

식이내 섬유소와 Zn첨가 수준이 흰쥐의 체내 Zn대사에 미치는 영향

김 은 경 · 이 현 옥
중앙대학교 식생활학과

Effect of Dietary Cellulose on Zinc Metabolism in Rats fed Different Level of Zinc.

Eun Gyung Kim, Hyun Ok Lee

Dept. of Food & Nutrition, Chung Ang University

=ABSTRACT=

This study was carried out to investigate the effect of addition of cellulose in the diet on the metabolism in rat fed high and low level of zinc.

The experimental animals were consisted of 24 male weaning rats of Sprague-Dawley strain(mean weight 72.3g), and they were divided into 4 groups of 6 rats and fed experimental diets for four weeks.

Dietary zinc levels used were 10 ppm, and 300ppm and cellulose levels were 2.5% and 10% of diet by weight. Throughout the experimental period, feed consumption and body weight gain were measured and feed efficiency ratio was calculated. The weights of liver, kidney and spleen were measured, and the contents of zinc in feces, urine, liver, kidney, spleen and serum were determined.

The results obtained are summarized as following :

1. Body weight gain in high zinc-adequate cellulose group was significantly higher than the other groups. Feed consumptions were significantly higher in high zinc groups and no significant difference was found with dietary cellulose levels.
2. Fecal zinc excretions of four groups were not different at the first week, but at the end of fourth week, high zinc groups experience significantly more zinc excretion than low zinc groups, and also high cellulose groups had higher zinc contents in the feces than the adequate ones within the same zinc levels ($p < 0.05$). There was no significant difference in the urinary zinc excretions.
3. The weights of liver, kidney and spleen were heavier in the high zinc groups than the lower ones, and higher in the high cellulose groups ($p < 0.05$).

The liver zinc contents were significantly lower in the low zinc and high cellulose groups. However zinc contents in the kidney and serum were not influenced by dietary zinc level but by cellulose level. High cellulose diet lowered serum and kidney zinc concentrations ($p < 0.05$)

접수일자 : 1989년 11월11일

서 론

아연(Zn)은 신체에 필수적인 미량원소이며 metallo-enzyme의 구성요소로서, 효소의 cofactor로서 체내 여러 대사에 관여하고 동물의 정상적인 번식활동, 시각작용 등에 필요한 영양소로 알려져 있다.¹⁻⁴⁾

Zn는 식이내 phytate, 섬유질, ethanol, 중금속, 다른 양양소와의 비율 등의 요인에 의한 체내 흡수저해로 부족 될 수 있다.⁶⁻⁸⁾

Zn결핍 증세로는 acrodermatitis enteropathica, hypogonadal dwarfism, 성장지연, 식욕감퇴, keratogenesis, 눈의 맥락막 손상과 상처의 회복지연 등이 있다.^{5, 9-10)}

식이내 섬유소는 인체내 소화효소로는 소화되지 않으며, 고섬유소를 섭취하는 사람들의 경우 심장병 발생률이 낮다는 보고가 있다.¹¹⁾ 이는 섬유소가 담즙산과 결합하여 담즙산의 배설을 촉진시켜 혈중의 triglyceride와 cholesterol 농도를 저하시켜서 심장 및 순환기관의 질환을 예방하는데 기인하기 때문으로 생각되고 있다.¹²⁻¹³⁾

한편, 섬유소는 체내 필수 영양소의 흡수를 방해하는데,⁸⁾ 이러한 기전은 섬유소가 소화관을 이동하는 과정에서 산이나 알칼리에 의하여 활성화되어 일종의 이온 교환의 지지체가 되고 이 활성화가 무기이온과 불가역적으로 결합하는데 기인한다. 또한 섬유소의 기계적 작용에 의해 소화기관의 상피세포가 손상받아 무기질의 흡수를 저해한다.⁹⁾ 그리고 섬유소의 수분흡착 기능으로 인하여 희석된 무기질은 확산이 어렵게 되어 흡수에 지장을 주고, 섬유소 섭취로 인하여 장내 세균의 분포와 종류가 변동되어 이들 세균들이 무기질을 이용함으로써 생체의 무기질 이용률은 그만큼 저하되게 된다.⁹⁻¹⁰⁾

우리나라의 식식유형에서는 섬유소의 섭취가 많고 Zn함량이 많은 육류, 어류, 가공류등의¹⁴⁾ 동물성 식품의 섭취가 낮음으로 인하여 Zn섭취 부족을 가져올 수 있다는 점을 고려해 볼 때,⁵⁾ Zn과 섬유소와의 상호작용은 중요하다고 생각된다

그러므로 본 연구에서는 섬유소가 Zn의 체내 대사에 미치는 영향을 알아보기 위하여 흰쥐를 대상으로 체중증가량과 식이 섭취량을 측정하고 변과 뇨, 혈액과 간, 신장, 비장 등의 장기내 Zn 함량을 분석하였다.

실험재료

1. 실험동물의 사육

실험동물은 Sprague-Dawley종의 젓뎀 흰쥐 수컷 24마리를 stainless-steel metabolic cage에 각 1마리씩 넣어 표준사료로 7일간 적응시킨 후 평균체중이 72±3g인 쥐들을 체중에 따라 난괴법(Randomized Complete Block Design)에 의해 6마리씩 4군으로 나누어 4주간 사육하였다(Table 1).

Table 1. Experimental groups.

Group	No. of animals	Zn level (ppm)	cellulose (%)
LZn-ACel	6	10	2.5
LZn-HCel	6	10	10.0
HZn-ACel	6	300	2.5
HZn-HCel	6	300	10.0

LZn : Low Zinc
HZn : High Zinc
ACel : Adequate Cellulose
HCel : High Cellulose

2. 실험식이

실험식이의 단백질(casein : sigma chem, Co., U.S.A)수준은 식이중량당 15%로, 지방(co: n oil ; 두산)은 4%로 하고, 섬유소는 NDF(Neutral Detergent Fiber)로서 α-cellulose(99.5%, Sigma chem, Co., U.S.A)를 사용하여 2.5%, 10%수준으로 첨가하였다. 탄수화물은 섬유소를 포함하여 77.6%로 고정시켰다.

Zn첨가 수준은 American Institute of Nutrition의 수준을¹⁵⁾참조하여 이보다 낮은 수준과 높은 수준으로 하고, 급원으로는 Zinc chloride를 사용하였다. 그 외의 vitamin, mineral 등은 모든 식이에 동일하게 하였으며(Table 2)물은 이차증류수로 식이와 함께 ad libitum으로 섭취하도록 하였다.

Table 2. Composition of experimental diet.

Ingredient	Diet	(kg diet)	
		2.5 % cellulose diet	10 % cellulose diet
Casein	(g)	150	150
Corn starch	(g)	741	666
Corn oil	(g)	40	40
Salt mixture ¹	(g)	40	40
Vitamin A.D mix ²	(ml)	1	1
Vitamin E.K mix ³	(ml)	2	2
Water soluble vitamin except		+	+
Vitamin B ₁₂ ⁴			
Vitamin B ₁₂ ⁵	(ml)	1	1
Cellulose	(g)	25	100

- ①Salt mixture(g / kg salt mix) ; Calcium carbonate 300.0 ; Dipotassium phosphate 322.5 ; Magnesium sulfate · 7H₂O 102.0 ; Monocalcium phosphate · 2H₂O 75.0 ; Sodium chloride 167.5 ; Ferric citrate · 6H₂O 27.5 ; Potassium iodide 0.8 ; Zinc chloride (Low Zinc diet 0.52, High Zinc diet 15.60) ; Copper sulfate · 5H₂O 0.3 ; Manganous sulfate · H₂O 5.0.
- ②Vitamin A.D. mixture (mg / cc corn oil) vitamin A 0.1(850 I.U) ; vitamin D 0.01 (85 I.U)
- ③Vitamin E.K. mixture ; α- tocopherol acetate(vit.E) 5g ; Menadione(vit.K) 200ml ; corn oil 200cc

- ④Water soluble vitamin mixture(mg / kg diet) Choline chloride 2000 ; Thiamin hydrochloride 10 ; Riboflavin 20 ; Nicotinic acid 120 ; pyridoxin 10 ; Calcium pantothenate 100 ; Biotin 0.05 ; Folic acid 4 ; Inositol 500 ; Para-amino benzoic acid 100
- ⑤Vitamin B₁₂ solution : 5mg vitamin B₁₂ / 500ml distilled water

실험 방법

1. 체중증가량, 식이섭취량 및 식이효율

실험동물의 체중은 일주일에 3회씩 일정한 시간에 측정하였으며, 실험식은 매일 일정한 시간에 측정하여 식이효율(Feed Efficiency Ratio) 을 계산하였다.

2. 변과 뇨의 채취

각 실험동물의 변과 뇨를 실험 전기간 매일 채취하여 시료를 구하였다. 변은 -20℃냉동실에 보관하여 분석직전에 105±5℃를 유지하는 drying oven에서 완전건조시킨 후 분말로 하여 desiccator에서 보관하였다. 뇨는 이차증류수로 100ml가 되게 희석하고 원심분리한 후 상등액을 취하여 냉동보관하였다.

3. 혈액과 간, 신장, 비장의 채취

실험기간이 끝난 동물들을 ethyl ether로 마취시켜 cardiac puncture method로 혈액을 채취하여 2000 rpm에서 30분간 원심분리시켜서 혈청을 얻은 후 냉동보관하였다.

채혈 후 해부하여 간, 신장, 비장을 떼어내어 무게를 측정후, 냉동보관하였다가 Zn측정에 사용하였다.

4. Zn함량 측정

변중의 Zn함량은 분말로 된 변 2g을 건식 회화

법으로 전처리하여 100ml 탈이온수로 희석하여 Thompson-Blanch flow법에¹⁶⁾ 의하여 Atomic Absorption Spectrophotometer(A.A.S. :Jarrell-Ash,U.S.A.)로 213.9nm에서 측정하였다. 뇨중의 Zn함량은 뇨를 6배 희석시켜서 A.A.S.기로 213.9 nm에서 측정하였다.¹⁷⁾ 장기내 Zn함량은 변과 동일한 방법으로 측정하였고, 신장과 비장은 양이 부족한 관계로 각 실험군당 6마리의 장기를 pooled sample로 취하여 측정하였다.

혈청내 Zn함량은 이차 증류수로 10배 희석하여 A.A.S.로 213.9nm에서 측정하였다.¹⁷⁾

5. 통계처리

모든 실험결과로부터 각 실험군당 평균치와 표준편차를 계산하였고, 각 실험군 평균치간의 유의성 검정은 Tukey법¹⁸⁾으로 하였다.

실험결과 및 고찰

1. 체중증가량, 식이섭취량, 식이효율

체중증가량은 Table3과 같이 Zn수준이 높은 군이 낮은 군보다 높게 나타났으며 특히, 섬유소 수준이 적절한 군인 HZn-ACel군에서 체중증가량이 가장 높게 나타났다. 따라서 식이내 Zn수준이 낮고 섬유소 수준이 너무 높으면 체중 증가량이 낮음을 알 수 있다.

식이섭취량과 식이효율은 섬유소 수준에 관계

없이 Zn수준이 높은 경우 높게 나타났다(Table 3).

Kuo등의¹⁹⁾보고에 의하면 Zn수준이 10ppm으로 같고 cellulose수준이 3%, 6%, 12%인 식이를 취한 동물의 체중증가량, 식이섭취량 및, 식이효율은 cellulose의 수준에 따라 영향을 받아서 12%의 cellulose를 섭취한 실험동물의 체중증가량이 낮았다고 보고하였다. 또 실험동물에게 cellulose 혹은 xylan을 섭취시켰을 때에도 성장이 낮았다는 보고들이 있었다.²⁰⁻²⁴⁾

2. 변과 뇨의 Zn배설량

변과 뇨중의 Zn배설량은 Table 4와 같다. 변중의 Zn함량은 식이내 같은 Zn수준에서는 섬유소 수준이 높을 때 많았으며, 특히 식이내 Zn의 함량이 낮을 때에 섬유소의 수준이 높으면 Zn이 변으로 많이 배설되어 체내에 보유되는 Zn이 줄어들 수 있음을 알 수 있었다.

뇨의 Zn배설량은 Zn수준이나 섬유소수준에 따른 군간의 유의적인 차이가 나타나지 않았다(Table 4). 이는 섬유소의 섭취가 뇨중의 Zn배설에 영향을 주지 못하였다는 여러 연구 보고와도²⁴⁾ 일치한다

Fleming등은²⁴⁾사람을 대상으로 한 연구에서 섭취한 cellulose의 80%가 장관을 통하여 변으로 배설된다고 하였으며, 많은 양의 cellulose가 장관을 지나는 동안 cellulose polymer의 hydroxyl group이 Zn과 결합하거나 혹은, cellulose로 인하

Table 3. Body weight gain, feed intake, feed efficiency ratio during experimental period.

Group	Body weight gain (g/week)	Feed intake (g/week)	Feed efficiency ratio
LZn-ACel	11.17±0.27*c**	51.10±3.24 b	0.06±0.01 b
LZn-HCel	9.00±0.23 d	55.23±1.18 b	0.05±0.00 b
HZn-ACel	31.25±0.60 a	100.65±2.55 a	0.08±0.01 a
HZn-HCel	27.80±1.30 b	109.72±6.16 a	0.07±0.01 a

*Mean±SD

**Values within the same column with different alphabets are significantly different (P<0.05) by Tukey's test.

Table 4. Fecal and urinary Zn excretions during experimental period.

Group	($\mu\text{g/day}$)	
	Fecal Zn	Urinary Zn
LZn-ACel	7.22 \pm 0.08*c**	0.65 \pm 0.04 a
LZn-HCel	7.95 \pm 0.68 b	0.78 \pm 0.05 a
HZn-ACel	8.18 \pm 0.06 b	0.80 \pm 0.06 a
HZn-HCel	12.56 \pm 0.15 a	0.83 \pm 0.03 a

*Mean \pm SD

**Values within the same column with different alphabets are significantly different ($P<0.05$) by Tukey's test

여 transit time이 짧아짐에 따라 결과적으로 체내 Zn흡수에 지장을 주게 되어 변내의 Zn함량이 증가한다고 하였다.^{1,23)}

Dennis의 보고에²²⁾의하면 섬유소가 villi epithelial cell을 손상시켜 Cu, Mg, Zn등의 흡수가 낮아지며 따라서 이들 무기질의 배설량도 증가한다고 하였으며, Turnland등과²⁵⁾Swanson 등도²⁶⁾ Zn을 구강으로 섭취시켰을 때 섬유소 섭취로 인하여 소장의 상피세포가 손상되어 Zn흡수가 저해되었다고 보고하였다.

이와같이 섬유소의 섭취로 인하여 무기질의 흡수가 저해되어 무기질의 체내 이용률이 감소됨을 알 수 있었다.

3. 간, 신장, 비장의 무게와 간, 신장, 비장, 혈청의 Zn함량

간의 무게는 식이내 Zn수준이 높을 때가 낮을 때보다 유의적으로 높았으며 식이내 Zn수준이 낮을 때에는 섬유소 수준의 영향을 받아서 LZn-HCel군이 LZn-ACel군 보다 낮았다. 신장, 비장의 무게는 섬유소 수준에 관계없이 Zn수준이 높을 때에 높았다. 따라서 간, 신장, 비장의 무게는 식이내 섬유소의 수준에 의한 영향 보다는 Zn수준에 의해서 더 큰 영향을 받는 것을 알 수 있었다(Table 5).

간의 Zn함량은 식이내 Zn수준이 낮을 때에는 섬유소의 수준이 높을 때에 낮았으며 Zn수준이 높을 때에는 섬유소 수준에 의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 신장의 Zn함량은 Zn수준이 낮을 때에는 고섬유소군이 낮았으나 Zn수준이 높을 때에는 섬유소 수준에 의한 차이가 나타나지 않았다. 비장에서는 식이내 Zn과 섬유소 수준에 따른 차이가 없었다(Table 6).

혈청의 Zn함량은 식이내 같은 Zn수준에서 섬유소 수준에 따라 유의적인 차이가 나타났다. 즉, 고섬유소군이 섬유소 수준이 적절한 군보다 낮아서 혈청내 Zn수준에 대한 식이 섬유소 수준의 영향이 있음을 알 수 있었다. 이는 식이내 cellulose 수준이 1,2,3,4,6%일 경우에는 장기의 Zn함량에 영향을 주지 못하며 12% cellulose수준에서 간, 신장, 혈청내의 Zn함량이 낮다는 보고와^{19,22)}일치한다. 또한, Davis등의²⁰⁾ 연구에서도 18% 섬유소 식이에서 흰쥐의 혈청내 Zn농도는 낮다고 보고하였다.

Table 5. Weights of liver, kidney and spleen.

Organ	(g wet weight)		
	Liver	Kidney	Spleen
LZn-ACel	4.17 \pm 0.37*b**	0.78 \pm 0.06 b	0.45 \pm 0.03 b
LZn-HCel	2.72 \pm 0.20 c	0.86 \pm 0.03 b	0.43 \pm 0.03 b
HZn-ACel	7.15 \pm 0.53 a	1.58 \pm 0.09 a	0.63 \pm 0.05 a
HZn-HCel	6.38 \pm 0.10 a	1.50 \pm 0.08 a	0.64 \pm 0.05 a

*Mean \pm SD

**Values within the same column with different alphabets are significantly different ($P<0.05$) by Tukey's test

Table 6. Zinc contents of liver, kidney, spleen and serum

Organ & serum Group	(μg)			
	Liver	Kidney	Spleen	Serum
LZn-ACel	2.67±0.04*b**	1.82±0.02 a	1.72±0.07 a	3.48±0.05 a
LZn-HCel	1.77±0.23 c	0.42±0.00 b	1.63±0.02 a	2.53±0.00 c
HZn-ACel	3.13±0.24 a	1.98±0.05 a	1.74±0.00 a	3.74±0.18 a
HZn-HCel	2.69±0.04 a	1.82±0.00 a	1.72±0.00 a	2.86±0.03 b

*Mean±SD

**Values within the same column with different alphabets are significantly different (P<0.05) by Tukey's test.

Faramarz 등과²⁷⁾ Drews등은²⁸⁾ 사람을 대상으로 실험한 보고에서 식이내 cellulose 함량이 많을 수록 혈청내 Zn함량은 유의적으로 낮았다고 하였다.

Halsted 등과²⁹⁾ Haghshenass 등의²⁹⁾ 보고에 의하면 Iran 사람들의 식이(섬유질 함량이 11.4~15%)에 대한 실험결과 이 지역에서는 Cu, Fe, Zn 등 무기질의 섭취가 충분함에도 불구하고 체내 무기질 이용도가 낮았다고 하였으며 이는 장에서 소화되지 않는 섬유질의 영향에 의한다고 하였다.³⁰⁾

이상의 결과에서 Zn수준이 낮을 때에는 고섬유소군의 간, 신장, 혈청 내의 Zn함량이 낮았고, Zn수준이 높을 때에는 간, 신장 내의 Zn함량은 섬유소 수준에 의한 영향이 없고 혈청 내의 Zn함량은 고수준의 섬유소군이 낮음을 알 수 있었다.

결 론

본 연구는 식이에 첨가된 Zn과 섬유소의 수준에 따라서 흰쥐의 Zn대사에 미치는 영향을 알아보기 위하여 행하였으며 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 체중증가량은 식이내 Zn수준이 높은 군이 낮은 군보다 높게 나타났으며, 섬유소 수준이

적절한 군인 HZn-ACel 군에서 가장 높게 나타났다. 식이섭취량과 식이효율은 섬유소 수준에 관계없이 Zn수준이 높은 경우 높게 나타났다.

2. 변으로의 Zn배설량은 식이내 같은 Zn수준에서의 섬유소 수준이 높을 때 많았다. 뇨의 Zn함량은 Zn수준이나 섬유소 수준에 따른 군간의 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

3. 간의 무게는 식이내 Zn수준이 높을 때가 낮을 때보다 유의적으로 높았으며 식이 Zn수준이 낮을 때에는 섬유소의 수준에 영향을 받아서 고섬유소군이 섬유소 수준이 적절한 군보다 낮았다. 신장, 비장의 무게는 섬유소 수준에 관계없이 Zn수준이 높을 때에 높았다.

간의 Zn함량은 식이 Zn수준이 낮은 군이 높은 군에 비하여 유의적으로 낮았다. 신장의 Zn함량은 Zn수준이 낮을 때에는 고섬유소군이 낮았으나, Zn수준이 높을 때에는 섬유소 수준에 의한 차이가 나타나지 않았다. 비장에서는 Zn과 섬유소 수준에 따른 차이가 없었다. 혈청의 Zn함량은 식이 Zn수준에 의한 차이는 없었다. 섬유소 수준에 따른 영향을 받아 고섬유소군이 섬유소 수준이 적절할 때 보다 낮았다.

따라서 본 연구 결과에서 높은 수준의 섬유소 섭취는 체내 Zn흡수를 저해시켜서 변으로의 Zn배설을 증가시키고 혈청의 Zn함량에도 영향을 주어서 식이 Zn수준이 같을 경우에는 고섬유소군

의 Zn함량이 낮은 것을 알 수 있었다. 그러므로 성인병과 관련해서 많은 섬유소의 섭취를 권장하는 하지만 섬유소는 Zn과 같은 무기질의 체내 이용을 저하시키므로 이를 고려하여 섬유소의 섭취가 높을 때에는 Zn등의 무기질의 섭취를 높여 주어야 하겠다.

참 고 문 헌

- 1) Susan J. Fairweathere-Tait, A.J.A. Wright, Jacquicooko and J. Frankline, *Studies of Zinc metabolism in pregnant and lactating rats*, *Brit.J.Nutr*, 54, 401-413, 1985.
- 2) Mari S Golub et al *Studies of Marginal Zinc deprivation in rhesus monkeys.IV. Growth of infants in the first year*, *Am. J.Clin.Nutr*, 40 : 1192-1202, 1984.
- 3) James C Leek et al, *Studies of Marginal Zinc deprivation in rhesus monkey. V. Fetal and infant skeletal effects*, *Am.J.Clin.Nutr*, 40 : 1201-1212, 1984.
- 4) Susan J. et al, *Studies of Zinc metabolism in pregnant and lactating rats*, *Brit.J.Nutr*, 54 : 401-413, 1985.
- 5) Noel W. Solomons, M,D, Nutrition Update, Vol.1, 1983, Chap. 7, *Recent Progress in Zinc, Nutrition Research*, p129.
- 6) Jung, H.Y. Park, et al, *Effects of isolated Zinc deficiency on the composition of skeletal muscle, Liver and Bone during growing in Rats*, *J. Nutr.* 116 : 610-617, 1986.
- 7) Faramarz Ismail-Beigi et al, *Effects of cellulose added to diets of low and high fiber content upon the metabolism of Ca, Mg, Zn and P by man*, *J.Nutr*, 107 : 510-518, 1977.
- 8) Maleki, M. *Food consumption and nutritional status of 13year old village and city school boys in fars province in Iran*, *Ecol. Food. Nutr*, 1 : 39, 1972.
- 9) Reinhold, J.G., *High phytate concentrations of rural Iranian bread ; a possible cause of human Zinc deficiency*, *Am.J.Clin. Nutr*, 24 : 1204-1208, 1971.
- 10) Ronaghy H.A., Reinhold, J.G., Mahloudji, M., Ghavami, P. Spivey Fox, M.R. & Halsted, J.A., *Zinc supplementation of mal-nourished school boys in Iran ; Increased growth and other effects*, *Am.J.Clin. Nutr*, 27 : 112-121, 1974.
- 11) Reinhold J.G. *Ismail-Begi, F. Faraji, B. Fiber of the maize tortilla*, *Am J Clin Nutr* 32 : 1326-1329, 1979.
- 12) Marianne Stass-Walthuis, F.F.Hugo, et al, *Influence of dietary fiber, from vegetables and fruits, brans or citrus pectin on serum lipids, colonic function*, *Am. J. Clin. Nutr*, 33 : 1745-1756, 1980.
- 13) Frederick R. Dintzis et al, *Mineral contents of brans passed through the human GI tract*, *Am. J. Clin. Nutr*, 41 : 901-908, 1985.
- 14) Harold H, et al, *Nutrition Reviews, Present knowledge in nutrition, 15th ed, Chap. 33, Zinc*, p.487.
- 15) *Report of the American Institute of Nutrition Ad Hoc committee on standards for nutritional studies*, *J. Nutr*, 107 : 1340-1348, 1973.
- 16) Thompson R.H. & Blanchflower, W.J., *Lab. Prac*, 20 : 859, 1971.
- 17) Fuwa, K.P.Pulido, R.Makay & B.L. Vallee *Anal, chem*, 36 : 2407-2411, 1964.
- 18) *SAS/STAT Guid for personal computer*, SAS Inc, 1985.
- 19) Kuo Shii Jiang, *Effects of dietary cellulose and xylan on absorption and tissue contents of Zn and Copper in rats*. *J. Nutr*, 116 : 999-1006, 1986.
- 20) Andrea Caprez et al, *The effect of heat*

- treatment and particle size of bran on mineral absorption in rats, Brit. J. Nutr.*, 48 ; 467-475, 1982
- 21) R.C.Y TSAI & K.Y.Lei, *Dietary cellulose, Zn and Cu ; Effects on tissue level of trace minerals in the rats, J.Nutr.*, 109 ; 1117-112, 1979.
- 22) Dennis T. Gordon, Cynthia besch-williford et al, *The action of cellulose on the intestinal mucosa and element absorption by the rat, J.Nutr.*, 113 ; 2545-2556, 1983
- 23) Fleming, S.E. & Lee, E. *Growth performance and intestinal transit time of rats fed purified and natural dietary fiber, J.Nutr.*, 113 ; 592-601, 1983.
- 24) Fleming, S.E. Marthinsen, D. & Kuhnlein, H. *Colonic function and fermentation in men consuming high fiber diets, J.Nutr.*, 113 ; 2535-2544, 1983
- 25) Turnlund, J.R., King, J.C., Wahbch, C.J. Ishkaniari, I., Tannous, R.I., *Zinc status and pregnancy outcome of pregnant Lebanese women, Nutr. Res.*, 3 ; 309-15, 1983
- 26) Swanson, C.A., Turnlund, J.R., King, J.C., *Effect of dietary zinc sources and pregnancy on zinc utilization in adult women fed controlled diets, J. Nutr.*, 113 ; 2557-67, 1983
- 27) Drews, L.M., Kies, C & Fox, H.M., *Effect of dietary fiber in copper, zinc and magnesium utilization by adolescent boys, Am.J.Clin.Nutr.*, 32 ; 1893-1897, 1979
- 28) Halsted, J.A., et al, *Zinc deficiency in man, The shiraz experiment, Am J. Med.*, 53 ; 277, 1972
- 29) Haghshenass M., et al, *Iron deficiency anemia in an Iranian population associated with high intakes of iron, Am J Clin Nutr.*, 25 ; 1143, 1972
- 30) John, G. et al, *Decreased absorption of Ca, Mg, Zn and P by humans due to increased fiber and phosphorus consumption as wheat Bread, J. Nutr.*, 106 ; 193-503, 1976