulbrandsen and A. Kagan. 1976. Serum lipoproteins and coronary heart disease in Hawaii Japanese man. *N. Engl. J. Med.*, 294(6):293-298



Ronnemaa, T., T.T. Pelliniemi and E. Kulonen. 1976. Factors stimulating collagen synthesis from the livers of hypercholesterolemic rats. *Atherosclerosis.*, 24(1-2):311-321

Rosenfeld, L. 1989. Atherosclerosis and the cholesterol connection: revolution of a clinical application. *Clin. Chem.*, 35(4):521-531

Sandberg, A.S., R. Ahderinne, H. Andersson, B. Hallgren and L. Hulten. 1983. The effects of citrus pectin on the absorption of nutrients in the small intestine. *Hum. Nutr. Clin. Nutr.*, 37(3):171-183

Schneeman, B.O. 1987. Soluble vs insoluble fiber-different physiologi-

cal responses. *Food. Technol.*, 41(2):81-82

Schneeman, B.O. and J. Tietzen. 1994. Dietary fiber. In: Shills, M.E., J.A. Olson, M. Shike, eds. *Modern nutrition in health and disease*, Lea & Febiger, 1:89-100

Shekelle, R.B., A.M. Shryock, O. Paul, M. Lepper, J. Stamler, S. Liu and W.J. Jr. Raynor. 1981. Diet, serum cholesterol, and death from coronary heart disease. *N. Engl. J. Med.*, 304(2):65-70

Shen, H., L. He, R.L. Price, and M.L. Fernandez. 1998. Dietary soluble fiber lowers plasma LDL cholesterol concentration by altering lipoprotein metabolism in female guinea pigs. *J. Nutr.*, 128(9):1434-1441

Smith-Barbaro, P.A., D. Hanson and B.S. Reddy. 1981. Effect of bran and citrus pulp on hepatic, small intestinal and colonic HMG CoA reductase, cytochrome P450 and cytochrome b5 levels in rats. *J. Nutr.*, 111:789-797

Stamler, J., D. Wentworth and J.D. Neaton. 1986. Is relationship between serum cholesterol and risk of premature death from coronary heart disease continuous and graded? Finding in 356,222 primary screenees of the multiple risk factor intervention trial(MRFIT). *J. Am. Med. Assoc.*, 256(20):2823-2828

Tandon, N.N., J.M. Hoeg and G.A. Jamieson. 1985. Perfusion studies on the formation of mural thrombi with cholesterol-modified and hypercholesterolemic platelets. *J. Lab. Clin. Med.*, 105:157-163

Thomas, M., S. Leelamma and P.A. Kurup. 1983. Effect of blackgram fiber(*Phaseolus mungo*) on hepatic hydroxymethylglutaryl-CoA reductase activity, cholesterologenesis and cholesterol degradation in rats. *J. Nutr.*, 113:1104-1108

Tomizuka, T., K. Yamamoto, A. Hirai, Y. Tamura and S. Yoshida. 1990. Hypersensitivity to thromboxane A_2 in cholesterol-rich human platelets. *Thromb. Hemost.*, 64(4):594-599

Topping, D.L. 1991. Soluble Fiber polysaccharides: effects on plasma cholesterol and colonic fermentation. *Nutr. Rev.*, 49(7):195-203

Topping, D.L., R.J. Illman, J.M. Clarke, R.P. Trimble, K.A. Jackson and Y. Marsono. 1993. Dietary fat and fiber alter large bowel and portal venous volatile fatty acids and plasma cholesterol but not biliary steroids in pigs. *J. Nutr.*, 123:133-143.

Trowell, H., D.A.T. Southgate, T.M.S. Wolever and D.A. Jenkins. 1976. Dietary fibre redefined(letter). *Lancet.*, 1:967

Turley, S.D., B.P. Daggy and J.M. Dietschy. 1991. Cholesterol-lowering action of psyllium mucilloid in the hamster: sites and possible mechanism of action. *Metabolism.*, 40:1063-1073

Vahouny, G.V., S. Satchithanandam, I. Chen, S.A. Tepper, D. Krichevsky, F.G. Lightfoot and M.M. Cassidy. 1988. Dietary fiber and intestinal adaptation: effects on lipid absorption and lymphatic transport in the rat. *Am. J. Clin. Nutr.*, 47:201-206

Van Beresteyn, E.C., K. van Schaik and M.F. Mogot. 1979. Effect of bran and cellulose on lipid metabolism in obese female Zucker rats. *J. Nutr.*, 109(12):2085-2097

Vargo, D., R. Doyle and M.H. Floch. 1985. Colonic bacterial flora and serum cholesterol alterations induced by dietary citrus pectin. *Am. J. Gastroenterol.*, 80(5) 361-4

Wang, C., L. Zhao and Y. Chen. Hypolipidemic action of soy fiber and its effects on platelet aggregation and coagulation time in rats. *Chung. Hua. Yu. Fang. I. Hsueh. Tsa. Chih.*, 30:205-208

Wright, R.S., J.W. Anderson and S.R. Bridges. 1990. Propionate inhibits hepatocyte lipid synthesis. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 195(1):26-29



이일하. 한국인의 식생활 양상의 변화가 건강 및 질병 상태에 미친 영향. 한국식문화학회 추계학술대회, 1993

대한통계협회. 1992. 사망원인 통계연보

Abstract

Effects of feeding diets containing tangerine pulp, sea tangle or prickly pear cactus on lipid level, intestinal cholesterol absorption, platelet aggregation and liver tissue in hypercholesterolemic rats

Min Sook Kang

Department of Food Science and Nutrition, Graduate School
Cheju National University, Cheju, Korea

This study was done to investigate the hypocholesterolemic effect of tangerine pulp, sea tangle, and prickly pear cactus in Sprague Dawley rats. After feeding diets containing 0.5% cholesterol and 0.2% cholate, and 5% tangerine pulp, sea tangle or prickly pear cactus four weeks, we measured the levels of plasma and liver cholesterol and triglyceride, platelet aggregation, fecal neutral sterols and fecal radioactivity after feeding ^{14}C -cholesterol, and also microscopically examined liver tissues.

The liver to body weight ratio was significantly lower in rats fed prickly pear cactus than in other groups ($p < 0.01$). The levels of plasma total cholesterol, LDL-cholesterol and triglyceride were decreased significantly ($p < 0.01$) in the prickly pear cactus group compared to the control, while there was no difference in HDL-cholesterol level among groups. Fecal coprostanol was lower in rats fed tangerine pulp, sea tangle and prickly pear cactus compared to the control, and cholesterol excretion was significantly higher in both the control and prickly pear cactus group than in other groups. Cholesterol excretion by rats fed prickly pear cactus was almost twice that of the other two fiber groups. Hematocrit and platelet aggregation were decreased in all fiber groups compared to the control, but not statistically different. Microscopic

examination showed that cholesterol diet caused a fat accumulation in the liver and prickly pear cactus decreased the fat accumulation. Total radioactivity excretion after feeding ^{14}C -cholesterol was twice higher in rats fed prickly pear cactus than in the control, while tangerine pulp or sea tangle had no effect. Low fecal radioactivity was found during the first day after feeding and most radioactivity was excreted during the 2nd and 3rd days in all groups, then decreased thereafter.

Result indicates that prickly pear cactus is effective in decreasing plasma cholesterol level, while tangerine pulp or sea tangle has no effect.



감사의 글

학문에 대한 열의만으로 시작했던 대학원을 이제 이 조그마한 논문과 함께 마무리하려 합니다. 계절의 추이도 느끼지 못한 채 바삐 달려온 지난 시간들을 뒤돌아보면, 제게 힘이 되어주셨던 많은 분들이 떠오릅니다.

제자의 부족함을 사랑으로 이해해 주시고, 많은 가르침을 주신 강정숙 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 또한 미흡한 저의 논문을 정성껏 다듬어 주시고, 성심으로 심사해주신 김규일 교수님과 신동범 교수님께도 감사를 드립니다. 석품영양학의 학문적 소양을 넓혀주시고, 끊임없는 조언과 격려를 해주신 홍양자 교수님, 윤창훈 교수님, 고양숙 교수님, 양양한 교수님의 은혜에도 감사를 드립니다.

많은 시간 함께 고생해주었던 사랑스런 실험실 후배, 인선, 지나, 유미, 지현에게도 고마움을 전하고, 내 논문 실험을 자기 일처럼 도와준 부지런한 후배 소영에게도 고맙다는 인사를 전합니다. 한 사무실에서 일하며, 많은 이해와 양보를 해주고, 마음의 힘이 돼주었던 후배, 양희에게도 이제서야 고맙다는 말을 전합니다. 대학원 생활동안 한결같은 믿음으로 지켜봐 주고, 조언을 해주었던 지영언니와 민성오빠에게 이 지면을 빌어 감사 드리며, 멀리서 공부하며, 서로의 격려가 될 수 있었던 친구, 미정과 경주에게도 고마운 인사를 전합니다. 늦은 시간 연구실의 형광등 아래서 내 자신의 인내와 씨름하고 있을 때, 나의 힘이 되어 주었던 소중한 사람, 남영오빠, 내 논문의 처음과 끝을 지켜봐 준 것 감사합니다.

바쁜 언니를 이해해주고, 마음의 격려가 되어주었던 동생, 민주, 윤혜, 권우에게 고맙다는 말 지면을 통해 대신한다. 부족한 나를 사랑과 격려로 도와주신 형부, 지현언니께 뒤늦게 감사의 말 전하고, 조카 성현에게도 그간 전하지 못했던 사랑의 마음을 전합니다.

언제나 나의 든든한 힘이 되어주신 아버지, 어머니. 지난 시간동안 내가 하고자하는 일에 끝없는 믿음으로 큰 격려가 되어주신 부모님께 사랑한다는 말과 함께 이 작은 결실을 드립니다.