

셀룰로오스, 펙틴 및 알긴산 수준이 흰쥐의 혈청지질 농도에 미치는 영향

황은희 · 서은숙 · 이형자*
원광대학교 생활과학대학 식품영양학과

Effect of Cellulose, Pectin and Alginic Acid Level on Serum Lipid Composition in Rats

Eun-Hee Hwang, Eun-Sook Seo and Hyoung Ja Lee
Department of Food and Nutrition, Wonkwang University, Iksan, Korea

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the effects of the kinds and the amounts of dietary fiber on serum lipid composition in rats. Seventy-two male Sprague-Dawley rats weighting 160 ± 10 g were fed diets containing 1.0%, 3.6%, 6.0% and 10.0% α -cellulose, pectin and alginic acid for 4 weeks. Daily food intake of experimental groups was significantly higher in the α -cellulose 10.0% group than in the other groups. Increasing the dietary fiber level decreased the food efficiency ratio of the α -cellulose, pectin and alginic acid groups. Serum triglyceride concentration was significantly lower in the rats fed the alginic acid diet. Serum total cholesterol concentration showed no significant difference in the kind and the amount of three dietary fibers. Serum HDL-cholesterol concentration was higher in α -cellulose and pectin diet. HDL-cholesterol / total cholesterol ratio was higher in α -cellulose and pectin diet than alginic acid diet. In conclusion, alginic acid is good for the serum triglyceride decrease, pectin is good for HDL-cholesterol increase, α -cellulose and alginic acid are good for HDL-cholesterol / total cholesterol ratio increase. But the different effects according to the dietary fiber's contents did not show a significant trend.

Key words: dietary fiber, α -cellulose, pectin, alginic acid, serum lipid.

I. 서론

경제와 과학의 발달은 식습관, 영양상태 및 질병 양상에 많은 변화를 초래하였다¹⁻²⁾. 국민 영양조사

보고에 의하면 우리 나라 사람의 식물성 식품의 섭취율이 '69년³⁾ 97.0% 이던 것이 '94년에는⁴⁾ 79.0%로 감소하면서 동물성 식품의 섭취율은 '69년 3.0%에서 '94년에는 21.0%로 크게 증가하였다. 이러한 식품섭취 변화로 인하여 비만, 당뇨병, 고혈압, 각종

* 이 논문은 1997년도 원광대학교 교비지원에 의해 연구되었음.

암 등의 성인병 발병율이 증가하고 있는 실정으로⁴⁾ 이의 예방과 치료의 한 방법으로서 식이섬유질은 긍정적 효과를 갖는 것으로 알려져 있다⁵⁾. 식이섬유질은 인체의 소화효소에 의해 소화되지 않는 물질로서 인체에 대한 생리효과는 식이섬유질의 종류에 따라 차이가 있다. 특히 식이섬유질의 혈청지질 조성 개선에 대한 연구는 국내⁶⁻¹⁰⁾, 국외¹¹⁻¹⁴⁾에서 많이 보고 되었다. 식이섬유질에 대한 연구들은 섬유질의 급원이 자연식품의 건조분말을 사용한 경우, 자연식품에서 추출, 정제한 경우, 완전 정제 섬유질을 사용한 경우에 따라 섬유질 함량이 1%~25%로 다양하다. 대부분의 연구가 식이섬유질 함량을 단일하게 하여 식이섬유질별 차이를 보거나, 각 연구에서 취한 식이섬유질 함량이 각각 달라 그 효과를 비교하기에 적합하지 않았다. 따라서 본 연구에서는 혈청지질에 대한 식이섬유질의 효과와 각 섬유질의 함량에 따른 차이를 관찰하고자 불용성 섬유소질서 셀룰로오스, 수용성 섬유소질로서 펙틴, 근래에 이용이 다양해진 알긴산을 택하였다. 알긴산은 미역, 다시마 등 갈조류의 세포막을 구성하는 주성분으로 고분자 polyuronide를 기본구조로 하며 유리 carboxyl기의 활성은 고분자 유기산중에서 가장 강하여 여러 생리학적 성질을 갖는다^{15,16)}.

따라서 본 연구에서는 선행 연구⁶⁻¹⁴⁾들을 토대로 저 식이섬유질 식이로 1.0%, 중간수준으로 3.6%와 6.0%, 높은 수준으로 10.0%를 함유한 사료를 조제하여 Sprague-Dawley rat (SD-rat) 종 숫쥐에게 4주간 섭취시킨 후 사료섭취량, 체중, 사료이용효율, 혈청의 중성지질, 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, HDL-콜레스테롤/총 콜레스테롤 비를 측정하여 혈청지질조성 개선에 적합한 식이섬유질 함량을 알아보고 그 결과를 보고하고자 한다.

II. 실험 재료 및 방법

1. 실험동물 및 식이

실험동물은 생후 4주된 흰쥐(Sprague-Dawley rat, male, 삼육실험동물센터) 72마리를 고형사료로 1주일간 적응시킨 후 체중 160±10g 정도의 흰쥐를 여섯 마리씩 12군으로 나누어 4주간 사육하였다.

사육실의 환경조건은 실내온도 20±2℃, 상대습도 60±10%를 유지하도록 하여 사료와 물은 제한없이 먹을 수 있도록 하였다. 이때 사료섭취량은 매일 확인하였고, 체중은 1주일 간격으로 일정 시간에 측정하였다.

실험에 사용한 식이는 NAS-NRC 흰쥐 사양표준량¹⁷⁾에 근거하여 정제된 원료를 사용하여 조제하였으며 그 조성은 Table 1과 같다. 식이섬유질은 저수준으로 1.0%, 중간수준으로 3.6%, 6.0%, 높은 수준으로 10.0%가 되게 하였으며, 비타민과 무기질은 AIN-76¹⁸⁾에 근거하여 혼합하였다. 식이섬유질의 급원은 Sigma Chemical Co.의 α -cellulose, alginate acid, pectin을 사용하였다.

2. 사료섭취량과 체중 및 사료이용효율

사료섭취량은 전날 공급한 사료의 무게에서 남은 사료의 무게를 뺀 값으로 매일매일 확인하였으며, 체중측정은 사료섭취로 인한 일시적인 체중변화를 막기 위하여 측정하기 1시간 전에 사료를 제거한 후에 1주일 간격으로 같은 시간에 측정하였다.

사료이용효율(food efficiency ratio, FER)은 다음과 같이 계산하였다.

$$FER = \frac{\text{Weight gain (g)}}{\text{Eating diet (g)}}$$

3. 시료 채취 및 분석방법

1) 혈청 채취

혈액은 동물을 12시간 절식시킨 뒤 에테르의 흡입, 마취시킨 후 21 gage의 일회용 주사기를 이용하여 심장천자법으로 채혈하였다. 혈액은 빙수에 약 1시간 방치시킨 후 3,000rpm에서 10분간 원심분리하여 얻은 혈청을 분석 전까지 -70℃에서 냉동 보관하였다.

2) 혈청지질농도 측정

혈청의 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, 중성지질 및 인지질 농도는 효소법에 의한 kit(Eiken Chemical Co., Japan)를 사용하여 분석하였다.

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

Dietary fiber	Pectin				Cellulose				Alginate acid			
	1	3.6	6.0	10.0	1	3.6	6.0	10.0	1.0	3.6	6.0	10.0
Pectin	10	36	60	100	—	—	—	—	—	—	—	—
α -Cellulose	—	—	—	—	10	36	60	100	—	—	—	—
Alginate acid	—	—	—	—	—	—	—	—	10	36	60	100
Corn starch	545	519	495	455	545	519	495	455	545	519	495	455
Sucrose	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Casein	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Lard	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Corn oil	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Choline chloride	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Vitamin mixture ¹⁾	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Mineral mixture ²⁾	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
DL-Methionine	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Energy (Kcal)	2580	2476	2380	2220	2580	2476	2380	2220	2580	2476	2380	2220

1) AIN-76 Vitamin mix(g/kg): thiamin · HCl 0.6; riboflavin 0.6; pyridoxine · HCl 0.7; nicotinic acid 3; D-calcium pantothenate 1.6; folic acid 0.2; D-biotin 0.02; cyanocobalamin 0.001; retinyl palmitate 0.8(500,000 IU/g); dl- α -tocopherol acetate 20(250 IU/g); cholecalciferol 0.00025; menaquinone 0.005.

2) AIN-76 Mineral mix(g/kg): CaHPO₄ 500; NaCl 74.0; K₃C₆H₅O₇ · H₂O 220.0; K₂SO₄ 52; MgO 24.0; MnCO₃ · 12H₂O 3.5; C₆H₅O₇Fe · 3H₂O 6.0; ZnCO₃ 1.6; CuCO₃ · Cu(OH)₂ · H₂O 0.3; KIO₃ 0.01; Na₂SeO₃ · 5H₂O 0.01; CrK(SO₄)₂ · 12H₂O, 0.55, Sucrose 118.

4. 통계처리

실험결과는 SAS Program을 이용하여 각 실험군의 평균과 표준편차를 계산하였고 식이섬유질의 종류와 양에 따른 군간의 유의성 검정은 ANOVA와 Duncan's multiple range test에 의해 $p < 0.05$ 수준에서 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 사료섭취량과 체중 및 사료이용효율

실험기간 동안 각 군의 사료섭취량, 체중 및 사료이용효율은 Table 2와 같다. 사료섭취량은 셀룰로오스군 21.9~31.0g/day, 펙틴군 20.2~23.7g/day, 알긴산군 15.7~22.9g/day이었으며, 셀룰로오스 10.0%군에서 높았지만 유의적인 차이는 없었다.

실험기간 마지막 체중은 셀룰로오스군 284.6~316.7g, 펙틴군 280.7~349.8g, 알긴산군 277.5~335.0g으로 셀룰로오스는 3.6g, 펙틴 1.0g, 알긴산

1.0g 넣은 것이 체중이 다른 것보다 유의적으로 높았다. 즉 전반적으로 적게 넣은 것의 체중이 높았고, 사료이용효율은 셀룰로오스군 0.17~0.24, 펙틴군 0.19~0.31, 알긴산군 0.20~0.30으로 본 실험에 사용한 3종의 섬유질 함량이 많을수록 사료이용효율이 유의적으로 낮았다. 식이섬유질을 이용한 다른 연구^{6~10)}에서도 식이 섬유질 함량이 많을수록 사료이용효율이 낮았는데 이는 사료의 총 에너지 함량이 낮기 때문이라고 사료된다.

2. 혈청지질 농도

1) 혈청 중성지질과 인지질 농도

식이섬유질 종류와 함량에 따른 혈청 중성지질과 인지질 농도는 Table 3과 같다. 각 섬유질 함량에 따른 중성지질수준은 셀룰로오스군이 68.6~120.0mg/dl로서 셀룰로오스 함량에 따른 혈청지질 농도는 유의적 차이는 있었지만 저수준 함량에서 고수준함량에 이르는 일관성은 보이지 않았다. 펙틴군이 72.7~120.8mg/dl, 알긴산군은 73.6~87.6mg

Table 2. Food intake, body weight and food efficiency ratio in rats by intake level of dietary fiber

Group	Food intake	Body weight		FER	
		Initial (g)	Final(g)		
Cellulose	(%)				
	1.0	21.9±5.7 ^{NS}	166.0±4.5 ^{NS}	305.7± 7.5 ^{ab}	0.24 ^a
	3.6	23.6±4.6	162.2±3.3	316.7±14.2 ^a	0.23 ^b
	6.0	22.3±5.7	166.4±4.0	284.6±15.1 ^b	0.19 ^c
	10.0	31.0±7.7	164.0±3.9	301.7± 2.7 ^{ab}	0.17 ^d
Pectin	1.0	23.7±5.1 ^{NS}	165.6±3.7 ^{NS}	349.8±24.7 ^a	0.31 ^a
	3.6	23.0±4.2	164.8±3.7	307.0±24.3 ^{ab}	0.25 ^b
	6.0	23.1±5.4	163.0±3.8	303.7±25.6 ^{ab}	0.22 ^c
	10.0	20.2±5.9	166.2±4.1	280.7± 2.2 ^b	0.19 ^d
Alginic acid	1.0	22.5±3.3 ^{NS}	163.0±4.7 ^{NS}	335.0±23.8 ^a	0.30 ^a
	3.6	15.7±4.7	162.2±4.5	277.5±12.5 ^b	0.27 ^b
	6.0	19.2±6.3	165.2±4.8	297.0±27.7 ^{ab}	0.23 ^c
	10.0	22.9±6.8	166.0±3.8	296.8±11.3 ^{ab}	0.20 ^d

1) Mean ± S.D. for six rats per groups.

2) Values in a column with different superscripts are significantly different $p < 0.05$ level according to Duncan's multiple range test.

3) NS : not significant.

/dl로서 본 실험에서 사용한 세가지 섬유소의 함량에 따른 쥐 혈청 중성지방 함량에 개선 효과는 없었다.

섬유소 종류별 평균 혈중 중성지방 농도(Fig. 1)는 셀룰로오스군 98.8mg/dl, 펙틴군 100.3mg/dl, 알긴산군 78.2mg/dl로 알긴산군의 중성지방 농도가 유의적으로 낮아 알긴산이 중성지방을 낮추는 효과가 있었다. 쌀겨, 배추, 무, 사과, 김, 미역의 건조분말을 5% 함유한 사료¹¹⁾ 사과, 당근에서 얻은 펙틴과 미역, 파래에서 얻은 알긴²⁰⁾이 혈청 중성지방에 차이를 보이지 않았다고 보고하였다. 반면, 고들빼기잎과 뿌리²¹⁾, α -cellulose²²⁾, 구아검²³⁾, 메밀채소²⁴⁾, 들깨박²⁵⁾ 등이 혈액 중성지방을 낮추었다는 보고들이 있는데 본 연구에서는 혈청 중성지방 농도는 섬유소 함량보다는 섬유소 종류에 따라 차이가 있음을 알 수 있었다.

섬유질 함량별 혈청 인지질 농도는 셀룰로오스군 82.1~107.0mg/dl, 펙틴군 93.6~108.5mg/dl, 알

긴산군 78.0~104.0mg/dl로 식이섬유질 함량에 따른 인지질 농도에 차이가 없었으며, 섬유질별 평균 인지질 농도도 Fig. 2와 같이 유의적 차이는 보이지 않았다. 식사에 의해 혈청 인지질의 지방산 조성에는 영향을 주지만 혈청 인지질 농도에는 영향을 주지 않는다고 알려졌는데²⁶⁾ 본 실험에서도 식이섬유질의 종류와 함량이 혈청 인지질 농도에 차이를 보이지 않았다.

2) 혈청 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, HDL-콜레스테롤/총 콜레스테롤 비

식이섬유질 함량에 따른 혈청 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, HDL-콜레스테롤/총 콜레스테롤 비는 Table 4와 같다. 셀룰로오스군의 총 콜레스테롤은 56.5~70.5mg/dl 수준으로 함량별 유의적 차이는 없었으며, 펙틴군은 59.0~75.7mg/dl로 펙틴함량이 많을수록 혈청 총 콜레스테롤이 낮은 경향이었으나 통계적 유의성은 없었다. 알긴산군은 59.

Table 3. Serum triglyceride, phospholipid concentration in rat by intake level of dietary fiber (mg / dl)

Group		Triglyceride	Phospholipid
Cellulose (%)	1.0	68.6 ± 14.2 ^b	107.0 ± 30.7 ^{NS}
	3.6	120.0 ± 52.3 ^a	92.7 ± 16.1
	6.0	85.8 ± 28.6 ^{ab}	82.1 ± 21.1
	10.0	107.4 ± 26.8 ^{ab}	92.2 ± 28.3
Pectin	1.0	120.8 ± 23.9 ^{NS}	108.5 ± 9.0 ^{NS}
	3.6	84.4 ± 32.4	93.6 ± 24.0
	6.0	83.7 ± 35.6	96.7 ± 28.9
	10.0	97.1 ± 28.2	97.0 ± 13.2
Alginate acid	1.0	77.7 ± 30.7 ^{NS}	93.1 ± 15.8 ^{NS}
	3.6	87.6 ± 23.4	92.4 ± 20.0
	6.0	73.8 ± 28.9	104.0 ± 35.6
	10.0	74.2 ± 10.5	78.0 ± 19.1

- 1) Mean ± S.D. for six rats per groups.
- 2) Values in a column with different superscripts are significantly different p<0.05 level according to Duncan's multiple range test.
- 3) NS : not significant.

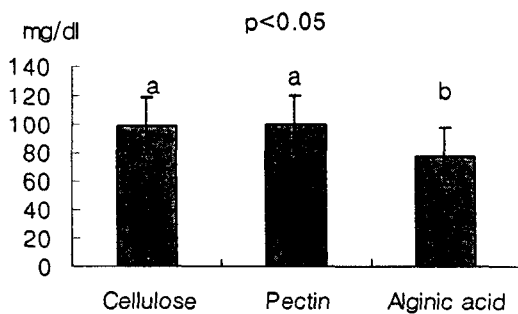


Fig. 1. Serum triglyceride concentration of rats fed dietary fibers.

0~84.0mg /dl수준으로 함량에 다른 차이가 없었다.

식이섬유질 종류별 평균 총 콜레스테롤 함량도 (Fig. 3) 유의적 차이를 보이지 않았다. 셀룰로오스가 소장의 담즙산과 결합하여 콜레스테롤의 배설을

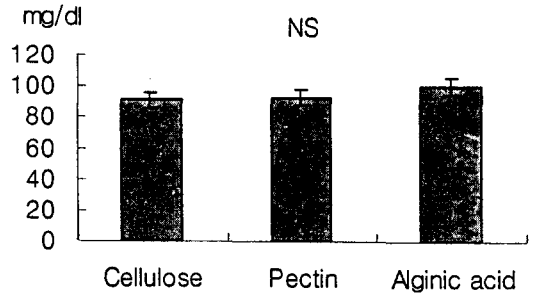


Fig. 2. Serum phospholipid concentration of rats fed dietary fibers.

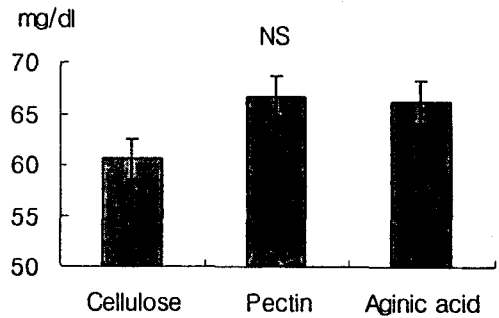


Fig. 3. Concentration of serum total cholesterol of rats fed dietary fibers.

증가시켜 혈액 콜레스테롤을 낮추고^{5,6,20}, 펙틴이 정상식 흰쥐의 간 콜레스테롤 생합성 효소인 HMG Co-A reductase의 활성을 억제시켜 혈청 콜레스테롤 함량을 낮추는 경향이 있다고⁶ 하였는데 본 실험에서는 혈청 총 콜레스테롤 함량이 셀룰로오스군에서 수치상으로 차이는 보였으나 통계적 유의성은 없었다.

Polydextrose와 carrageenan⁶, 들깨박²⁵, 셀룰로오스¹², oat bran¹³ 등은 혈청 콜레스테롤을 낮추었고, 당근, 양배추, 사과에서 추출한 식이 섬유질은 혈청 콜레스테롤을 저하시키지 못했다는 보고 등^{20, 26}이 있었으나, 본 연구에서는 섬유질의 함량에 따른 측정치간에 차이는 있었으나 통계적 유의성은 보이지 않았는데 이는 본 실험의 측정값에 오차가 크

Table 4. Concentration of serum total cholesterol and HDL-cholesterol and HDL-cholesterol /total cholesterol ratio in rats by intake level of dietary fiber (mg /dl)

Group		Total cholesterol	HDL-cholesterol	HDL-cholesterol / Total cholesterol ratio
Cellulose	(%)			
	1.0	58.7 ± 4.5 ^{NS}	15.0 ± 2.9 ^{NS}	0.25 ^a
	3.6	56.5 ± 7.7	12.5 ± 2.5	0.22 ^{ab}
	6.0	56.7 ± 4.2	13.2 ± 1.7	0.23 ^{ab}
	10.0	70.5 ± 11.0	13.0 ± 2.9	0.18 ^b
Pectin	1.0	70.8 ± 9.5 ^{NS}	16.0 ± 3.0 ^a	0.22 ^{ab}
	3.6	75.7 ± 8.8	14.7 ± 0.9 ^{ab}	0.19 ^b
	6.0	62.5 ± 12.8	14.5 ± 2.0 ^{ab}	0.23 ^a
	10.0	59.0 ± 7.1	12.0 ± 1.5 ^b	0.20 ^b
	Alginic acid	1.0	60.8 ± 13.4 ^{NS}	11.4 ± 1.5 ^{NS}
3.6		59.0 ± 14.5	10.7 ± 2.7	0.18 ^a
6.0		84.0 ± 13.0	11.5 ± 2.6	0.13 ^b
10.0		62.2 ± 15.3	11.7 ± 2.3	0.19 ^a

1) Mean ± S.D. for six rats per groups.

2) Values in a column with different superscripts are significantly different $p < 0.05$ level according to Duncan's multiple range test.

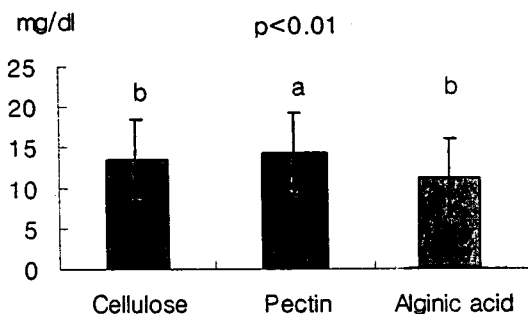
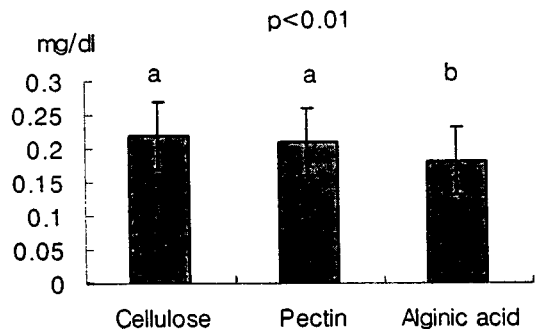
3) NS : not significant.

기 때문으로 생각된다.

HDL-콜레스테롤 농도는 셀룰로오스군 12.5~15.0mg/dl, 알긴산군 10.7~11.7mg/dl로 함량에 따른 차이가 없었고, 펙틴군은 12.0~16.0mg/dl로 펙틴함량이 낮을수록 HDL-콜레스테롤이 많았다. 섬유소 종류별 평균 HDL-콜레스테롤 농도는 Fig. 4와

같이 펙틴군이 높았다. HDL-콜레스테롤은 항 동맥경화성 물질의 지표이기 때문에 펙틴이 이와 관련된 질병유발을 저해할 것으로 생각된다.

HDL-콜레스테롤/총 콜레스테롤 비는 셀룰로오스는 함량이 많을수록 낮은 비율을 보였고 펙틴과 알긴산은 함량에 따른 차이는 보였으나 일관성 있

**Fig. 4.** Concentration of serum HDL-cholesterol of rats fed dietary fibers.**Fig. 5.** Serum HDL-cholesterol/total cholesterol ratio of rat fed dietary fibers.

는 결과는 보이지 않았다. 섬유질 종류별 평균 HDL-콜레스테롤/총 콜레스테롤 비는 Fig. 5와 같이 셀룰로오스와 펙틴이 유의적으로 높아 이 비율을 높이는 데 셀룰로오스와 펙틴이 유용하다고 생각된다.

이상을 종합하여 보면, 본 실험에서 알고자 한 불용성 섬유질 셀룰로오스와 수용성 섬유질 펙틴, 알긴산의 흰쥐 혈청지질에 대한 영향은 중성지질을 낮추는데는 알긴산이, HDL-콜레스테롤 개선에는 펙틴이 유용하며, HDL-콜레스테롤/총 콜레스테롤 비에는 셀룰로오스와 펙틴이 바람직한 효과가 있다고 판단된다. 그러나 이들 세 식이섬유질의 혈청지질 개선에 적절한 함량을 알아 보고자 한 시도는 각 식이섬유질 함량에 따른 실험결과에 일관성 있는 경향을 보이지 않아, 식이섬유질 함량은 흰쥐의 혈청지질에는 큰 영향을 주지 않는 것인지 식이섬유질의 함량외에 다른 요인이 있는지 밝혀내지 못하였다.

IV. 결 론

식이중 섬유질의 종류와 함량이 흰쥐의 혈액 지질 농도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 불용성 섬유질로 α -cellulose, 수용성 섬유질로 펙틴과 알긴산을 택하여 1.0%, 3.6%, 6.0%, 10.0%가 함유된 사료를 제조하여 SD종 흰쥐에게 4주간 섭취시킨 후 사료섭취량, 체중, 사료이용효율, 혈청중성지질, 인지질, 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, HDL-콜레스테롤/총 콜레스테롤 비를 측정하여 다음의 결과를 얻었다.

사료섭취량은 15.7~31.0g/day으로 섬유질 함량별로 유의적 차이가 없었으며, 최종체중은 277.5~349.8g으로 펙틴군에서 함량이 높을수록 체중이 감소하였다. 사료이용효율은 0.17~0.31으로 3종의 섬유질 모두 함량이 높을수록 감소하였다.

혈청 중성지질 농도는 셀룰로오스군은 함량별 차이는 있었으나 일관성이 없었고, 펙틴군과 알긴산군은 유의적 차이가 없었다. 섬유질 종류별 혈청중성지질 농도는 알긴산군에서 유의적으로 낮았다. 혈청 인지질 농도는 섬유질 함량별, 종류별 차이가 없었다.

혈청 총 콜레스테롤 농도도 섬유질 함량별, 종류

별 차이가 없었다. 혈청 HDL-콜레스테롤은 펙틴의 양이 많을수록 낮았고, 섬유질 종류별로는 펙틴군이 셀룰로오스, 알긴산군보다 높았다. HDL-콜레스테롤/총 콜레스테롤 비는 셀룰로오스 함량이 많을수록 비율이 낮아졌다. 펙틴과 알긴산군에서는 함량별 차이는 있었으나 함량에 따른 일관성이 없었다.

이상과 같이 수용성 섬유질과 불용성 섬유질의 혈청 지질농도에 대한 영향을 알아보고 혈청 지질 개선을 위한 적절한 섬유질 함량을 알아보고자 본 연구를 시도하여 알긴산은 혈청 중성지질 농도를 낮추고, HDL-콜레스테롤을 높히는 데는 펙틴이, HDL-콜레스테롤/총 콜레스테롤 개선에는 셀룰로오스와 펙틴이 유용함을 알았다. 그러나 식이섬유질 함량이 낮은 수준에서 높은 수준에 따르는 일관성 있는 결과를 보이지 않아 앞으로 이에 대한 원인 규명과, 식이섬유질과 다른 영양소대사와의 관계, 식이섬유질의 생물학적 기능 등 구체적인 연구가 필요하다고 사료된다.

V. 참고문헌

1. 경제기획원, 한국통계연보, 1996.
2. 이선희, 심정수, 김지윤, 문형아: 아침식사의 규칙성이 중년 남녀의 식습관 및 영양상태에 미치는 영향, 한국영양학회지, 29(5): 533-546, 1996.
3. 보건복지부, '94 국민영양조사보고서, 1996.
4. 박명윤: 우리나라 식생활 변천과 건강대책, 한국영양학회지, 21(3): 146-153, 1988.
5. 송정자: 건강 및 기능성 식품, 한국식품과학회 국제심포지움 발표 논문집, 1995.
6. 장수정, 박양자: 식이섬유의 종류와 섭취수준이 고지방식을 섭취한 흰쥐의 체내지질 대사에 미치는 영향, 한국영양학회지, 28(2): 107-114, 1995.
7. 박미리, 조수열: 식이성 섬유소가 콜레스테롤 흰쥐의 혈청 및 간장지질에 미치는 영향, 한국영양학회지, 14(3): 223, 1985.
8. 이정숙, 한인규: 식이중에 첨가된 섬유질의 종류

- 와 수준이 흰쥐의 체내 지질함량에 미치는 영향, 한국영양학회지 21(3): 164-172, 1988.
9. 이숙경: 구약 고구마(Glucomannan)의 섬유질이 간 및 혈청지질에 미치는 영향, 식품위생학회지, 6(2): 73, 1991.
 10. 한정순, 한용봉: 고지방식이와 식이섬유가 흰쥐의 지질 대사에 미치는 영향, 한국영양학회지, 23(4): 541-547, 1994.
 11. 김미정, 이상선: 식이섬유질의 종류가 흰쥐의 혈청지질농도와 장기능에 미치는 영향, 한국영양학회지, 28(1): 23-32, 1995.
 12. Cara, I., Duborel, P., Armand, M., Senft, M., Portugal, H., Pauli, A.M., Bernard, P. M. and Lairon, D.: Effect of oat bran, rice bran, wheat fiber and wheat germ on post-prandial lipidemia in healthy adults, Am. J. Clin. Nutr., 55: 81-88, 1992.
 13. Anderson, J. W and Garrity, T. F.: Prospective, randomized, controlled comparison of the effects of low-fat and low-fat plus high-fiber diets on serum lipid concentrations. Am. J. Clin. Nutr., 55: 689-694, 1992.
 14. 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, N. Eng. J. Med., 322(3): 147, 1990.
 15. Jenkins, D. J. A., Reynolds, D., Leeds, A. R., Waller, A. L. and Cumming, J. H.: Hypocholesterolemic action of dietary fiber unrelated to fecal bulking effect, Am. J. Clin. Nutr. 32:2430, 1979.
 16. 이용천: 미역 분말 주스의 제조기술과 해조류의 영양성분, 식품공업: 73, 40, 1983.
 17. 장동석, 조학래, 이현숙, 박미연, 임성미: 알긴산 가수 분해를 이용한 어육 연제품용 천연 보존료의 개발, 한국식품과학회지, 30(4): 823-826, 1988.
 18. National Research Council(NRC), Washington D. C., 687, 1979.
 19. Reeves, P. G.: AIN-76 diet, Should we change the formulation? J. Nutr., 119-1081, 1983.
 20. 최면, 태원찬, 김종대: 식이섬유의 종류가 자연적 고혈압 유발백서의 혈압 변화 및 Na 흡수에 미치는 영향, 한국영양학회지, 24(1): 40-47, 1991.
 21. 임상선, 정해욱, 정복미: 고들빼기의 급여가 고지혈증 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향, 한국영양학회지, 30(8): 889-894, 1997.
 22. 최면, 김종대, 주진순: 폴리텍스트로스 와 가수분해된 구아검이 지방량을 달리한 식이를 섭취한 정상백서의 지질대사에 미치는 영향, 한국영양학회지, 25(3):211-220, 1992.
 23. 野村誠, 中島泰子: 수용성 식이섬유의 장기급여에 있어서 지질과 당대사에 미치는 영향, 일본영양·식량학회지, 45(1): 21-25, 1992.
 24. 최용순, 서정호, 김천호, 김영미, 함승시, 이상영: 흰쥐에 있어서의 매밀채소의 투여가 지질대사에 미치는 효과, 한국영양식량학회지, 23(2): 212-218, 1994.
 25. 이승교, 박양자: 들깨박의 첨가가 흰쥐의 지질대사에 미치는 영향, 한국영양식량학회지, 20(1): 72-77, 1991.
 26. Nordoy, A., Hatcher, L. F., Ullmann, D. L. and Connor, W. E.: Individual effects of dietary saturated fatty acid and fish oil on plasma lipids and lipoprotein in normal men, Am. J. Clin. Nutr., 57: 634-9, 1993.