

## 해조류 섭취가 성인 남자의 Na, Ca, K 흡수와 지질대사에 미치는 영향

손흥수 · 김현숙 · 주진순<sup>†</sup>

한림대학교 한국영양연구소

### Effect of Seaweed Intake on the Absorption of Sodium, Calcium, Potassium and Hypolipidemic Mechanism in Healthy Male Subjects

Heung-Soo Son, Hyun-Sook Kim and Jin-Soon Ju<sup>†</sup>

Korea Nutrition Institute, Hallym University, Chunchon 200-702, Korea

#### Abstract

This study was conducted to determine the effect of seaweed ingestion on Na, Ca and K balances in healthy male subjects and to elucidate possible hypolipidemic mechanisms. Six subjects were given a nutritionally controlled diet based on their usual intake for 5-days followed by 5 days in which seaweed was added to the basal diet. Based on the results of the study, the relation between the levels of intake and excretions in stool, urine and serum concentrations was analyzed. In this study, the ingested sodium and potassium were mostly excreted in urine. The highest the rate of urinary excretion to intake for K at 64%, followed by 56% for Na. Conversely, Ca was excreted in stool at higher rates. Analysis of the relation between the intake and excretion in stool revealed that Na and K showed a positive relation with statistical significance. There was no statistically significant relation between the intake and serum concentration of any these minerals. The levels of serum cholesterol and triglyceride were remarkably reduced ( $p < 0.05$ ) by seaweed intake. Thus, the results suggest a beneficial effect of seaweed on Na, Ca, K metabolic control and hypolipidemic mechanism of the healthy male subjects.

**Key words :** seaweed, mineral, intake, excretion

#### 서 론

최근 우리나라의 식생활이 개선되고 서구화됨에 따라 비만증을 포함한 당뇨병, 고혈압, 동맥경화증 및 악성종양 등 각종 만성 퇴행성 질환(성인병) 환자가 증가 되는 추세에 있고 사망원인도 선진국과 마찬가지로 심혈관 질환, 악성종양 및 각종 사고사가 3대 사인이 되었다<sup>1)</sup>. 그런데 식품중의 난소화성 성분인 식이 섬유질이 일반 영양소와는 다르게 작용하여 우리들의 건강에

큰 영향을 미치고 신체의 항상성 유지작용과 치료적 역할을 갖는 등 생리효과가 인정되어 학문 분야 뿐만 아니라 이미 식품의 제조 가공에 이용되고 있어서 이들에 대한 인식이 새로와 지고 있다<sup>2-8)</sup>. 식이 섬유질은 일반적으로 식물체에서 유래하며 체내 효소에 의해서 가수분해 되지 않는 식물성 다당류와 lignin으로 정의 되어<sup>9)</sup> 지금까지도 사용되고 있으며, 식이 섬유질은 수용성인 guar gum, xanthan gum, pectin과 불용성인 cellulose, hemicellulose, lignin으로 분류되며, 식이 섬유질의 구조 및 물리적 성질에 따라 동물의 소화기관 내에서의 생리 효과도 다르게 나타난다. Southgate<sup>10)</sup>는 수용성 식이 섬유질이 불용성 식이 섬유질에 비해

<sup>†</sup>To whom all correspondence should be addressed  
본 연구는 1990년도 한림대학교 교비 연구비 지원에 의한 결과임

gelling effect와 water binding capacity 및 viscosity가 더 크다고 하였으며, 한편 불용성 식이 섬유질은 담즙산과의 결합력이 강하기 때문에 간장 순환하는 담즙산의 재흡수를 저해하여 대변중으로의 배설량을 증가시킨다고 한다<sup>11,12)</sup>. 이와같은 구조상의 특성 차이로 인해 식이 섬유질이 지방 및 단백질, 무기질 등 각종 영양소들의 체내 소화흡수율과 밀접한 관계가 있다는 사실이 많은 연구에서 밝혀지고 있다. 즉, 고섬유질 식이 공급시 단백질, 무기질의 소화율이 낮아진다고 하며 이는 장내의 pH, 미생물, 섬유질의 양 및 저해인자의 존재여부에 따라 각기 다른 영향을 받는다고 하였고<sup>13,14)</sup>, 식이 섬유질이 카르복실의 흡수 및 조직내 농도를 감소시켰다는 보고들<sup>15-17)</sup>이 있으며, 고섬유질 식이 섭취시 대변으로의 질소 및 지방 손실이 증가되어 열량 효율이 2~4% 정도 감소되었다는 보고<sup>18)</sup>와 cellulose 공급시 대변을 통한 Ca, Fe, Zn, Mg 등의 무기질 배설이 증가되어 negative mineral balance를 유발시켰다는 보고들<sup>19-22)</sup>이 발표된 바 있다. 또한 최<sup>23)</sup> 등은 pectin이나 algin산을 주성분으로 하는 식이 섬유질을 자연적 고혈압 유발백서(SHR)에 투여하여 Na balance를 조사한 결과 식이 섬유질군에서 negative value를 나타내었다고 한다.

본 연구에서는 식물 섬유 성분중 구성단위에 유리 COOH기를 함유하는 algin산이 주성분인 해조류를 선택하여 건강한 성인 남자를 대상으로 미역, 다시마, 파래, 김 등의 해조류를 식이에 첨가시켜 체내에서 Na, Ca, K 등의 무기질 이온의 배설과 흡수 정도와 혈청 지질 강하효과를 비교, 검토 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험대상자

실험대상자로는 대학교에 근무중인 28~35세 사이의 성인 중 임상진찰과 혈액, 간기능 검사 및 흉부의 X-선 검사 등으로 특기할 이상이 없이 건강한 성인남자 6명을 선정하여 연구대상으로 하였다. 이들은 실험기간 중에 본 연구소 내에서 활동은 자유롭게 하였으나 심한 운동이나 과음, 약물투여를 금한 정상적인 생활을 유지 시켰으며, 실험식이 세 끼니는 반드시 함께 모여 섭취하게 하였고 식사는 주어진 양을 남기지 않도록 하였다. 실험대상자들의 일반적 특성은 Table 1과 2에서 보는 바와 같다.

### 실험계획

실험대상자 모두를 한 군으로 하여 기본식으로 5일간 섭취시킨 뒤 이를 control diet 기간으로 하였으며, 다시 해조류가 첨가된 식이를 5일간 공급한 뒤 이를 seaweed diet 기간이라 하였다. 이때 혈액은 각 식이 투

Table 1. General characteristics of subjects

Subject	Age	Sex	Height (cm)	Weight (kg)	Body mass index
1	29	M	172.0	72.1	24.37
2	28	M	174.2	70.0	23.07
3	32	M	168.0	60.5	21.44
4	35	M	169.3	65.2	22.75
5	28	M	172.5	59.5	20.00
6	28	M	174.0	60.4	19.95
Mean±SD	30.0		171.7±2.30	64.6±4.9	21.9±1.8

Table 2. Initial hematological observation of subjects

Subject No.		1	2	3	4	5	6	Mean±SD
Hemoglobin	(g/dl)	15.2	15.8	15.3	15.4	16.4	14.8	15.5±0.5
Hematocrit	(%)	45.0	46.0	46.0	47.0	44.0	47.0	45.8±1.1
WBC	(mm <sup>3</sup> )	6750	6900	7400	5800	6100	6400	6558.3±527.9
Serum								
total protein	(g/dl)	7.9	7.9	7.6	8.3	8.2	9.2	8.2±0.5
Albumin	(g/dl)	4.3	4.1	4.0	4.4	4.8	5.3	4.5±0.4
Globulin	(g/dl)	3.6	3.8	3.6	3.9	3.4	3.9	3.7±0.2
Total cholesterol	(g/dl)	156	240	167	161	176	226	187.7±32.9
Bilirubin Total	(mg/dl)	0.8	0.9	1.4	0.9	1.5	1.1	1.1±0.3
Direct	(mg/dl)	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1±0.0
Alkaline phosphatase	units	64	58	69	56	84	60	65.2±9.4
SGOT	units	15	16	13	13	15	14	14.3±1.1
SGPT	units	23	15	21	19	25	19	20.3±3.2
Thymol turbidity	units	2.4	3.1	2.4	2.7	1.3	4.3	2.7±0.9

Date	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Diet	Control diet period						Seaweed diet period						
Urine sample													
Feces sample													
Serum sample													

Fig. 1. Experimental design.

여 직전과 실험이 끝나는 날 공복상태에서 채취하였으며, 소변과 대변은 각 식이를 공급한 이튿날 9시부터 다음날 9시를 하루로 하여 각 식이가 끝나는 날까지 매일 수집하여 필요한 분석에 사용하였다 (Fig. 1).

실험식이

실험식은 식이섬유질에 따른 Na, Ca, K 등 무기질의 소화, 흡수 대사와의 관계를 알아보기 위하여 sodium(Na)량을 일정하게 하고 가능한 한 섬유질이 없는 식품을 선택해서 기본 식단을 작성하여 이를 대조군으로 하였고, seaweed diet 기간에는 식이 섬유질원인 미역, 다시마, 파래, 김 등을 선택하여 5일간 실험대상자들에게 섭취하게 하였다(Table 3). 본 실험에서 식이 섬유질 급원으로 정제된 algin산을 사용하지 않고 일상 생활에서 섭취하는 식품중에 존재하는 algin산 성분을 그대로 사용한 이유는 첫째, 정제 시판되는 algin산은 사용목적에 따라 식이 섬유질의 구성단위에 붙어 있는 carboxyl기가 여러 형태로 modify 되어 있고 두번째로는 우리가 상용하는 식품을 직접 사용함으로써 실용적인 가치를 조사함에 있다. 이때 Table 4에서와 같이

Table 4. Dietary composition\*

	Kcal	Protein (g)	Crude fiber (g)	Fat (g)
Control diet	2238 (2153~2335)	95 (89~102)	6 (5~7)	86 (77~93)
Seaweed diet	2265 (2200~2357)	93 (89~99)	11 (8~13)	83 (79~89)

\*Mean (and range for different individuals)

seaweed diet의 총 열량은 2,265 kcal로서 그 중 단백질이 16.4%로 구성 되었으며, 특히 무기질의 체내 이용에 큰 영향을 미칠수 있는 지방 조성과 단백질의 섭취량은 실험군에 따른 유의차가 없어 식이로 인한 대사변화는 없을 것으로 사료된다.

시료의 수집

Fig. 1에서와 같이 혈액은 실험 시작전과 실험식이 투여가 끝난 후 저녁 9시부터 금식하여 다음날 오전 9시에 주정맥에서 채혈하여 실온에서 방치한 후 3,000 rpm에서 20분간 원심분리하여 혈청을 얻었다. 또한 각 실험 기간중 diet 개시후 이튿날부터 각 식이가 끝나는 날까지 매일 24시간 소변과 대변을 수집 하였으며 소변은 여과하여 분석전 까지 냉동보관 하였고 대변은 분석시까지 -70°C에서 냉동보관 하였다.

분석방법

Na, Ca, K의 분석

해조류 섭취에 의한 Na, Ca, K 배설량을 측정하기 위하여 각 식이기간 동안 실험대상자들에게 공급한 각각의 식이와 배설된 대, 소변중의 Na, Ca, K 함량을 다음

Table 3. Sample menu for one day of each experimental period

	Breakfast	Lunch	Dinner
Control diet	350g 밥	350g 밥	350g 밥
	350g 배추국	350g 꼬치오뎅국	330g 콩나물국
	80g 고등어 구이	100g 갈치구이	100g 돈육불고기
	50g 시금치나물	50g 우엉조림	90g 야채볶음
	50g 목무침	70g 오이상추무침	20g 마늘쫀장아찌
	80g 깍두기	50g 김치	80g 무우생채
Seaweed diet	350g 밥	350g 밥	350g 밥
	380g 쇠고기미역국	350g 미역국	380g 닭미역국
	100g 미역줄기볶음	50g 다시마튀각	100g 미역쌈
	90g 야채볶음	100g 생선구이	35g 꼬막숙회
	7g 김	100g 파래무침	7g 김
	50g 김치	50g 김치	60g 버섯볶음

과 같이 분석하였다.

각 식이와 대변은 약 1g 정도를 정확히 칭량하여 550°C에서 6시간 동안 회화 시킨 다음 20°C sand bath 상에서 5ml의 5N-HNO<sub>3</sub>을 가하여 10분간 가온한 다음 25ml의 volumetric flask 상에서 증류수로 세척하면서 여과(Whatman filter paper No. 41) 하였다. 이것을 각 회석용액으로 적절히 희석하여 Atomic absorption spectrophotometer (Varian사, Model Spectra AA 40)를 이용하여 측정하였으며, 혈액과 여과시킨 소변은 잘 혼든다음 회석용액으로 적절히 희석하여 측정하였다.

모든 분석치는 반복 측정하여 평균값을 사용하였으며 이 분석치로부터 각 무기질의 섭취량 및 배설량을 계산 하였다.

#### 혈청의 생화학적 분석

혈청내의 총 cholesterol, triglyceride, 그리고 free fatty acid는 효소법에 의한 Wako사 kit를 사용하여 각각 분석하였다.

#### 통계처리

실험 결과는 SAS를 이용하여 ANOVA 처리후 t-검정하여 각 식이에 따른 평균수치간에 유의적인 관계를 살펴 보았다.

## 결과 및 고찰

#### 대상자들의 무기질 섭취 실태

Table 6에서 보는 바와 같이 해조류가 첨가된 식이를 공급한 기간 동안 대상자들의 식사를 통한 Na, Ca, K의 섭취량은 실험기간에 따른 차이를 보이지 않았으며 모두 실험식이에 잘 적응 하였다.

#### 총 배설량

실험기간 동안 측정된 24시간 소변량은 식이에 따른 유의적 차이를 나타내지 않았으며, 대변의 양은 해조류 첨가 식이 기간 동안에 약간 증가하는 경향을 보였다(Table 5). 이는 식이 섬유질이 보수성이 커서 물분자

**Table 5. Fecal and urinary excretion of the subjects**

(Mean ± SD)		
Period	Urine volume(L)	Feces weight(g)
Control diet	1.23±0.3	153.0±42.4
Seaweed diet	1.23±0.3	183.1±30.8

가 식이 섬유질의 표면에 흡착 되거나 식이섬유질의 틈새에 침입하여 식이 섬유질의 용적을 증가 시키며 그 결과로 대변 용적이 증가되고 대변이 연해 진다는 이전의 보고와 일치한다<sup>11,12</sup>.

#### 대변과 소변중 무기질 배설 함량

실험대상자들의 각 식이별 무기질 배설량은 Table 6에서 보는 바와 같다. Na와 K의 섭취량은 아주 적은 비율만이 대변중에 배설되었고 대부분 소변중으로 배설 되는 것을 알수 있었다. 섭취량에 대한 소변중 배설률은 K이 64%로 가장 높았고 Na이 56%이었다. 반대로 Ca은 섭취량에 대한 대변중 배설률이 높았고, 소변중 배설률은 12% 정도로 매우 낮았다.

각 식이별 Na 섭취량이 통계적 유의성이 없는데도 불구하고 소변 중의 평균 Na 배설량은 대조기간에 높은 수치를 보였으며(4995.8±1050.1 mg/day vs 4214.2±1225.0 mg/day) 실험식이를 공급한 기간에는 오히려 감소 하였다. 반면에 해조류를 섭취한 후 대변중의 Na 배설량은 대조기간에 비해 유의적으로 증가 (p<0.01)하였다. 결과적으로 본 실험에서 Na 배설량은 비록 positive value를 보이기는 했지만 Tsuji 등<sup>24)</sup>의 연구보고를 뒷받침 해주었다. 이들에 따르면 식이 섬유질은 체내 필수영양소의 흡수를 방해 하는데 이러한 기전은 식이 섬유질이 소화관을 이동하는 과정에서 산이나 알칼리에 의하여 활성화 되어 일종의 이온 교환의 지지체가 되고 이 활성기가 무기이온과 불가역적으로 결합하는데 기인하기 때문에 Na의 흡수가 방해 되어 대변중의 배설이 촉진되는 것으로 보고 하였다.

해조류 섭취량과 대변 중 Ca 배설량과의 관계를 검토해 보면, 대변중의 배설 비율이 큰 Ca에서는 유의한

**Table 6. Effects of seaweeds on mineral excretion in urine and feces of subjects**

			(mg/day, Mean±SD)	
Mineral		Control diet	Seaweed diet	
Na	intake	7488.2 ± 153.1	7549.2 ± 199.6	
	urine	4995.8 ± 1050.1	4214.2 ± 1255.0	
	feces	125.4 ± 58.8*	259.4 ± 67.0*	
Ca	intake	1118.8 ± 9.9	1037.5 ± 33.4	
	urine	127.8 ± 38.0	121.1 ± 38.6	
	feces	312.0 ± 130.3	251.1 ± 38.1	
K	intake	1900.7 ± 55.0	1956.0 ± 77.5	
	urine	1447.4 ± 357.1*	1257.5 ± 453.1	
	feces	286.2 ± 117.6	497.2 ± 111.2*	

\*p<0.01

상관 관계는 인정되지 않았다. 이것은 대변중 배설량에는 체내에서 미흡수된 것만이 아니고 내인성의 배설 즉, 담관을 비롯한 소화관 등으로 부터의 배설도 포함되어 있다<sup>25)</sup>는 것도 한가지 원인으로 추측된다. 또한 Ca은 섭취량이 증감해도 소변중 배설량은 그다지 변하지 않고 항상 일정량이 배설됨을 알 수 있었다. 이는 Piet 등<sup>26)</sup>이 언급한 바와 같이 본 연구 결과에서도 식이 섬유질이 Ca의 소화, 흡수대사에 거의 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다.

소변중 K 배설률이 Na, Ca에 비해 가장 높았고 아주 적은 비율만이 대변중에 배설 되었지만, 대변중으로의 내인성의 배설이 없다고 보고<sup>28)</sup>되어 있는 K는 본 연구에서도 해조류 섭취량과 대변중 배설량간에 유의한 관계( $p < 0.01$ )가 인정 되었다. 이러한 결과로부터 K의 대변중 배설량은 해조류 섭취량을 어느정도 반영하고 있음을 알 수 있었다. 그러나 K의 소변중 배설량은 식이 섬유질 섭취량을 어느정도 반영하고 있다고 하는 연구<sup>29)</sup>도 있지만, 본 연구에서는 유의한 상관은 인정되지 않았다. 따라서 본 연구에서 실험대상자들을 통해 볼 수 있었던 결과는 동물실험에 대한 연구보고와는 다른 경향을 나타내고 있으므로 이러한 차이가 해조류에 함유된 식이 섬유질 이외의 어떤 성분에 의한 것인지 앞으로 계속적인 연구를 통하여 밝혀질 수 있으리라 사료 된다.

한편, 혈청 무기질 농도의 평균치는 Table 7에 나타내었다. 본 연구에서는 해조류 섭취와 혈청 무기질의 농도와의 관계에 대해서는 어느 무기질에서도 유의성 있는 관계가 없었다. 또한 피검자의 혈청 무기질 농도는 전부 정상치 범위에 있었다. 따라서 각 무기질의 혈청 농도는 어느 한 시점의 섭취 실태와 관련하는 것이 아니고 오랜 기간에 걸친 섭취 상태가 체내 총량에 영향을 미치고, 그 체내의 총량을 하나의 지표로써 혈청 농도를 택한다고 하는 것은 문제가 되기 때문에 금후의 검토가 필요하다고 생각 되어 진다.

**Table 7. Effect of seaweeds on serum mineral concentration in subjects**

	(mg/dl, Mean ± SD)	
	Control diet	Seaweed diet
Sodium	288.3 ± 14.1	315.3 ± 60.3
Calcium	8.4 ± 0.7	8.7 ± 0.9
Potassium	14.2 ± 1.1	14.3 ± 1.7

**Table 8. Concentration of total cholesterol, triglyceride and free fatty acid in serum**

	(mg/dl, Mean ± SD)		
Period	Total cholesterol	Triglyceride	Free fatty acid
Control diet	187.4 ± 24.7**	85.4 ± 34.2**	0.50 ± 0.25
Seaweed diet	155.7 ± 28.5**	59.8 ± 6.6**	0.49 ± 0.17

\*\* $p < 0.05$

**혈청 지질 함량**

전 실험기간 동안 대상자들의 혈청내 지질 수준은 Table 8과 같다. 본 연구에서 선택한 해조류의 주성분인 algin산(주로 Na염)은 여러가지 생리활성을 나타내는 것으로 알려져 있는데<sup>30)</sup> 본 연구에서도 혈청 총 cholesterol 과 triglyceride 함량이 해조류 첨가 식이기간 동안 대조군에 비해 유의적( $p < 0.05$ )으로 감소하는 경향을 보였다. 그러나 free fatty acid의 경우에는 함량의 변화가 없었다. 이러한 결과는 이전에 보고된<sup>31,32)</sup> 것과 일치하며, 식이 섬유질이 intestinal 과 extraintestinal site의 작용을 포함하는 mechanism에 의해 triglyceride와 cholesterol의 변동, plasma lipoprotein 양상의 변화를 초래하기 때문인 것으로 해석된다.

**요 약**

본 연구는 해조류가 정상인의 Na, Ca, K 흡수대사와 지질대사에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 시행되었다. 실험대상자들은 영양적으로 조절된 일상식으로 5일간 적응시킨 후 미역, 다시마, 파래, 김 등 해조류가 첨가된 식이를 5일간 섭취하였다. 이때 전 실험기간 동안 섭취된 Na, Ca, K 함량과 소, 대변 그리고 혈청중 Na, Ca, K 배설량을 측정하였고 또한 혈청중 total cholesterol, triglyceride, free fatty acid 함량을 분석함으로써 해조류와 Na, Ca, K 배설량과 지질대사와의 유의성을 규명하였다. 결과는 다음과 같다. 1) 실험기간 동안 섭취된 Na와 K는 각각 56%, 64%의 비율로 소변으로 배설되었지만, 반대로 Ca는 주로 대변으로 많이 배설되었다. 2) 식이로 섭취된 양과 대변중으로 배설된 양과의 비교에서 Na와 K는 유의적인 차이를 나타내었다. 3) 반면에 식이로 섭취된 Na, Ca, K는 혈청 농도에 아무런 영향을 미치지 않았다. 4) 혈청 total cholesterol, triglyceride 농도는 유의적( $p < 0.05$ ) 수준에서 현저히 감소함으로써 해조류가 정상인의 지질대사에 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다. 결과적으로 본 연구에서

선택한 미역, 다시마, 파래, 김 등의 해조류는 체내 무기질 이온의 대변으로의 배설을 촉진하여 정상인의 Na, Ca 및 K 대사조절에 영향을 미치며 혈청 지질 강화 효과가 있음을 알 수 있었다.

## 감사의 글

본 연구는 한림대학교 교비 연구비 지원에 의해 이루어 졌으며 이에 감사를 드립니다.

## 문헌

- 경제기획원 조사 통계국 : 1985년도 한국인 사망 원인 통계, 한국 통계 연보(1986)
- Burkitt, D. P. : Epiderminology of cancer of the colon and rectum. *Cancer*, **28**, 3(1971)
- Jenkins, D. J., Wolever, T. M. S., Bacon, S., Nineham, R., Lees, R., Love, M. and Hochaday, T. D. R. : Diabetic diets high carbohydrate combined with high fiber. *Am. J. Clin. Nutr.*, **33**, 1729(1980)
- Trowell, H. C. : Dietary fiber hypothesis of the etiology of diabetes mellitus. *Diabetes*, **24**, 762(1975)
- Jenkins, D. J. A., Reyonold, D., Slavin, B., Leads, A. R., Jenkins, A. L. and Jepson, E. M. : Dietary fiber and blood lipids ; Treatment of hypercholesterolemia with guar crispbread. *Am. J. Clin. Nutr.*, **33**, 575(1980)
- Story, J. A. and Kritchevsky, D. : Dietary fiber and lipid metabolism. In "Fiber in human nutrition", Spiller, G. A. and Amen, R. J. (eds.), Plenum press, New York, p.171(1976)
- Kritchevsky, D., Tepper, S. A., Goodman, C. T., Weber, M. M. and Klurfeld, D. M. : Influence of oat bran on cholesterolemia in rats. *Nutr. Reps. Int.*, **29**, 1353(1981)
- Anderson, J. W., Atory, L., Sieling, B., Lin chen, W. J., Petro, M. S. and Story, J. : Hypocholesterolemic effects of oat bran intake for hypercholesterolemic men. *Am. J. Clin. Nutr.*, **40**, 1146(1984)
- Trowell, H. C., Southgate, D. A. T., Wolever, T. M. S., Leeds, A. R., Gassull, M. A. and Jenkins, D. J. A. : Dietary fiber redefined (letter). *Lancet*, **1**, 967(1976)
- Southgate, D. A. T. : The relationship between composition and properties of dietary fiber-basic and clinical aspects. Plenum press, New York, p.35(1986)
- Margareta, N., Thoman, F. S., Susanne, T., Silvia, R. and Nils-Georg, A. S. P. : Fermentation of vegetable fiber in the intestinal tract of rats and effects on fecal bulking and bile acid excretion. *J. Nutr.*, **120**, 459(1990)
- George, V. V., Reza, K., Subramanian, S., Don, W. W., Jon, A. S., Marie, M. C. and David, K. : Dietary fiber supplementation and fecal bile acids, neutral steroids and divalent cations in rats. *J. Nutr.*, **117**, 2009(1987)
- Kelsay, J. L. : Update on fiber and mineral availability. In "Dietary fiber-basic and clinical aspects", Plenum press, New York, p.361(1986)
- Thomson, S. A. and Weber, C. W. : Influence of pH on the binding of copper, zinc and iron in six fiber sources. *J. Food Sci.*, **47**, 752(1979)
- Omori, M. and Muto, Y. : Effects of dietary protein, Ca, P, fiber on renal accumulation of exogeneous Cd in young rats. *J. Nutr. Sci. Vitamino.*, **23**, 361(1978)
- Morio, K., Motohiro, M. and Sumiko, M. : Studies on poisonous metals, IX. Effects of dietary fibers on absorption of Cd in rats. *Chem. Pharm. Bull.*, **30**(12), 4494(1982)
- Moberg, A. and Hallmans, G. : The effect of wheat bran on the absorption and accumulation of cadmium in rats. *Br. J. Nutr.*, **58**, 383(1987)
- Leed, A. R. and Judo, P. A. : Dietary fiber and weight management. In "Dietary fiber-basic and clinical aspects". Plenum press, New York, p.335(1986)
- Sandberg, A. S. and Hasselbrad, C. : The effects of wheat bran on the absorption of minerals in the small intestine. *Br. J. Nutr.*, **48**, 185(1982)
- Kaur, A. P. : Effect of cellulose incorporation in a low fiber diet on fecal excretion and serum levels of Ca, P, Fe in adolescent girls. *Am. J. Clin. Nutr.*, **34**, 1083(1981)
- Schwartz, R. and Apgar, B. J. : Apparent absorption and retention of Ca, Cu, Mg, Zn from a diet containing bran. *Am. J. Clin. Nutr.*, **43**, 444(1986)
- Jiang, K. S. : Effect of dietary cellulose and xylan on absorption and tissue contents of Zn and Cu in rats. *J. Nutr.*, **116**, 999(1986)
- 최면, 태원찬, 김중대 : 식이 섬유류의 종류가 자연적 고혈압 유발 백서의 혈압 변화 및 나트륨 흡수에 미치는 영향. *한국영양학회지*, **24**, 40(1991)
- Tsuji, K., Tsuji, E., Nakagawa, Y. and Suzuki, S. : Effect of Na-binding capacity of dietary fibers on blood pressure in SHR. *Jpn. J. Home Econ.*, **39**, 187(1988)
- Aviol, L. V. : Intestinal absorption of calcium. *Arch. Intern. Med.*, **129**, 345(1972)
- Piet, J., Van der, A. A. R., George, C., Fashey, J. R., Steven, C., Ricke, R., Allen, S. E. and Larry, L. B. : Effects of dietary fibers on mineral status of chicks. *J. Nutr.*, **113**, 653(1983)
- Goodhart, E. S. and Shils, M. E. : *Modern nutrition in health and disease*, 6th ed., Lea and Febiger publisher, Philadelphia, p.355(1978)
- Mitsuru, T., Chigusa, D., Takeo, N., Takashi, Y., Manami, I., Momoko, Y., Masako, I., Hao, C. and Heizo, T. : Study on relationship between sodium, potassium, calcium, phosphorus, magnesium and zinc and their excretions in stool and urine or serum concentration. *Jpn. J. Nutr.*, **49**(1), 35(1991)
- 西澤一俊 : 海藻の生理活性物質(1), *食品と開発*, **24**(5), 54(1985)

30. Ikuo, I., Yoshiaki, T. and Michihiro, S. : Interrelated effects of dietary fiber and fat on lymphatic cholesterol and triglyceride absorption in rats. *J. Nutr.*, **119**, 1383(1989)
31. Barbro, H., Nils-Georg, A., Suad, E., Peter, N. and Bengt, S. : Dietary decreases fasting blood glucose levels and plasma LDL concentration in noninsulin-dependent diabetes mellitus patients. *Am. J. Clin. Nutr.*, **47**, 852 (1988)
32. Zara, D. A. and Tara, M. : Three-weeks psyllium-husk supplementation ; effect on plasma cholesterol concentrations, fecal steroid excretion and carbohydrate absorption in men. *Am. J. Clin. Nutr.*, **47**, 67(1988)  
(1992년 5월 18일 접수)