

중성자 방사화 분석법에 의한 식물성 식품의 무기질함량에 관한 연구.

심영자 · 김은실 · 전회정

숙명여자대학교 식품영양학과

A Study on the Contents of Some Minerals in Vegetable Foods by Neutron Activation Analysis

Young-Ja Sim, Eun-Sil Kim and Ui-Jung Chun

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

Abstract

The objective of this study was to investigate the contents of some minerals in vegetable foods by a highly sensitive Neutron Activation Analysis.

Chinese Chives, Amaranth, Mugwort, Ginger, Garlic, Root of bellflower, Cultured Duduk, Wild Duduk and Cortinellus-edodes were chosen as experimental materials for this study.

The contents of potassium, copper, molybdenum, and bromum were 7099.1mg%, 104.8 ppm, 45.4ppm and 40.4ppm in Chinese Chives.

Chinese Chives, Amaranth and Mugwort were more abundant with iron, copper and cobalt other than vegetable foods.

The ratio of sodium to potassium for Chinese Chives was 1 to 796, for Mugwort : 1 to 147 and for Garlic : 1 to 148.

As the Neutron Activation Analysis Technique was able to detect gold, samarium, bromum, lanthanum and scandium from vegetable foods, this technique is very useful to analyse the infinitesimal elements in foods.

서 론

옛부터 한 민족은 인체에 독성이 적고 식용 가능한 야생식물을 상용해 왔으며 근래에도 야생식물이 지닌 특성에 의하여 상용식품화 되어지고 있다. 최근 성인병이 급증함에 따라 의식동원(醫食同源)으로서 구황식품이 전승식품(傳承食品) 및 한방치료제로도 이용되고 있다.^{1,2)} 부추는 강장 및 보온효과, 쑥은 위장 및 신경통, 생강은 관절통 투통에 효능이 있다고 서유구³⁾의 임원경제에 수록 되어있다. 지역과

시대에 따라 상용되는 식품의 종류는 변화되어 왔으며 함유성분중 미량원소의 종류와 함량도 건강유지에 영향을 주고있다.^{4,5)} 식품중 미량원소는 생물체의 대사과정에서도 영양소와의 상호간 중요한 역할을 하고 있으며⁶⁾ 특히 특정한 원소의 섭취과소량에 따라 체내대사 기전에 이상이 생겨 질병의 원인이 될 수 있음이 밝혀져 미량원소의 연구가 증가되고 있다⁷⁾

근래에 분석기기의 발달로 우리나라에서도 채소류,⁸⁻¹¹⁾ 식용버섯,¹²⁾ 곡류,¹³⁻¹⁶⁾ 해조류^{17,18)} 등, 식품

의 무기성분 함량에 관한 많은 보고가 있는데 대부분 원자흡광법을 이용했으며 방사화 분석법은 몇편¹⁹⁻²⁴⁾ 있을 뿐이다. 식품중에 함유된 미량원소 분석에는 분해과정중 실험손실을 막고 시료를 비파괴 정량할 수 있는 방사화 분석^{25,26)}이나 PIXE(Proton Induced X-ray Emission) 분석법²⁷⁾ 등이 개발되어 원자흡광계보다 고감도로써 극미량 원소까지도 정량하게 되었다.

본 실험은 현재 상용하고 있는 구황식품중에서 일반적으로 많은 사람이 섭취하고 있는 부추, 개비름, 쑥, 생강, 마늘, 도라지, 더덕, 표고버섯의 무기질을 방사화 분석법으로 정량하여 실험결과를 얻었기에 보고한다.

재료 및 방법

1. 재료 및 전처리

시료는 엽채류(부추, 개비름, 쑥), 구근류(생강, 마늘, 도라지, 더덕), 표고버섯으로 서울 경동시장에서 1988년 6월에 구입했으며 실험에 사용한 시료의 종류는 Table 1과 같다.

실험재료는 3번 세척하여 잘게 절단하고 약 30g 씩 용기에 담았다. 개비름은 100°C 끓는 물에 약 3분 데친후 물에 2번 씻은 뒤 수분을 제거하고 잘게 절단하여 사용하였고 그 이외의 시료는 날것으로 실험하였다. 모든 시료는 냉동건조기(Leybold-Heraeus, GT₂, Germany)에 냉동건조시켜 중성자 방사화조사(Neutron Irradiation) 시료로 사용하였다.

2. 분석시료 및 분석방법

1) 분석시료의 준비

냉동건조된 시료 100mg을 microbalance로 칭량하여 석영관(직경 3.8mm, 길이 10cm)에 넣고 이중으로 밀봉하였다. 각 원소를 동시 분석하기 위하여 단일비교법(single comparator method)을 사용하였는데 시료 위치는 석영관 외부에 Co, Au비교체를 부착한 후 중성자 조사용 aluminium rabbit에 넣었다. 본 실험에서 방사화 분석방법은 Fig 1과 같은 순서로 실험하였다.

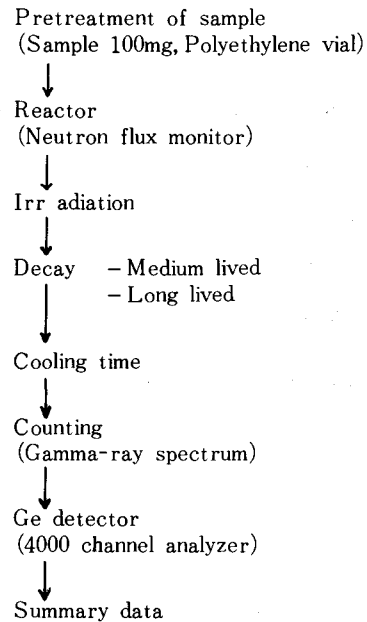


Fig. 1 Processing of neutron activation analysis

Table 1. Materials for neutron activation analysis

Material	Species
Chinese chives(부추)	Allium tuberosum
Amaranth(개비름)	Amaranthus mangostanus
Mugwort(쑥)	Artemisia spp.
Ginger(생강)	Zingiber officinale
Garlic(마늘)	Allium sativum
Root of bellflower(도라지)	Platycodon grandiflorum
Cultured Duduk(재배더덕)	Condonopsis lanceolata
Wild Duduk(야생더덕)	Condonopsis lanceolata
Cortinellus edodes(표고버섯)	Lentinus edodes sing

2) 중성자 조사.

냉동 건조한 시료 100mg을 채취하여 원자로의 조사용 용기에 넣은 후 이 용기를 진공 기송관을 통하여 원자로(Triga-Mark III)에 넣고, medium lived nuclide는 하루 11시간 조사했고 long lived nuclide는 하루 11시간동안 3일간 중성자 조사 하였다.

3) 감마선 계측

중성자 조사한 시료는 핵 종류에 따라 decay될 때까지 방치한 후 방사선의 종류와 energy decay 속도로서 고유한 핵종을 측정하여 분석하였다. 계측방법은 감마선 계측기(HPGE 검출기; Canberra, Active volume : 70cc, FWHM at 1.332Mev : 1.9

Kev)로 4000 channel analyzer로써 계측하였다. 식품중에 각 원소의 정량은 각 원소의 표준시료와 비교하였으며 계측조건은 Table 2와 같다.

4) 무기질함량 결정

시료는 표준시료와 비교하여 감마선 spectrum으로 부터 PDP-11/24 computer를 사용하여 광전 peak를 보고 peak 면적비를 micro computer로 계산하여 정량하였다.

각 식품중에 spectrum을 찾아 보고져 개비름을 중성자 조사한 후 측정한 결과는 Fig 2,3과 같이 나타났다.

medium life에서 측정된 원소는 ²⁴Na, ⁴²K, ⁶⁴Cu, ⁹⁹Mo, ⁸²Br, ¹⁵³Sm, ¹⁴⁰La, ¹⁹⁸Au이며 Fig 2와 같다.

Table 2. Combination of irradiation, cooling and counting times for the two groups of nuclides analyzed at present work.

group of nuclide	Irradiation time	cooling time	counting time
Medium-lived ²⁴ Na ⁴² K ⁶⁴ Cu ⁹⁹ Mo ⁸² Br ¹⁵³ Sm ¹⁴⁰ La ¹⁹⁸ Au	11h/d×1	1 day	1,000sec
long-lived ⁶⁵ Zn ⁵⁹ Fe ⁶⁰ Co ²⁰³ Hg ⁵¹ Cr ⁴⁶ Sc	11h/d×3	4 week	2,000 sec

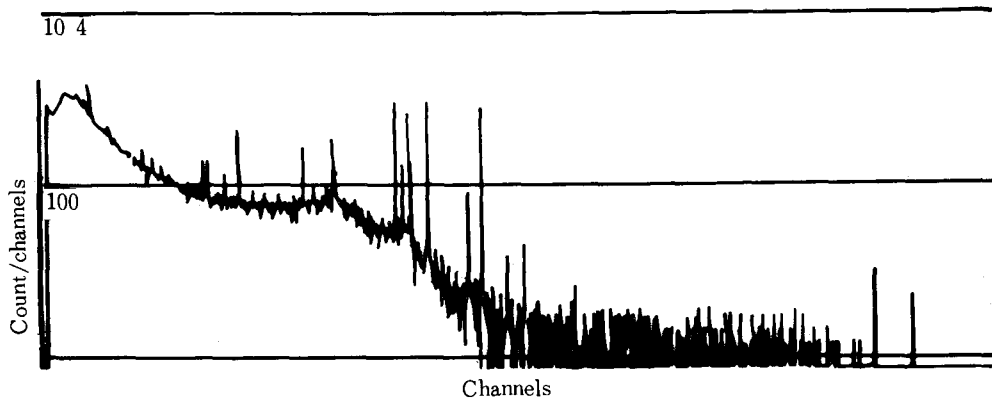


Fig. 2 Gamma ray spectrum of Amaranth for medium life
cooling time : 28 hour
geometry : 6 cm from detector
counting time : 3 sec

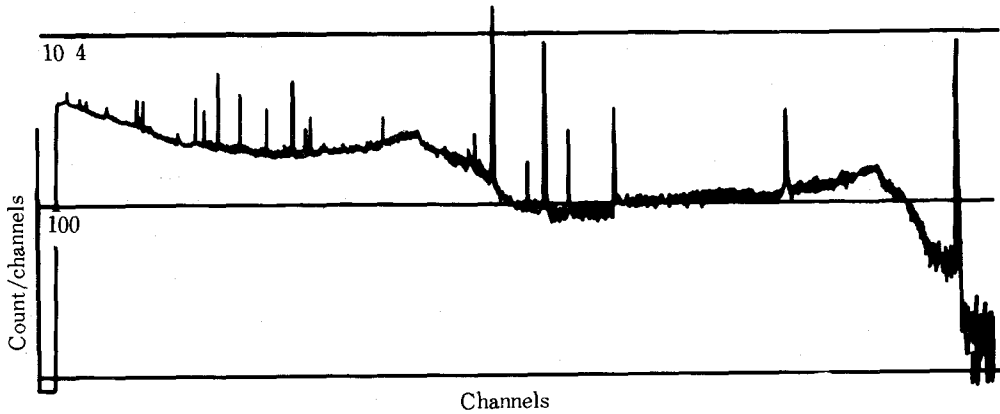


Fig. 3 Gamma ray spectrum of Amaranth for long life cooling time : 4 week geometry : 1 cm from detector counting time : 2000 sec

long life에서 측정된 원소는 ^{65}Zn , ^{59}Fe , ^{60}Co , ^{203}Hg , ^{51}Cr , ^{46}Sc 이며 Fig 3과 같다.

결과 및 고찰

무기질 함량

1 Na 및 K의 함량

본 구황식품 중에서 Na 및 K의 함량을 중성자 방사화분석으로 정량한 결과는 Table 3과 같다.

① sodium

새료중에서 개비름의 Na함량은 41.9mg으로 가장 많은 양이었고, 그 외에 생강이 35.3mg, 표고버섯 33.7mg으로 많은 양이며 야생더덕이 5.4mg으로 가장 적은 함량을 보여 주었다.

부추의 Na함량은 8.9mg으로 박¹⁰⁾의 31.2mg, Herbert²⁸⁾의 36mg에 비하여 약 1/4의 적은 양이었다. 개비름의 Na함량은 41.9mg으로 박¹⁰⁾의 48.8mg과 비슷한 양이었으며 마늘의 Na함량은 9.1mg으로 Her-

bert²⁸⁾의 9mg과 거의 일치했으나 이¹¹⁾등의 50.8mg과는 큰차를 보였다. 도라지의 Na함량은 24mg으로 박¹⁰⁾의 10.8mg보다 2배이상 많은 함량이었고, 이²⁹⁾등의 18mg보다는 약간 많은 양이었다. 더덕의 Na함량 결과는 재배더덕이 9.8mg, 야생더덕이 5.4mg으로 박¹⁰⁾의 9.6mg과 비슷했으나 박³⁰⁾의 보고에서는 재배더덕이 0.0195~0.0407mg, 야생더덕이 0.0238mg으로 상이한 값이었다.

② potassium

K함량은 부추가 7099.1mg으로 가장 많았고, 쑥 3503.3mg, 생강 1886.6mg, 개비름 1741.6mg, 마늘 1078.6mg이었으며 도라지 더덕 표고버섯등은 250~430mg 정도였다.

부추의 K함량은 7099.1mg으로 박¹⁰⁾의 192.1mg, Herbert²⁸⁾의 380mg과 비교해 볼 때 20~30배 높은 함량이었고, 개비름은 본 실험결과에서 1741.6mg으로 박¹⁰⁾의 204.1mg과는 8배이상 많은 함량차가 났다. 마늘은 1078mg으로 Herbert²⁸⁾의 130mg, 이¹¹⁾등의

Table 3. Na, K contents in materials

(mg% : dry weight)

materials elements	Chinese chives	Amaranth (boiled)	Mugwort	Ginger	Garlic	R. of bell flower	Cultured duduk	Wild duduk	C. edodes
^{24}Na	8.9	41.9	23.7	35.3	9.1	24.0	9.8	5.4	33.7
^{42}K	7099.1	1741.6	3503.1	1886.6	1078.6	428.9	426.8	256.0	429.3

137.6mg과 비교해볼 때 8배 이상이었고, 도라지의 K함량은 428.9mg으로 박¹⁰⁾의 105.4mg, 이²⁹⁾ 등의 174mg보다 2~4배 많은 함량이었다. 더덕의 K함량은 재배더덕이 426.8mg, 야생더덕이 256.0mg으로 박³⁰⁾ 등의 보고에서 재배더덕이 20.8~32.1mg, 야생더덕이 24.7~29.6mg인 것과 비교하여 20배 및 8배 이상의 많은 차를 보여 주었다.

본 실험결과가 대부분 이미 보고된 결과보다 높게 나타난 것은 방사화 분석법의 장적인 감도가 높고 분석시료를 파괴할 필요가 없으므로 무기질의 손실을 막을 수 있다는데서 차이가 생기는 것으로 사료된다.

2) Fe, Cu, Co, Zn 및 Mo의 함량

시료중에서 Fe, Cu, Co, Zn 및 Mo함량을 정량한 결과는 Table 4와 같다.

① Iron

식품중에 혈액과 상관이 높은 Fe함량은 마늘, 도라지, 더덕, 표고버섯, 생강, 부추등에 5.66~66.42ppm으로 나타났으나 개비름은 143.84ppm, 쑥은 112.73ppm으로 많은 함량을 보여주었다.

부추의 Fe함량은 66.42ppm으로 Herbert²⁸⁾의 달래과인 Leek 연구보고에서 13ppm으로 보고하고 있는데 서양인이 즐겨 이용하고 있는 채소에 비하여 한국, 중국인이 즐겨 식용하는 부추가 5배 이상의 많은 Fe함량을 보여 주고있다. 더덕의 Fe함량은 재배더덕이 50.73ppm, 야생더덕이 44.32ppm으로 박³⁰⁾의 재배더덕 1.82~4.06ppm, 야생더덕 1.95ppm에 비하여 많은 함량을 보여 주었다. 본 실험결과 쑥에는 112.73ppm, 개비름에는 143.84ppm으로 다른

식품에 비해 많은 함량이므로 빈혈환자나 여자들에게 권장할 만한 식품으로 조리방법등을 다양하게 개발하여 식용해야 할 것이다.

② Copper

Cu함량은 부추가 104.84ppm으로 가장 많았고 개비름이 60.80ppm으로 많았으며 쑥에도 12.60ppm이었다. Cu는 자연계에 존재하는 일부색소의 필수적인 구성성분이며 hemoglobin합성, 정상적인 골격형성 및 신경계내의 수소에 대하여 필수인자로 작용하며³¹⁾ 미국의 RDA³²⁾에서 성인하루 2.0~2.5mg 권장하고 있다.

③ Cobalt

종래에는 초미량으로 존재하는 Co함량을 측정하기 힘들었지만 방사화 분석법으로 Co함량은 조사한 결과는 개비름이 2.52ppm으로 가장 많은 양을 보였고 쑥은 0.20ppm, 부추는 0.12ppm이었다.

Co는 VtB_{12} 의 구성성분이므로 쑥, 부추, 개비름 등은 빈혈에 좋은 식품이라 하겠다.

④ Zinc

Zn함량은 표고버섯이 72.54ppm, 개비름이 71.06ppm, 쑥이 64.99ppm으로 더덕의 7.82~7.92ppm보다 약 10배정도 많은 함량이었다.

더덕의 Zn함량은 재배더덕이 7.82ppm, 야생더덕이 7.92ppm으로 박³⁰⁾ 등의 1.48~3.30ppm, 2.20~2.77ppm 보다 약 3배정도 많은 함량이었다. 식품중의 Zn함량은 종류와 품종에 따라 다르며 식물이 자라는 토지의 pH와 유기물의 미량원소 함량에 따라 차이가 크다.³³⁾ Zn은 인체에서 성장발육촉진, 성선성숙, 피부, 미각, 식욕등에 밀접한 관계가 있으며³⁴⁾ 후각과 시각에도 관여한다.³⁵⁾ RDA에서는 성인 하루

Table 4. Fe, Cu, Co, Zn, Mo contents in materials

materials elements	(ppm : dry weight)								
	Chinese chives	Amaranth (boiled)	Mugwort	Ginger	Garlic	R. of bell flower	Cultured duduk	Wild duduk	C. edodes
⁵⁹ Fe	66.42	143.84	112.73	41.78	5.66	8.73	50.73	44.32	51.26
⁶⁴ Cu	104.84	60.80	12.60	—	3.65	—	7.02	—	—
⁶⁰ Co	0.12	2.52	0.20	0.11	0.16	0.009	0.074	0.041	0.18
⁶⁵ Zn	23.27	71.06	64.99	22.82	14.78	26.48	7.82	7.92	72.54
⁹⁹ Mo	45.45	12.24	—	32.31	4.19	1.44	5.98	5.99	9.33

— : Not detected

최저 Zn섭취량을 15mg으로 정하고 있다.

Murphy³⁶⁾ 등은 각 식품의 Zn함량에 관한 보고에서 생선, 가리류, 갑각류(게, 굴은 제외) 등은 2.3mg%, 달걀은 0.5mg%, 육류는 3.5~4.7mg%의 Zn함량을 함유하고 있다고 보고했는데 본 실험 결과 개비름 7.1mg%, 표고버섯 7.3mg%, 썩 6.5mg% 등은 동물성 식품보다 많은 Zn함량을 갖고 있음을 알 수 있다.

⑤ Molybdenium

Mo함량은 부추에서 45.45ppm, 생강이 32.31ppm으로 많은 함량을 보여 주었다.

Mo은 purine대사에 관여하며 uric acid의 형성에 중요한 역할을 하며 Fe와 함께 결합되어 충치를 예방하기도 한다.³⁷⁾

RDA³²⁾에서 성인 하루 권장량은 0.15~0.5mg이다.

3) Hg, Cr, Au, Sm, Br, La 및 Sc의 함량

시료중에서 Hg, Cr, Au, Sm, Br, La 및 Sc의 함량을 정량한 결과는 Table 5와 같다.

① Mercury

시료중에서 Hg함량은 부추가 0.11ppm, 생강이 0.14ppm이고, 개비름, 재배더덕, 표고버섯이 0.02~0.04ppm을 보여 주었고 썩, 마늘, 야생더덕에서는 검출되지 않았다. 쇠비름 속에는 Hg이 많이 함유되어 (0.22~0.47ppm) 있어서 해독, 독충물린데, 신경통, 무좀, 열독 등에 효과가 있다고 하며 비름에는 0.06~0.10ppm 함유되어 있다고 보고했다.³⁸⁾ 본 실험에서 개비름은 0.02ppm으로 쇠비름보다 1/10~1/

20 정도이며 비름보다는 1/3~1/5정도 적게 함유하고 있었다.

FAO/WHO에서는 전체 식사에 대하여 메틸수은으로 0.02~0.05ppm을 잔류기준으로 정하고 있고 Hg섭취 최대 허용량은 0.3mg/1주일로 정하고 있다.³⁹⁾

② Chromium

Cr은 개비름이 0.5ppm으로 가장 많은 양이고 그 이외의 것은 0.13~0.36ppm 정도이며 야생더덕에서는 검출되지 않았다.

Cr은 Cholesterol합성과 Energy 대사를 촉진시켜 주며 혈액중에 당질을 정상으로 보존하는 작용을 하며³⁴⁾ RDA³²⁾에서는 1일 0.05~0.20mg을 권장하고 있다.

③ Gold, Samarium, Bromum, Lanthanium 및 Scandium

식품속에서 극미량 존재하는 Au, Sm, Br, La, Sc은 방사화 분석결과 검출이 가능하였다.

Br은 부추에서 40.40ppm으로 월등이 많은 양이며, 개비름, 썩도 8.44ppm, 4.91ppm 함유하고 있다.

물속에는 0.2ppm 함유되어 있고 포유동물에 필수적이라고는 알려져 있지 않지만 인체에 대한 독성은 거의 보고되지 않고 있다.⁴⁰⁾ 전²¹⁾의 식물중 방사화 분석 보고에서 Br함량은 쌀 15ppm, 보리 8.8ppm, 사과 1.13ppm, 콩 1.36ppm, 양배추 18.50ppm으로 보고하고 있다.

Table 5. Hg, Cr, Au, Sm, Br, La, Sc contents in materials

(ppm : dry weight)

materials elements	Chinese chives	Amaranth (boiled)	Mugwort	Ginger	Garlic	R. of bell flower	Cultured duduk	Wild duduk	c. edodes
²⁰³ Hg	0.11	0.02	-	0.14	-	0.04	0.03	-	0.04
⁵¹ Cr	0.13	0.50	0.17	0.20	0.15	0.36	0.21	-	0.16
¹⁹⁸ Au*	4.8	3.8	2.5	3.6	0.058	5.05	7.2	37	10.2
¹⁵³ Sm*	-	38	5	-	2	5	8	0.9	13
⁸² Br	40.40	8.44	4.91	1.67	-	0.009	0.92	0.26	-
¹⁴⁰ La	0.0057	1.4	0.124	0.181	0.004	0.124	0.244	0.089	0.085
⁴⁶ Sc*	12	18	18	25	0.2	5.6	2.3	5.2	18.9

- : not detected

* : ppb

최근에 와서 Se, Ge 등도 인체에 중요한 무기질로 알려짐에 따라 식품중의 Se, Ge 함량 조사도 이루어져야 할 과제이다.

요 약

구황식품중 9종류를 감출감도가 높고 시료의 비 파괴 분석이 가능한 방사화 분석법으로 무기질을 정량한 결과는 다음과 같다.

1. 부추에는 K 7099.1mg%, Cu 104.84ppm, Mo 45.45ppm, Br 40.40ppm으로 다른 식품에 비해 많은 함량을 갖고 있었다.
2. 개비름은 Zn 71.06ppm, Co 2.52ppm, La 1.4ppm 등 조철 필수원소등을 많이 함유하였다.
3. 쑥은 Na, K, Fe, Cu, Co, Zn, Br 등 대부분의 무기질이 많이 함유되어 있는 영양학적으로 우수한 식품이라 볼 수 있다.
4. 본 재료들의 K와 Na의 함량비는 부추가 796 : 1로 가장 크며 쑥, 마늘이 147 : 1, 118 : 1이고 그 이외에는 12 : 1~53 : 1이다.
5. 부추 개비름 쑥에는 Fe와 더불어 Cu, Co가 많이 함유되어 있다.
6. 생강에는 Hg가 0.14ppm으로 다른 식품보다 5~6배 많았으며 Sc도 25ppb함유하고 있다.
7. 식품속에서 극미량 존재하는 Au, Sm, Br, La, Sc등도 분석가능 하였다.

문 헌

1. 이용익·김정균 : 식용구황식물의 이용(II). 명지대논문9집, 667(1978)
2. 김희선·김숙희 : 조선후기 기근 만성화와 구황식품 개발의 사회 경제적 고찰. 한국식문화학회지, 2, 81(1987)
3. 서유구 : 임원경제지(2), 보경문화사, 224(1983)
4. 오상환·조무현 : 한국인과 한국산 식품중 셀레니움 함량분포. 한국영양학회지, 16, 185(1983)
5. 한국식품연구 문헌총람(2), 112(1969-1976)
6. Robert, M. R. : Zinc and the special senses. *Annals of internal medicine*, 99, 227(1983)
7. Shils, M. E. and Young, V. R. : *Modern Nutrition in Health and Disease*. Lea&Febiger, 7ed,

194(1988)

8. 박종식 : 한국상용식품중의 무기질 함량에 대한 연구, I. 채소와 과실중의 Sodium 및 Potassium 함량에 대하여. 한국영양학회지, 7, 31(1974)
9. 박종식 : 한국상용식품중의 무기질 함량에 대한 연구, II. 곡류중의 Sodium 및 Potassium 함량에 대하여. 한국영양학회지, 8, 61(1975)
10. 박종식 : 한국상용식품의 무기질 함량에 대한 연구, V. 채소중의 Na 및 K함량에 대하여. 덕성여대논문집, (1978)
11. 이영우·유종근 : 한국 상용식품중의 무기물 함량에 관한 연구, 한국영양학회지, 12, 95(1979)
12. 전세열·신현순·김옥찬 : 식용버섯의 무기질에 관한 연구, 인간과학, 3, 179(1979)
13. 박훈·이동석 : 한국산 보리의 화학조성에 관한 연구. 한국식품과학회지, 7, 82(1975)
14. 홍영숙·신정래 : 곡류중의 미량원소에 관한 연구. 한국영양학회지, 8, 39(1975)
15. 최홍식·이남숙·권태환 : 보리가루 영양성분 조성에 관하여. 한국식품과학회지, 8, 260(1976)
16. 김성근, 최홍식 : 현미입내의 칼슘 인 철 비타민 B₁ 및 B₂의 분포에 관한 연구. 한국식품과학회지, 11, 122(1979)
17. 서종덕 : 해조류중의 미량금속의 분석에 관한 연구(III). 영남대논문5집, 377(1971)
18. 이종호·성낙주 : 해조류의 무기성분. 한국영양학회지, 9, 51(1980)
19. 이윤영·A. Traves : 방사화분석법에 의한 쌀속의 미량원소 연구. 원자력연구논문집, 9, 23(1969)
20. 전세열 : 방사화 분석법에 의한 식품중의 잔류수은의 정량. 한국식품과학회지, 3, 135(1971)
21. 전세열 : 방사화분석법에 의한 식물중의 Br, As, Hg, Se의 정량. 한국식품과학회지, 3, 144(1971)
22. 전세열 : 방사화분석법에 의한 식품중의 Se의 정량. 한국식품과학회지, 4, 61(1972)
23. 전세열 : 한국식품중의 Se함량에 관한 연구. 한국식품과학회지, 5, 55(1973)
24. 김용화·이윤자·이서래 : 방사화분석법에 의한 미곡중 네오아진 잔류분에 관한 연구. 한국식품과학회지, 13, 20(1981)
25. 岡田 実 : 放射化による非破壊分析. *Radio Isotopes*, 13, 80(1964)
26. 山田芳雄 宮口尹男 : 生體試料の放射化分析. *Radio Isotopes*, 20, 33(1971)
27. T. B. Johansson, etal. : *Nucl. Instrum. Methods*, 84, 141(1970)

28. Herbert W. Ockerman, Ph. D : Source Book for Food Scientists. The AVI Publishing Co., INC., 669(1978)
29. 이월형 · 이만정 : 도라지의 Ca, Mg, K, Na, P와 이들의 수침과 Boiling에 따른 변화, 한국영양학회지, 3, 35(1974)
30. 박부덕 · 박용곤 · 최광수 : 더덕의 년근별 화학성분에 관한 연구, 한국영양학회지, 14, 274 (1985)
31. 승정자 : 극미량 원소의 영양, (민음사), 75, (1984)
32. National Research Council : Recommended Dietary Allowance. 9th ed., National Academy of Sciences, Washington, D. C.(1980)
33. Helen, L. C., Howard C. H. : Environmental Geochemistry in Health and Disease. The geological society of America Inc. (1978)
34. Underwood, E. J. : Trace Elements in Human and Animal Nutrition. 4th, 212(1977)
35. S. A. Morrison, R. M. Russell, E. A. Carney and E. V. Oakes : Zinc deficiency as a cause of abnormal dark adaption in cirrhosis. *Am. J. clin. Nutr.*, 31, 276(1978)
36. Murphy, E. W., B. W. Willis and B. K. Watt : *J. Am. Dietet. Asso.*, 66, 345(1975)
37. Losee, F., Cutress, T. W. and Brown, R. : Trace subst., *Environ., Health-7, Proc. uni. M. Annu., Conf.*, 7th 19(1973)
38. 이성우 : 한국식품문화사(교문사) 196(1984)
39. world Health Organization, Technical Report Series, Nr., 505, Genf(1972)
40. Shamberger. R. J. : Trace element in Health. *Rose*, 167(1983)

(Received May 22. 1989)