

고지방식이 유도 비만쥐에서 아연 수준이 다량 무기질 함량에 미치는 영향

김현숙[†] · 승정자

숙명여자대학교 식품영양학과

The Macro Mineral Contents in High Fat Diet-Induced Obese Rats Fed Various Amounts of Zinc

Hyun-Sook Kim[†] and Chung-Ja Sung

Dept. of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University, Seoul 140-742, Korea

Abstract

This study was conducted to investigate the effect of dietary zinc on macro mineral contents of high fat diet-induced obese rats. The obese group was divided into three groups by zinc levels of diet, such as low (50% requirement), adequate (100%) and high (200%) levels of dietary zinc. The calcium, magnesium, sodium and potassium contents in serum and organs were measured by ICP. There were no significant differences in the food intake, weight gain and feed efficiency ratio among the different dietary zinc levels. Also, the liver, kidney and spleen weight did not show the significant differences among each level of dietary zinc. However, serum sodium and potassium concentrations in the low zinc diet group were significantly higher than in the other diet groups. In high zinc diet group, the calcium contents of liver was significantly higher than in the other diet groups, magnesium and potassium contents of liver were higher than in the low zinc diet group. The sodium contents of liver and magnesium and potassium contents of spleen were significantly lower in the low zinc diet group than in the other diet groups. In conclusion, the macro mineral contents of serum, liver and spleen in obese rats were changed by dietary zinc levels. Especially, the low zinc diet group considerably changed of macro mineral contents in organs. Therefore, it may be suggested that adequate level of dietary zinc in obese individuals should be required.

Key words: obese, zinc, macro mineral, adequate level

서 론

비만은 심혈관질환, 당뇨병, 고혈압, 암 같은 질병으로의 이환율을 증가시키고 수명을 단축시키는 질병이다(1). 지금까지 비만과 영양에 관한 연구는 비만인들을 대상으로 열량 및 지방 섭취와의 관계에 대한 연구가 대부분이었으나, 이들은 열량 과잉과 함께 미량 영양소 섭취 부족이라는 영양 불균형 상태가 나타나 비만으로 인해 무기질 대사에 변화가 올 수 있다(2,3). 최근 비만으로 인해 무기질의 체내 함량이 변화되는 것으로 보고되었는데(4-6), Chandra와 Kutty(7)는 비만인은 철분 결핍의 발생률이 더 높았고, 혈청 아연이 낮아 비만도와 음의 상관관계를 나타냈다고 하였다. Yakinci 등(8)은 7~11세 아동을 대상으로 한 연구에서 비만군의 혈청 아연과 구리의 함량이 정상군에 비해 높은 반면 마그네슘은 낮았다고 보고하였으며, Taneja 등(9)도 비만인이 정상인보다 혈청 아연수준이 높거나 유의적인 차이가 없었다고 하였다. 그리고 비만쥐의 간과 소장의 아연 함량이 야원 쥐보다 낮았고, 유전적 비만쥐는 정상쥐에 비해 털과

혈청, 간의 아연 함량이 낮았다고 보고된 바 있다(4,10,11). 이와 같이 비만이 체내 미량 무기질의 함량에 영향을 미친다는 것이 사람과 동물 모두에서 보고되고 있지만 일관된 결과를 얻지 못하고 있어 더 많은 연구가 요구된다.

일부 미량 무기질의 식이내 결핍이나 과잉은 다른 무기질과 대사산물들의 흡수를 저해하거나 노중으로 배설을 촉진시켜 혈액 또는 조직 중의 수준을 변화시키게 된다(12-14). Jun(15)은 철분 수준에 따른 혈액 및 간장의 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 칼륨 수준이 차이가 없었지만, 신장의 칼슘은 철분 과잉 시 유의하게 높았고 나트륨 함량은 낮았다고 하였다. 또한 철분 보충에 따라 무기질의 겉보기 흡수율은 유의적 차이가 없었지만, 칼슘, 철분, 구리, 아연의 소변 중 배설량은 철분 보충에 따라 유의적으로 감소함으로써 장기적인 철분 보충은 무기질의 체내 보유량이 감소함에 따라 영양 상태를 저하시킬 수 있다고 보고하였다(16). Choi와 Jun(17)은 구리 공급수준이 높을수록 혈청 철분 함량은 감소하고 구리 함량은 증가하였으나 아연, 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 칼륨은 차이가 없었다고 하였다.

[†]Corresponding author. E-mail: kimhs4324@hanmail.net
Phone: 82-33-342-7365, Fax: 82-33-342-7368

이상의 연구에서 아연, 철분, 구리 등 미량 무기질의 공급 수준에 따라 다량 무기질의 이용에도 차이가 있다는 연구는 진행되어 왔지만, 특히 비만인 경우에서 아연과 다량 무기질과의 관계에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다. 본 연구에서는 고지방식으로 유도된 비만쥐를 대상으로 아연 공급수준에 따라 결핍군, 적정군, 과잉군으로 나눠 6주간 사육한 후 혈청과 조직 중의 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 칼륨 함량을 분석하였다.

재료 및 방법

실험동물 및 식이

동물은 체중 100 ± 10 g인 Sprague-Dawley계 수컷으로 구입하여 20% lard 첨가의 고지방식이로서 10주간 사육하여 비만을 유도한 다음, 아연수준에 따라 재배치하여 각 군당 8마리씩 나누어 6주간 사육하였다. 사육실은 항온항습 ($22 \pm 2^\circ\text{C}$, $65 \pm 2\%$ RH) 하에서 12시간 주기로 명암이 자동 조절되었다.

식이조성은 Table 1에서와 같이 각 군간 차이가 없었고 단지 mineral mixture에서 아연의 양만 차이를 두기 위하여 흰쥐의 정상 아연요구량인 30 ppm을 기준으로 결핍군은 15

Table 1. Dietary groups and formulation of experimental diet

Ingredient	Groups ¹⁾		
	ObZn-L	ObZn-A	ObZn-H
Casein	20.0	20.0	20.0
Sucrose	3.0	3.0	3.0
Corn starch	47.0	47.0	47.0
Lard	20.0	20.0	20.0
α -Cellulose	5.0	5.0	5.0
Vitamin mixture ²⁾	1.0	1.0	1.0
Mineral mixture ³⁾	3.5	3.5	3.5
(Zinc carbonate)	(15 ppm)	(30 ppm)	(60 ppm)
DL-Methionine	0.3	0.3	0.3
Choline bitartrate	0.2	0.2	0.2
BHT ⁴⁾	0.004	0.004	0.004
Metabolize calories (kcal/g diet)	4.03	4.03	4.03

¹⁾In the abbreviated names ob, L, A, and H indicate obese, low, adequate and high levels of zinc.

²⁾Vitamin mixture: thiamin · HCl, 600 mg; riboflavin, 600 mg; pyridoxine · HCl, 700 mg; nicotinic acid, 3 g; D-calcium pantothenate, 1.6 g; folic acid, 200 mg; D-biotin, 20 mg; cyanocobalamin, 1 mg; retinyl acetate, 400,000 I.U.; dl- α -tocopherol acetate, 5,000 I.U.; cholecalciferol, 2.5 mg; menaquinone, 5 mg; sucrose, finely powdered to make 1,000 g.

³⁾Mineral mixture: calcium phosphate · dibasic, 500.0 g; sodium chloride, 74 g; potassium citrate · monohydrate, 220.0 g; potassium sulfate, 52.0 g; magnesium oxide, 24.0 g; manganous carbonate, 3.5 g; ferric citrate, 6.0 g; zinc carbonate, 1.6 g; cupric carbonate, 0.3 g; potassium iodate, 0.01 g; sodium selenite, 0.01 g; chromium potassium sulfate, 0.55 g; sucrose, finely powdered to make 1,000 g.

⁴⁾Butylated hydroxytoluene as antioxidant was added 0.02% of oil.

ppm, 과잉군은 60 ppm 포함시켰다. 각 군의 탄수화물 : 지방 : 단백질 비율은 55.5:22.2:22.2, 사료의 에너지 밀도는 4.03 kcal/g이었다. 식이와 물(탈이온수)은 자유 급식하였고, 무기질의 오염을 방지하기 위하여 사육 및 실험에 필요한 모든 기구들은 0.4% EDTA 용액에 하루 이상 담갔다가 증류수로 3번 이상 세척하고 완전히 말린 후 사용하였다.

식이섭취량, 체중증가량 및 식이효율

식이섭취량은 매일 같은 시각에 측정하였고 전날 채워 둔 사료통의 무게에서 그날의 무게를 뺀 값으로 계산하였다. 체중은 일주일에 한번 측정하였고 식이섭취로 인한 갑작스러운 체중의 변화를 막기 위하여 2시간 전에 사료통을 제거한 후 실시하였다. 식이효율은 일주일간 측정된 체중과 같은 기간의 식이섭취량을 이용하여 계산하였다.

시료채취

혈액은 동물을 12시간 절식시킨 후 개체별로 체중을 측정 한 뒤 채취하였고, 채혈한 후에는 간과 신장 및 비장을 적출하였다. 적출된 조직은 표면에 묻은 혈액을 씻어내고 지방을 제거한 다음 수분을 제거하고 무게를 측정하였고 분석 전까지 -70°C 에서 보관하였다.

다량 무기질 분석

혈액 및 간, 신장, 비장 등의 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 칼륨을 분석하기 위하여 ternary solution으로 분해한 후 ICP (Inductively coupled plasma; Shimadzu 8500, Kyoto, Japan)로 측정하였다.

통계분석

실험의 결과는 SAS program을 이용하여 평균 \pm 표준편차를 계산하였고 GLM(general linear model) 분석하였다. 각 군 간의 유의성은 Duncan's multiple range test로 $\alpha=0.05$ 수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

사료섭취량, 체중증가량 및 사료효율

Table 2에서 보는 바와 같이 사료섭취량, 체중증가량 및 사료효율은 아연 공급 수준에 의한 영향을 받지 않았다. 이는 식이내 아연의 수준을 변화시켰을 때 성장률에 영향이 없었다는 보고와 일치하였고(18), 아연 결핍식이를 15일간 흰쥐에게 공급했을 때 식욕 감퇴로 인한 사료섭취량 감소가 있었다는 보고와는 상반된 결과였다(19). 이는 아연 공급 기간의 차이와 본 연구에서의 아연 결핍수준이 매우 심각한 수준이 아니었기 때문으로 사료된다. 한편, 아연은 비만쥐의 체중 증가량에 영향을 미치지 않았는데 유전적인 비만쥐에게 아연을 보충했을 때 체중의 변화에 영향을 미치지 않았다는 결과와 일치하였다(20).

Table 2. Food intake, weight gain and feed efficiency ratio of obese rats fed different levels of zinc

Groups ¹⁾	Food intake g/day	Weight gain	FER
ObZn-L	27.3±3.5 ²⁾	12.6±6.4	0.5±0.2
ObZn-A	25.5±0.5	12.8±4.5	0.5±0.2
ObZn-H	26.1±4.6	11.4±6.5	0.4±0.3
Significance	NS ³⁾	NS	NS

¹⁾In the abbreviated names ob, L, A, and H indicate obese, low, adequate and high levels of zinc.

²⁾Mean±standard deviation.

³⁾Not significant at $\alpha=0.05$ as determined by one-way analysis of variance ANOVA.

간, 신장, 비장의 무게

간, 신장 및 비장의 무게는 아연 공급수준에 따라 유의적인 차이를 보이지 않았다(Table 3). 이는 아연의 결핍이 간과 신장의 무게에 영향을 주지 않았고, 아연을 보충 받은 쥐의 간 무게는 정상군과 차이가 없었다는 보고와 일치하는 결과였다(20,21). 그러나 비만쥐의 비장 무게가 낮았다는 연구와는 차이를 보였다(22).

혈청의 다량 무기질 함량

비만쥐의 아연 공급수준에 따른 혈청 칼슘과 마그네슘 농도는 유의적인 차이가 나타나지 않았다(Table 4). 혈장의 칼슘이온 농도는 칼슘을 조절하는 호르몬들이 소장과 뼈 그리고 신장에 영향을 미치면서 일정하게 유지되기 때문으로 사료되며, 또한 아연 공급에 따라 혈청 마그네슘은 변화가 없었다는 보고와 일치하였다(23).

혈청 나트륨과 칼륨 농도는 아연 결핍군이 적정군과 과잉군보다 높았다($p<0.001$, $p<0.01$). 한편, Song(24)이 쥐를 대상으로 한 연구에서 아연 결핍군의 혈청 나트륨이 아연 공급군보다 낮았다고 하여 본 연구와 차이가 있으므로 앞으로

Table 3. Liver, kidney, and spleen weight of obese rats fed different levels of zinc (g)

Groups ¹⁾	Liver	Kidney	Spleen
ObZn-L	16.6±3.1 ²⁾	3.6±1.1	0.7±0.2
ObZn-A	13.8±2.3	3.0±0.5	0.7±0.1
ObZn-H	13.1±2.2	2.9±0.5	0.6±0.1
Significance	NS ³⁾	NS	NS

¹⁾In the abbreviated names ob, L, A, and H indicate obese, low, adequate and high levels of zinc.

²⁾Mean±standard deviation.

³⁾Not significant at $\alpha=0.05$ as determined by one-way analysis of variance ANOVA.

Table 4. The contents of Ca, Mg, Na, and K in serum of obese rats fed different levels of zinc ($\mu\text{g/mL}$)

Groups ¹⁾	Ca	Mg	Na	K
ObZn-L	55.5±10.6 ²⁾	57.6±13.3	61.9±15.1 ^{a3)}	623.2±21.2 ^a
ObZn-A	49.9±15.8	42.9±18.4	22.6±7.3 ^b	176.3±17.6 ^b
ObZn-H	50.6±17.9	36.1±15.3	27.5±15.1 ^b	252.9±17.3 ^b
Significance	NS ⁴⁾	NS	$p<0.001$	$p<0.01$

¹⁾In the abbreviated names ob, L, A, and H indicate obese, low, adequate and high levels of zinc.

²⁾Mean±standard deviation.

³⁾Means with different letters (a, b) within a column are significantly different from each other at $\alpha=0.05$ as determined by Duncan's multiple range test ($a>b$).

⁴⁾Not significant at $\alpha=0.05$ as determined by one-way analysis of variance ANOVA.

이에 대한 보다 정확한 요구가 요구된다.

간의 다량 무기질 함량

Table 5에서와 같이 간의 칼슘 함량은 아연 공급수준에 따른 유의적인 차이를 보여, 과잉군이 $379.8\pm30.8 \mu\text{g/g}$ 로 적정군과 결핍군의 $317.0\pm48.7 \mu\text{g/g}$, $310.1\pm23.8 \mu\text{g/g}$ 보다 높았다($p<0.01$). 마그네슘은 아연 과잉군이 $357.6\pm62.4 \mu\text{g/g}$

Table 5. The contents of Ca, Mg, Na, and K in liver, kidney, and spleen of obese rats fed different levels of zinc ($\mu\text{g/g}$)

Groups ¹⁾	Ca	Mg	Na	K	
Liver	ObZn-L	310.1±23.8 ²⁾³⁾	273.2±19.4 ^b	348.3±23.1 ^b	3391.3±57.0 ^b
	ObZn-A	317.0±48.7 ^b	309.1±31.4 ^{ab}	420.0±66.0 ^a	3670.6±47.3 ^{ab}
	ObZn-H	379.8±30.8 ^a	357.6±62.4 ^a	449.9±62.7 ^a	4312.9±85.4 ^a
Significance	$p<0.01$	$p<0.01$	$p<0.05$	$p<0.05$	
Kidney	ObZn-L	680.9±58.5	130.3±47.7	270.9±48.8	912.0±36.4
	ObZn-A	175.1±15.5	93.0±17.6	160.2±22.2	571.0±21.0
	ObZn-H	1073.1±69.0	121.5±27.1	182.8±44.0	614.7±19.7
Significance	NS ⁴⁾	NS	NS	NS	
Spleen	ObZn-L	336.9±35.9	55.1±6.2 ^a	1420.5±59.5	310.1±24.7 ^a
	ObZn-A	311.2±23.7	46.9±3.2 ^b	1258.2±48.3	220.7±26.2 ^b
	ObZn-H	308.8±20.1	44.1±3.7 ^b	1275.7±56.0	227.6±21.0 ^b
Significance	NS	$p<0.01$	NS	$p<0.001$	

¹⁾In the abbreviated names ob, L, A, and H indicate obese, low, adequate and high levels of zinc.

²⁾Mean±standard deviation.

³⁾Means with different letters (a, b) within a column are significantly different from each other at $\alpha=0.05$ as determined by Duncan's multiple range test ($a>b$).

⁴⁾Not significant at $\alpha=0.05$ as determined by one-way analysis of variance ANOVA.

g로 결핍군 $273.2 \pm 19.4 \mu\text{g/g}$ 에 비해 높았고($p < 0.01$), 적정군은 다른 두 군과 유의적인 차이를 보이지 않았다. 간의 나트륨과 칼륨 함량도 아연 공급수준에 따라 유의적인 차이를 나타내어($p < 0.05$), 과잉군이 결핍군보다 높게 나타났다.

일반적으로 식이 무기질 함량이 증가하면 흡수도 증가하고 조직의 보유도 증가하는데, 본 연구에서 비만 시 아연 공급수준이 증가함에 따라 간의 칼슘과 마그네슘 함량이 유의적으로 증가하였다. 한편, Gupta 등(25)은 아연이 결핍된 정상 기니피그의 간장 중 나트륨과 칼륨 함량은 감소하였다고 보고하였는데, 이러한 결과는 비만쥐를 대상으로 한 본 연구와도 일치하는 결과였다.

신장의 다량 무기질 함량

신장의 칼슘, 마그네슘, 나트륨 및 칼륨 함량은 아연 공급수준에 따라 각 군 간에 유의적인 차이가 없었다. 이는 신장의 다량 무기질 함량은 비만쥐에서 아연의 공급에 따라 민감한 변화를 보이지 않았고 개체간의 차이가 컸기 때문인 것으로 사료된다. 한편, Prasad(26)은 아연 공급수준이 신장의 마그네슘 함량에 영향을 주지 않는 것으로 나타났고, Gupta 등(25)은 아연 결핍 기니피그의 신장의 나트륨과 칼륨 함량이 감소하였다고 보고하였다. Song(24)이 쥐에게 아연 결핍 식이를 공급했을 때 혈청 나트륨과 간과 신장의 칼륨 함량이 정상쥐보다 낮았는데, 식이 아연의 공급은 신장의 염평형을 통해 체내 나트륨과 칼륨 함량에 영향을 미치는 것으로 보인다.

비장의 다량 무기질 함량

비장의 칼슘과 나트륨의 함량은 아연 공급수준에 따라 각 군 간에 유의적인 차이를 나타내지 않았으나, 마그네슘의 함량은 결핍군이 $55.1 \pm 6.2 \mu\text{g/g}$ 로 적정군과 과잉군의 $46.9 \pm 3.2 \mu\text{g/g}$, $44.1 \pm 3.7 \mu\text{g/g}$ 에 비해 유의적으로 높았다($p < 0.01$). 비장의 칼륨 함량은 결핍군이 $310.1 \pm 24.7 \mu\text{g/g}$ 로 적정군과 과잉군의 $220.7 \pm 26.2 \mu\text{g/g}$, $227.6 \pm 21.0 \mu\text{g/g}$ 에 비해 유의적으로 높았다($p < 0.001$).

비장에서의 다량 무기질이 다량 무기질 함량에 미치는 영향에 대한 연구가 부족해 비교 고찰이 어려운 실정이며, 앞으로도 이에 대한 지속적인 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

요 약

본 연구에서는 비만에서 아연 공급수준이 다량 무기질 함량에 미치는 영향을 알아보기 위해 고지방식으로 유도된 비만쥐를 대상으로 아연 요구량의 50%(결핍군), 100%(적정군), 200%(과잉군) 수준으로 공급한 후 혈청 및 조직의 칼슘, 마그네슘, 나트륨 및 칼륨의 함량을 분석하였다. 비만쥐에서 아연 결핍군은 적정군에 비해 혈청의 나트륨, 칼륨 및 비장의 마그네슘, 칼륨 함량이 높았고, 간의 나트륨 함량이 낮았

으며, 아연 과잉군은 적정군에 비해 간의 칼슘 함량이 높았다. 이와 같이 아연의 결핍과 과잉 시 비만쥐에서는 혈청과 간, 비장 등이 조직 내 다량 무기질의 함량 변화를 초래했으며, 특히 아연 결핍이 더 많은 조직 내 무기질 함량에 변화를 가져왔다. 따라서 비만에 있어서 아연의 적절한 섭취에 대한 중요성이 강조되어야 할 것으로 보이며, 앞으로 대사적 기전을 규명할 수 있는 지속적인 연구가 요구된다.

문 헌

- Larsson B. 1990. Obesity, fat distribution and cardiovascular disease. In *Progress in Obese Research*. Oomura Y, ed. John Libbey & Comp. Ltd., London, UK. p 375-379.
- Chen MD, Lin PY, Lin WH, Cheng V. 1988. Zinc in hair and serum of obese individuals in Taiwan. *Am J Clin Nutr* 48: 1307-1309.
- Luque-Diaz MJ, Dean-Guelbenzu M, Culebras-Poza JM. 1982. Changes in the metabolism of iron, copper and zinc in obesity. *Rev Esp Fisiol* 38S: 155-158.
- Fernández-López JA, Esteve M, Rafacas I, Remesar X, Alemany M. 1994. Management of dietary essential metals (iron, copper, zinc, chromium and manganese) by Wistar and Zucker obese rats fed a self-selected high-energy diet. *Biometals* 7: 117-129.
- Lind L, Lithell H, Hvarfner A, Pollar T, Ljunghall S. 1993. On the relationships between mineral metabolism, obesity and fat distribution. *Eur J Clin Invest* 23: 307-310.
- Foldes J, Shih MS, Levy J. 1992. Bone structure and calcium metabolism in obese Zucker rats. *Int J Obese Relat Metab Disord* 16: 95-102.
- Chandra RK, Kutty KM. 1997. Immucocompetence in obesity. *Acta Paediatr Scand* 69: 25-30.
- Yakinci C, Pac A, Kucukaby FZ, Tayfun M, Gul A. 1997. Serum zinc, copper and magnesium levels in obese children. *Acta Paediatr Jpn* 39: 339-441.
- Taneja SK, Mahajan M, Arye P. 1996. Excess bioavailability of zinc may cause obesity in humans. *Experientia* 52: 31-33.
- Kenney ML, Failla ML, Smith JC. 1987. Influence of genetic obesity in tissue concentrations of zinc, copper, manganese and iron in mice. *J Nutr* 116: 1432-1441.
- Failla ML, Kennedy ML, Chen ML. 1988. Iron metabolism in genetically obese (ob/ob) mice. *J Nutr* 118: 46-51.
- O'Dell BL. 1989. Mineral interactions relevant to nutrient requirement. *J Nutr* 119: 1832-1838.
- Sherman AR, Tissue NT. 1981. Tissue iron, copper and zinc levels in offspring of iron-sufficient and iron-deficient rats. *J Nutr* 111: 266-275.
- Sherman AR, Guthrie HA, Woklinsky I. 1977. Interrelationships between dietary iron and tissue zinc and copper levels and serum lipids in rats. *Proc Soc Exp Biol Med* 156: 396-401.
- Jun YS. 1998. Effect of iron intakes on macromineral utilization in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 1273-1278.
- Jun YS, Choi MK, Kim AJ, Kim MH, Sung CJ. 2002. Effect of iron supplementation on mineral utilization in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 1658-1663.
- Choi MK, Jun YS. 1999. Effect of copper supplementation on mineral utilization in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 1124-1130.
- Fisher PW, Giroux A, L'Abbé MR. 1981. The effect of diet-

- ary zinc on intestinal copper absorption. *Am J Clin Nutr* 34: 1670-1675.
19. Wallwork JC, Fosmire GJ, Sandstead HH. 1981. Effect of zinc deficiency on appetite and plasma amino acid concentrations in the rat. *Br J Nutr* 45: 127-136.
 20. Begin-Heick N, Dalpe-Scott M, Rowe J, Heick HM. 1985. Zinc supplementation attenuates insulin secretory activity in pancreatic islets of the ob/ob mouse. *Diabetes* 34: 179-184.
 21. Boquist L, Lernmak A. 1989. Effect of the endocrine pancreas in Chinese hamsters fed zinc deficient diet. *Acta Path Microbiol Scand* 76: 215-228.
 22. Seaborn CD, Stoecker BJ. 1989. Effect of starch, sucrose, fructose and glucose on chromium absorption and tissue concentrations in obese and lean mice. *J Nutr* 119: 1444-1451.
 23. Kang HK, Harvey PW, Valentine JL, Swendseid ME. 1977. Zinc, iron, copper and magnesium concentrations in tissues of rats fed various amounts of zinc. *Clin Chem* 23: 1834-1837.
 24. Song MK. 1987. Influence of dietary zinc on sodium and potassium metabolism in the rat. *Miner Electrolyte Metab* 13: 178-182.
 25. Gupta RP, Verma PC, Sadana JR, Gupta VK. 1989. Effect of experimental zinc deficiency and repletion on sodium, potassium, copper and iron concentrations in guinea-pigs. *Br J Nutr* 62: 407-414.
 26. Prasad AS. 1993. *Biochemistry of zinc*. Plenum Publishing, New York, USA. p 193-218.

(2009년 5월 13일 접수; 2009년 6월 4일 채택)