J. Fd Hyg. Safety 12(4), 328 - 332(1997)

방사화 분석법에 의한 식품 중 미량금속(Mg, Zn, Mn, Mo and Se)에 관한 연구

이숙경†
단국대학교 식품공학과

A Study on the Trace Metal Contents in Food by Neutron Activation Analysis

Sook Kyung Lee†
Department of Food Engineering, Dan-kook University, Chunan 330-714, Korea

ABSTRACT — In order to investigate the trace metals in Korean foods, the contents of Magnesium, Zinc, Manganese, Molybdenum and Selenium are studied in this paper. As show in the Table 1; a total of 250 samples of 25 species were analyzed by neutron activation analysis. The results obtained were as follows; 1. The overall ranges and mean (mg/100 g) were; Mg, 12.212~151.346 (55.164); Zn, 0.045~38.180 (2.473); Mn, 0.003~0.796 (0.225); Mo, ND~0.035 (0.007); Se, ND~0.069 (0.016). 2. The levels of all metals except Mo in shell fishes were high and the level of Mo in spices .was higher than that in other foods. 3. The levels of Zn and Mo in oyster were higher than another spcies.

Key words □ Trace metals, Neutron activation analysis, Korean foods.

영양문제는 건강과 질병의 치유에 밀접한 관계를 갖고 있기 때문에 식품에 대한 기본 분석자료를 이용하여 각 개인에 알맞는 식생활을 하지 않으면 안된다.

영양소 중 Na, K, Ca, Mg 및 Fe와 같이 인체에 다량 존재하는 원소에 관한 연구[1-8]는 많아 쉽게 응용할 수 있으나, 미량 존재하는 원소에 관한 자료는 많지 않다.

근래에 와서는 혈관의 기능을 조절해주는 Mg,[9,10] insulin의 구성성분이며 피부의 증식을 돕는 Zn,[11-14] 효소와 골격의 구성을 돕는 Mn,[15-17] Purine대사에 관여하는 Mo[16,17] 및 Vitamin E와 함께 항산화력이 있으며 암과 순환기의 질환을 감소시킨다는 Se에 관한 연구 보고[18,21]가 있은 후 치료식이로서 미량금속에 대한 관심이 높아지고 있다.

그러나, 우리 나라에서는 1972년 전[22]의 향신료 중 Se함량, 이[23]의 한국인의 상용식품중 Li함량 및 전[24,25]의 연구가 있을 뿐 식품을 계열별로 분류하여 미량금속의 함량을 보고한 논문이 거의 없어 국내에서 생산되는 식품의 성분을 외국의 자료에 의존하고 있다. 이는 토양의 원소분포, 생육조건 및 종자에 따라 작물 내 금속의 함량이 달라진다는 연구[26-29]로 미루어 문제가 있을 것으로 보이며, 하루에 섭취해야 할 권장량[30]도 외국의 자료에 적용하고 있어 건강을 위한 자료가 부족하여 한국인이 불특정하게 1회에 많은 양을 섭취하는 식품 중에서 선호도가 높은 20종과 이들 식품에 곁들여 사용되어지는 향신료 5종을 포함하여 총 25종의 식품을 선택하여 Mg, Zn, Mn, Mo 및 Se의 함량을 조사하였다.

† Author to whom correspondence should be addressed.

실험재료 및 방법

실험재료

1996년 3월부터 12월 사이에 한국인이 상용하는 식품을 버섯류, 채소류, 어류, 패류 및 향신료로 분류하고 이에 각각 5종의 식품을 선정(표고버섯 외 24종)하여 분석하였다.

재료의 구입은 천안시 중앙시장에서 구입하였으며, 사용한 재료는 Table 1과 같다.

사용기기

원자로 : Neutron Generator(14 MeV neutron × $10^{10n}/m^2/sec$)

감마선 측정기 : Multichannel Analyzer(4000 channel, HPGE, Ge(Li) Detector, Canberra co. USA).

Table 1. Samples used in the study

Classification	Food name
Mushrooms	Cortinellus edodes
	Pleurotus ostreatus
	Manna lichen
	Pine agaric
	Juda's ear
Vegetables	Red pepper leaf
	Squash pumpkin
	Carrot
	Leek
	Bamboo shoots
Fishes	Anchovy
	Squid
	Eel
	Octopus
	Sea cucumber
Shell fishes	Spiny-lobster
	Oyster
	Crap king size
	Abalone
	Sea squirt
Spices	Garlic
	Ginger
	Green-pepper
	Onion
	Green onion

실험방법

시료조제—각 식품별로 10점씩 수집한 검체의 가식부(200~300 g)를 blender로 균일하게 하였다.

모든 시료는 AOAC법[31]에 의해 수분을 측정한 후 냉동보관하였으며 냉동건조된 시료 약 100 mg을 정확히 평량하여 polyethylene vial(1×2.5 cm)에 넣고 이중으로 밀봉하여 분석시료로 하였다.

표준시료의 존재는 공해공정시험법에 따라 증류수 1 ml에 10^{-1}~10^{-4} mg을 함유하도록 하였다.

중성자 조사—분석용 시료 100 mg을 취하여 Table 2의 조건에 따라 원자로에서 중성자 조사하였다(Table 2).

함량 결정—중성자 조사한 시료는 감마선 계측기를 이용하여 각 금속의 표준시료와 비교 정량 하였다.

계측과정은 다음의 Fig. 1과 같다.

Table 2. Nuclear data for thermal activation of the trace elements

Taget nuclide	Half life
Mg^{28}	21.3h
Zn^{69}	13.8h
Mn^{52}	5.7d
Mo^{99}	67.0h
Se^{75}	120.0d

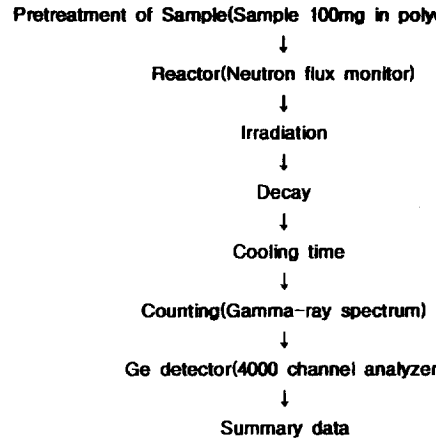

Fig. 1. Processing of neutron activation analysis.

결과 및 고찰

수분함량

25종 시료의 수분 함량은 Table 3과 같으며 식품성분분석표[32]와 비교해 볼 때 비슷한 값으로 특별한 유의성이 없었다.

Mg함량

시료에서 100% 검출율을 보였으며, 평균함량은 shell fish가 127.235 mg으로 가장 높았고, mushrooms 76.799 mg, fishes 28.358 mg, spices 25.140 mg 그리고 vegetables 15.246 mg의 순으로 나타났다(Table 3).

25종의 시료 중 green onion은 12.212 mg으로 가장 낮았고, Spiny-lobster(10~15마리/kg)는 151.346 mg으로 가장 높아 onion보다 13배의 함량을 나타내었으나 鈴木紺美[17]의 보고(130 mg)와는 비슷하였다.

하루의 권장량이 400~800 mg[30]이라 볼 때 Spiny-lobster(10~15마리/kg) 250 g을 섭취하면 하루의 권장량에 충족되어 자칫 과잉 섭취의 우려가 있을 것으로 사료된다.

Zn함량

시료에서 100% 검출율을 보였으며, 평균함량은 shell fishes가 9.771 mg으로 가장 높았고, fishes 1.476 mg, mushrooms 0.537 mg, vegetables 0.515 mg 그리고 spices 0.067 mg의 순으로 나타났다(Table 3).

25종의 시료 중 onion는 0.045 mg으로 가장 낮았고 oyst-

Table 3. Moisture, Mg, Zn, Mn and Se contents of samples (per 100 g edible portion)

Classification	Food Name	Moisture (g)	Mg (mg)	Zn (mg)	Mn (mg)	Mo (mg)	Se (mg)
Mushrooms	Fregrant mushroom	88.800	106.342	0.680	0.196	0.019	0.040
	Plourolus ostrootus	91.700	73.278	0.481	0.183	ND	0.015
	Manna lichen	90.100	58.971	0.685	0.157	0.006	0.026
	Pine agaric	88.200	81.683	0.435	0.165	ND	0.033
	Judi's ear	88.800	63.722	0.387	0.173	ND	0.018
	Mean	89.100	76.799	0.537	0.175	0.005	0.026
Vegetables	Red pepper leaf	80.300	13.234	0.514	0.431	0.012	0.001
	Squash pumpkin	90.100	14.671	0.580	0.261	0.009	0.002
	Carrot	86.700	15.311	0.372	0.168	0.002	ND
	Leek	89,600	15.624	0.496	0.203	ND	ND
	Bamboo shoots	87.800	17.388	0.615	0.425	0.010	0.002
	Mean	86.900	15.246	0.515	0.289	0.007	0.001
Fishes	Anchovy	70.500	28.342	1.815	0.140	ND	0.003
	Squid	82.300	38.911	0.980	0.044	ND	0.002
	Eel	71.800	23.007	1.219	0.093	ND	0.008
	Octopus	85.600	37.603	2.115	0.075	ND	0.004
	Sea cucumber	89.200	19.060	1.253	0.058	ND	0.007
	Mean	79.900	29.385	1.476	0.082	ND	0.005
Shell fishes	Spiny-lobster	78.600	151.346	1.215	0.403	0.007	0.041
	Oyntor	83.300	148.111	38.180	0.796	0.009	0.033
	Crap, king size	70.900	71.834	2.415	0.630	0.006	0.028
	Abalone	75.400	154.672	2.920	0.389	0.008	0.047
	Sea squirt	81.200	110.303	4.125	0.416	0.008	0.069
	Mean	77.900	127.253	9.771	0.527	0.009	0.043
Spices	Garlic	64.300	26.33	0.086	0.009	0.013	0.008
	Ginger	80.700	28.078	0.057	0.045	ND	ND
	Green pepper	84.500	24.432	0.060	0.038	0.012	0.003
	Onion	85.800	44.638	0.045	0.296	0.035	0.007
	Green onion, small	91.500	12.212	0.087	0.003	0.008	ND
	Mean	81.400	27.140	0.067	0.078	0.014	0.004
	Overallrange		12.212-151.346	0.045-38.180	0.003-0.796	ND-0.035	ND-0.069
	Total mean		55.164	2.473	0.225	0.007	0.016

er는 38.180 mg으로 가장 높아 onion보다 850배, Spiny-lobster 1.215 mg보다 30배의 함량을 나타내었다. Oyster와 Spiny-lobster는 같은 shell fish계열로서 이렇게 많은 차이를 보이는 것으로 보아 시료 자체에 의한 특성인 것으로 사료된다. 굴의 Zn함량이 3.424~20.717 mg이라는 박 등[33]의 보고치 보다 1.4배가 높으며 鈴木繼美[17]의 보고(790.0 mg)에 비하면 1/2의 낮은 함량을 나타냈다. 이것은 10년이 지난 환경의 변화와 생산되는 지역간의 차이에 의한 결과로 사료된다.

하루의 권장량이 15.0 mg[30]이라 볼 때 oyster를 40 g 섭취하면 권장량이 충족되어 Zn의 훌륭한 급원이 되기는 하나 자연계에서 Zn과 Cd의 존재비(100 : 1)로 미루어[33] Cd에 의한 오염과 과잉 섭취로 인한 중독의 문제까지 우려되므로 Zn의 평균함량과 Cd의 평균함량과의 관계에 따라 Cd 오염여부에 대한 광범위한 조사가 있어야 할 것으로 사료된다.

Mn함량

시료에서 100% 검출율을 보였으며, 평균함량은 shell fishes가 0.527 mg으로 가장 높았고, vegetables 0.289 mg, spices 0.279 mg, mushrooms 0.275 mg, fishes 0.082 mg 그리고 spices 0.078 mg 순이었다(Table 3).

25종의 시료 중 green onion이 0.003으로 가장 낮았고 oyster는 0.796 mg으로 가장 높아 green onion보다 260배의 함량을 나타냈으며, 이는 박 등[33]의 굴의 함량 0.467~0.710 mg이라는 보고와는 비슷하였으나 鈴木繼美[17]의 0.510 mg

보다는 약 1.5배 높은 함량을 나타낸 것으로 보아 Mn의 가장 큰 문제인 연체류의 가식부에 농축이 되는 문제가 해수중의 Mn의 함량에 의한 영향으로 사료된다.

하루의 권장량이 2.5~5.0 mg[30]이라 볼 때 oyster를 300 g 섭취하면 권장량에 충족되어 좋은 급원이라 사료된다.

Mo함량

25종의 시료 중 40%에 해당하는 10종의 시료에서는 검출되지 않았으나 onion에 0.035 mg으로 가장 높은 함량을 나타내었다. 평균함량은 spices가 0.014 mg으로 가장 높았으며, shell fishes 0.008 mg, vegetables 0.007 mg, mushrooms 0.005mg의 순이었고, fishes에 속한 5종의 시료에서는 모두 검출되지 않았다(Table 3).

하루의 권장량이 0.015~0.5 mg[30]이라 볼 때 onion은 우수한 공급원이 될 수 있으며, 함량으로 미루어 과잉으로 인한 우려는 없을 것으로 사료된다.

Oyster의 0.90 mg은 鈴木繼美[17]의 보고 0.82 mg과 비슷하였으나 Leek는 ND에 비해 0.004 mg으로 본 실험과는 많은 차이를 나타내고 있다.

Se함량

25종의 시료 중 16%에 해당하는 4종에서는 검출되지 않았으나 sea squirt는 0.069 mg으로 가장 높은 함량을 나타내어 식품의 종류에 따라 큰 차이를 보였다. 평균함량은 shell fishes가 0.043 mg으로 가장 높았으며, mushrooms 0.026 mg, fishes 0.005 mg, spices 0.004 mg 그리고, vegetables 0.001 mg의 순이었다(Table 3).

하루의 권장량이 0.05~0.2 mg[30]이라 볼 때 sea squirt를 70 g 섭취하면 권장량에 충족되어 좋은 급원으로 사료된다.

국문요약

한국인이 선호하는 식품을 버섯류, 야채류, 어류, 패류 및 향신료로 구분하고 이에 각각 5종의 식품을 선정하여 총 25종의 식품에 함유된 미량금속(Mg, Zn, Mn, Mo 및 Se)을 방사화 분석법으로 정량하였다. 1. Mg은 패류에서 평균 127.853 mg으로 가장 높았으며, 전체 함량범위는 파 14.211 mg에서 전복 154.672 mg으로 나타났다. 2. Zn은 패류에서 평균 9.771 mg으로 가장 높았으며 전체 함량범위는 생강 0.057 mg에서 굴 38.180 mg으로 나타났다. 3. Mn은 패류에서 평균 0.527 mg으로 가장 높았으며 전체 함량범위는 0.003 mg에서 굴 0.796 mg으로 나타났다. 4. Mo은 향신료에서 평균 0.014 mg으로 가장 높았으며 40%에 해당하는 10종의 식품에서 검출되지 않았으나 양파는 0.035 mg으로 가장 높았다. 5. Se은 패류에서 평균 0.043 mg으로 가장 높았으며, 16%에 해당하는 4종의 식품에서 검출되지 않았으나 멍게는 0.069 mg으로 가장 높았다. 6. 본 실험결과에서 알 수 있듯이 같은 계열 식품에서도 식품의 종에 따라 미량금속의 함량에 큰 차이를 보였다.계열로 보면 향신료에서는 Mo이 가장 높았으며, 패류에서는 Mg, Zn, Mn 및 Se의 함유량이 현저하게 높아 영양적인 측면에서는 가치가 있으나 중금속오염으로 인한 안전성의 확보 를 위한 주의가 요망된다. 25종 식품 중 굴은 Zn 28.180 mg과 Mn 0.796 mg으로 가장 높아 향후 하루 섭취량과 환경에 의한 문제 등 심도 있는 연구가 요망되는 식품이라 판단된다.

참고문헌

1. Bainton, D.F. and Finch, G.A.: The Diagnosis of Iron Deficiency Anemia, *Am. J. Med.*, **37**, 62-68 (1964).
2. Nordin, B.E.: Calcium in Human Biology, Springer-verlay, London (1988).
3. Allen, L.H.: Calcium Bioavailability and Absorption, A review, *Am. J. Clin. Nutr.*, **35**, 783-808 (1982).
4. Skikne, B.S. and Cook, J.D.: Iron Deficiency; Definition and Diagnosis, *J. Intern. Med.*, **226**, 349-355 (1989).
5. Moore, C.V.: Iron in Modern Nutrition in Health and Disease, Lea & Febiger, Philadelphia, pp. 339-364 (1968).
6. 유정열: 한국인 영양권장량과 식생활에 적용, 한국영양학회지, **9**(2), 1-6 (1976).
7. Hardwick, L.L. and Jones, M.R.: Mechanisms and the Influence of Vitamin D, Calcium and Phosphate, *J. Nutr.*, **121**, 13-23 (1991).
8. Braithwaite, G.D. and Riazuddin, S.H.: The Effect of Age and Level of Dietary Calcium Intake or Ca Metabolism in sheep, *Brit. J. Nurt.*, **26**, 215-225 (1971).

9. Maurice, E.S.: Modern Nutrition in Health vol.I, 8th.ed., Lea & Febiger, Philadelphia, pp. 112-286 (1994).
10. Burk, R.F. and Prasad, A.S.: Trace Elements in Human Health and Disease, vol II, Academic press, New York. pp. 105-125 (1976).
11. Mills, C.F.(ed.): Zinc in Human Biology, International Life Sciences Institute, London (1989).
12. 승정자: 극미량 원소의 영양, 민음사, 서울, pp. 140-266 (1986).
13. King, J.C.: Assessment of Zinc Status, *J. Nutr.*, **120**, 1474-1479 (1990).
14. Noel, W.: Biological availability of Zinc in Human, *Am. J. Clin. Nutr.*, **35**, 1048-1053 (1982).
15. 千葉百子, 鈴木和夫: 建康と 原素, 南江堂, 東京, pp. 16-271 (1996).
16. 鈴木繁美: Mineral 微量原素と 營養學, 第一出版, 東京, pp. 37-64 (1994).
17. 渡近正雄: 新Mineral 營養學, 健康産業新聞社, 東京, pp. 54-93 (1996).
18. 김미경: Selenium결핍이 발암에 미치는 영향, 이화여대 논문집, 서울, pp. 153-169 (1985).
19. Burk, R.F.(ed.): Selenium in Biology and Medicine, Springer verlag, New York, pp. 251-275 (1994).
20. Yang, G.: Selenium related Edemic Disease and the daily Selenium Requirement of Human, *World rev, Nurt, Diet.*, **55**, 98-152 (1988).
21. Underwood, E.J.: Trace Elements in Human and Animal Nutrition, 3rd.ed., Academic press, New York, pp. 323-368 (1977).
22. 전세열: 방사화분석법에 의한 식품중의 Se의 정량, 한국식품과학회지, **4**(2), 61-72 (1972).
23. 이영우: 한국상용 식품중의 무기질 함량에 관한 연구(Li, Na 및 K함량), 한국영양학회지, **12**(2), 95-98 (1979).
24. 전세열: 한국식품중의 Se화합물 함량에 관한 연구, 한국식품과학회지, **5**(1), 55-58 (1973).
25. 전세열: 원자흡광광도계에 의한 혈청과 식품중에 아연정량, 식품영양연구지, 한양대학교, **3**, 89-103 (1988).
26. 김명미, 고영수: 중금속에 의한 토양 오염과 그 작물내 함량에 관한 연구, 식품위생학회지, **1**(1), 51-56 (1986).
27. 이숙경: 야채중의 중금속 함량에 관한 연구, 인천대학 논문집, **8**, 467-477 (1985).
28. 문화회, 김인기: 토양중의 중금속 자연함유량에 관한 연구, 국립환경연구소, **4**, 188-198 (1982).
29. 김종욱, 김동순, 이용욱: 일부공업지역 주변의 토양과 곡류중에 미량금 속함량 및 상관관계에 관한 조사연구, 한국식품위생안정성학회지, **11**(2), 135-142 (1996).
30. National Research Council: Recommended Dietary Allowances. 10th. ed., Washington, D.C., National Academy of Science (1989).
31. AOAC: Official Methods of Analysis 16th. ed., Arlington (1995).
32. 농촌영양개선연수원 : 식품분석표 (1991).
33. 백덕우외 : 해안 · 패충류의 중금속 함유량에 관하여, 식품위생학회지, **3**(1), 7-18 (1988).