

# Aktivációs analízis az élelmiszer-analitikában IX. Korszerű eljárások az élelmiszervizsgálatokban

*Szabó S. András*

Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem, Élelmiszerkémiai és  
Táplálkozástudományi Tanszék, Budapest

Érkezett: 1991. április 10.

Cikksorozatunkat azzal a céllal indítottuk az ÉLELMISZERVIZSGÁLATI KÖZLEMÉNYEK hasábjain, hogy bemutassuk az aktivációs analízisnek (AA), a nukleáris méréstechnika e széleskörűen, s több, mint 50 éve alkalmazott módszerének élelmiszervizsgálatokra történő felhasználási lehetőségeit.

Az I. részben [1] a klasszikus (késeletetett) AA elvi alapjait tárgyaltuk, a II. rész [2] egyes mikroelemek, a III. rész [3] a makroelemek neutronaktivációs (NAA) meghatározási lehetőségeit ismertette. A IV. részben [4] a prompt méréstechnikáról, az V. részben [5] a röntgenemissziós analízisről, a VI. részben [6] a töltött részecskékkel történő aktiválásról (CPAA) esett szó. A VII. rész [7] a roncsolásmentes vanádiummeghatározás (INAA) témakörével, a VIII. rész [8] a PIXE eljárással foglalkozott.

Jelen dolgozatban – szorosan kapcsolódva az "Activation Analysis and its Applications" elnevezésű, Kínában 1990-ben tartott nemzetközi konferencia tapasztalataihoz – e korszerű, nagy teljesítőképességű és érzékenységgű, multieleemes méréstechnika élelmiszeripari vizsgálatokra történő alkalmazásának kérdéseiről esik szó. Megemlítem, hogy a konferencián a "Possibilities of applicability of prompt activation technique in the food chemistry" plenáris előadással szerepeltem – elsősorban az élelmiszerek börtartalmának, valamint fehérjetartalmának prompt neutronaktivációs, továbbá a stronciumtartalom röntgenfluoreszcenciás meghatározásának kérdéseit elemezve – s egyúttal elláttam a "Biogeochemistry" szekció elnöki feladatait is [9]. A konferenciát egyébként lényegében az MTAA (Modern Trends in Activation Analysis) konferenciák sorában – 1990. október 15-19 között Pekingben rendezték, s a 39 országból érkezett több, mint 100 szakember a poszterekkel együtt 160 előadást tartott [10].

## Aktivációs analízis (AA) élelmiszeranalitikai célokra

Ismeretes, hogy az AA – Hevesy és Levi munkásságának köszönhetően – 1936-ban indult el világhódító útjára, s ma már, több, mint fél évszázaddal a kezdetet követően bátran állíthatjuk, hogy meg is hódította azt. Ezt az állítást kívánja alátámasztani az 1. táblázat is, amely arról tájékoztat, hogy az elemi összetétel meghatározására milyen hallatlanul elterjedt módszer az AA, s ezen belül is a

neutronaktiváció (NAA). Az IAEA-A-11 jelű standard (tejpor) minta 14 elemi komponensre – K, Ca, P, Cl, Na, Mg, Zn, Rb, Fe, Cu, Mn, Se, Co, Hg – irányuló körvizsgálatában egyébként 24 ország nagyszámú laboratóriuma vett részt [11].

1. táblázat

Az IAEA-A-11 jelű SRM összetételének vizsgálatára alkalmazott mérés technikák %-os megoszlása 24 ország laboratóriuma között (Suschny és mtsai, 1982)

Alkalmazott mérés technika	%-os arány
NAA	42,5
AAS	20,9
MS	18,4
XRF	7,5
Összes többi	10,7
Összesítve	100,0

### Neutronaktiváció

A pekingi konferencia előadásainak döntő része az aktivációs analitikán belül a reaktoros roncsolásmentes (instrumental NAA, azaz INAA) és a roncsolásos (radiochemical NAA, azaz RNAA) neutronaktiváció témakörével foglalkozott, klasszikus és prompt módszereket egyaránt alkalmazva. Nézzük röviden néhány olyan előadást, amelynek élelmiszerkémiai, táplálkozástani vonzatai voltak. (Természetesen maga a konferencia nem specializálódott e területre, hiszen a rákkutatástól a régészettig, a felvezető-technikától az ipari környezetszennyezési problémákig szinte minden tématerületen volt néhány előadás.)

G.D. Kanas "Nutrient and other trace elements in instant soups" c. előadásában [12] különböző görög instant levesporok összetételének INAA módszerrel való vizsgálatáról számolt be. A mérés lényege az volt, hogy 0,3 g tömegű mintákat kvarc ampullában  $3,9 \cdot 10^{13} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  fluxusban reaktorban aktiváltak 30 órán át, majd 1 hónapos hűtési idő után a gamma spektrumokat Ge(Li) detektorhoz csatolt 9192 csatornás analizátorral vették fel, meghatározva a cézium, kobalt, vas, rubidium, szkandium, stroncium, ezüst és cink koncentrációkat. A 2. táblázat a mikroelemvizsgálatok adatait mutatja mg/kg szárazanyag egységben, feltüntetve a vizsgált instant levespor minták számát, a mért maximális és minimális koncentrációt, az átlagot s a szórás. A 3. táblázat pedig arról informál, hogy 1 adag (instant levesporból készült) leves mekkora mennyiséget tartalmaz a vizsgált nyomelemekből. A vizsgálati adatokból egyrészt információ nyerhető arról, hogy egyes kevésbé ismert mikroelemek (pl. Ag) milyen koncentrációban fordultak elő a különböző levesporokban, másrészt megállapítható, hogy az egyértelműen esszenciálisnak tekinthető vas és cink esetében, az ezen elemeket legnagyobb koncentrációban tartalmazó hagyma és borsó instant levesek tekintve egy-egy adag elfogyasztása a felnőtt ember napi szükségletének mintegy 8, ill. 2 %-át fedezi.



Instant levesporok elemi összetétele ppm-ben a szárazanyagra számítva

Elnevezés (mintaszám)	Fe	Zn	Co	Rb	Cs	Sc	Sr	Ag
	Minimum - maximum (átlag ± szórás) ppm							
<b>Marha</b> [9]	5.3-13 (8.7±2.9)	2.2-4.1 (3.2±0.73)	0.017-0.035 (0.026±0.0067)	3.2-6.3 (4.9±0.94)	0.030-0.10 (0.064±0.025)	0.00030-0.00098 (0.00063±0.00022)	-	-
<b>Csirke</b> [7]	4.9-8.1 (6.9±1.3)	1.9-3.6 (2.7±0.57)	0.010-0.023 (0.015±0.0054)	0.81-1.1 (0.93±0.11)	0.0044-0.0068 (0.0056±0.00097)	0.00050-0.0014 (0.00077±0.00039)	-	0.0038-0.010 (0.0070±0.0043)
<b>Gomba</b> [12]	6.2-21 (15±5.1)	3.4-9.1 (5.9±1.5)	0.056-0.094 (0.068±0.011)	1.9-5.4 (3.6±1.0)	0.0065-0.023 (0.015±0.0040)	0.00094-0.0055 (0.0035±0.0023)	-	0.040-0.35 (0.17±0.087)
<b>Hagyma</b> [9]	27-59 (49±12)	14-18 (16±1.6)	0.026-0.047 (0.036±0.0091)	3.7-4.7 (4.2±0.30)	0.014-0.023 (0.017±0.0029)	0.0016-0.0028 (0.0019±0.00036)	12-15 (14±1.5)	-
<b>Borsó</b> [5]	27-37 (32±4.3)	11-17 (13±2.8)	0.028-0.040 (0.035±0.0070)	1.8-2.2 (2.1±0.17)	0.0054-0.020 (0.014±0.0064)	0.0016-0.0029 (0.0020±0.00052)	-	0.026-0.085 (0.0055±0.041)
<b>Paradicsom</b> [9]	13-34 22±6.2	6.3-9.1 (7.3±0.77)	0.023-0.12 (0.071±0.039)	8.0-19 (11±4.7)	0.023-0.082 (0.042±0.023)	0.0014-0.0031 (0.0022±0.00071)	2.8-6.3 (4.9±1.8)	0.0039-0.010 (0.0070±0.004)
<b>Paradicsom paprikával [3]</b>	23-32 (27±4.7)	10-11 (10±0.57)	0.32-0.45 (0.38±0.028)	7.1-8.6 (7.9±0.72)	0.033-0.054 (0.039±0.010)	0.0022-0.0041 (0.0031±0.0013)	-	-
<b>Zöldség</b> [8]	15-24 20±3.1	6.1-8.8 (7.6±0.99)	0.030-0.20 (0.083±0.058)	2.3-4.3 (3.0±0.76)	0.0063-0.021 (0.012±0.0052)	0.0022-0.0029 (0.0025±0.00027)	8.8-9.9 (9.4±0.48)	0.0090-0.015 (0.012±0.0042)
<b>Zöldség paradi- csommal [3]</b>	19-46 (32±12)	7.2-9.6 (8.5±1.2)	0.10-0.18 (0.13±0.043)	8.2-11 (10±1.8)	0.017-0.029 (0.024±0.0064)	0.0010-0.0034 (0.0026±0.0013)	-	-

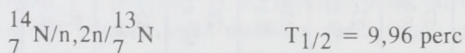
-: kimutatási határ alatt

Egy adag instant levespor mikroelem tartalma

Elnevezés	Fe	Zn	Co	Rb	Cs	Sc	Sr	Ag
Marha	140	53	0.45	81	1.1	0.010	-	-
Csirke	100	40	0.21	14	0.086	0.011	-	0.10
Gomba	250	95	0.94	63	0.27	0.057	-	2.8
Hagyma	900	290	0.53	77	0.31	0.035	240	-
Borsó	770	310	0.85	51	0.34	0.048	-	1.3
Paradicsom	420	140	1.6	240	0.87	0.051	120	0.13
Paradicsom paprikával	460	170	6.2	130	0.66	0.053	-	-
Zöldség	440	170	1.9	67	0.28	0.054	200	0.26
Zöldség paradicsommal	500	130	2.0	160	0.37	0.040	-	-
USA-ban megengedett napi adag	10000	15000						
Görög megengedett napi adag	10000	15000						

Al-Jobbori és mtsai [13] előadásának címe a következő volt: Trace and toxic element determination in drinking water of Iraq by neutron activation analysis. A 30 különböző helyről gyűjtött mintákat salétromsavas megsavanyítás után koncentrálnálással céljából bepárolták (1 l-ről 20 ml-re), majd kvarc ampullákban 50 ml betöményített vízmintát aktiváltak 5 percen át az IRT 5000 reaktor  $7 \cdot 10^{11} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  fluxusában, mérésre 2,5 ill 2,0 keV energiáfelbontású Ge(Li), ill. HpGe detektort alkalmazva. A 4. táblázatban látható az iraki ivóvíz elemi összetétele.

Knorrr és mtsai [14] "Protein determination in single grains by INAA" c. előadásunkban búza fehérjetartalmának 14 MeV energiájú, neutrongenerátorból nyert neutronokkal való besugárzással történő meghatározásról számoltak be. A besugárzási idő 30 perc, a hűtési idő 3 perc volt, a  $\beta^+$  emisszió detektálására  $5'' \times 4''$  NaI(Tl) szcintillációs detektor szolgált. A N-meghatározás alapjául a következő reakció szolgált:



Deng és Li[15] előadása – Study of boron in legume forrages using solid state nuclear track detector – a bór neutronradiográfiás meghatározásával foglalkozott hüvelyesekben. A bóreloszlás és transzlokáció vizsgálatára szilárdtest nyomdetektort (SSTD) alkalmaztak.



Az iraki ivóvíz elemi összetétele ( $\mu\text{g/l}$ )

Elem	Tartomány	Átlag $\pm$ szórás	Elem	Tartomány	Átlag $\pm$ szórás
Na*	2.40-235.4	57.4 $\pm$ 50.3	Zn	7.93-1615.	248. $\pm$ 343.
Mg*	0.55-10.13	4.82 $\pm$ 2.36	As	1.03-6.24	2.85 $\pm$ 1.68
Al*	0.07-1.68	0.47 $\pm$ 0.38	Br	0.10-29.8	4.82 $\pm$ 7.65
Si*	1.10-18.04	3.21 $\pm$ 3.78	Rb	0.95-4.11	2.61 $\pm$ 1.29
Cl	0.437-15.96	5.45 $\pm$ 7.18	Sr	0.41-2.65	1.18 $\pm$ 0.703
Ca*	19.10-236.9	85.4 $\pm$ 7.18	Mo	0.183-16.1	5.09-3.84
Sc	0.013-0.53	0.08 $\pm$ 0.1224	Sb	0.18-1.99	0.49 $\pm$ 0.47
V	0.766-4.02	1.66 $\pm$ 0.78	I	0.63-6.45	3.54 $\pm$ 4.11
Cr	0.365-5.29	1.65 $\pm$ 1.42	Ba	12.12-315.6	88.1 $\pm$ 86.4
Mn	0.16-16.5	8.14 $\pm$ 6.7	Ce	0.145-2.18	0.81 $\pm$ 0.74
Fe	35.0-1425.	238 $\pm$ 378.	U	0.218-4.316	1.35 $\pm$ 0.94
Co	0.045-0.69	0.27 $\pm$ 0.24			

"Thermal neutron activation analysis of mineral nutrients in different varieties of rice in India" c. előadásukban Patil és mtsai [16] különböző rizsfajták Na, K és Mn tartalmának vizsgálatáról számoltak be.  $^{252}\text{Cf}$  neutronforrást s 24 órás felaktiválást alkalmazva az (n, $\gamma$ ) reakciókban keletkezett  $^{24}\text{Na}$ ,  $^{42}\text{K}$  és  $^{56}\text{Mn}$  1369, 1525 és 847 KeV-os  $\gamma$  vonalát mérték HPGe detektorral. A mérési adatok az 5. táblázatban láthatók.

5. táblázat

Különböző indiai rizsfajták Na, K és Mn tartalma neutron aktivációs elemzéssel

	Na		K		Mn	
	mag	héj	mag	héj	mag	héj
K-148	70 $\pm$ 4	54 $\pm$ 2	5871 $\pm$ 43	4213 $\pm$ 66	41 $\pm$ 1	47 $\pm$ 5
Ratna	141 $\pm$ 11	80 $\pm$ 3	3202 $\pm$ 266	3411 $\pm$ 35	32 $\pm$ 3	126 $\pm$ 10
Masuri	72 $\pm$ 2	101 $\pm$ 8	2417 $\pm$ 44	4583 $\pm$ 109	28.7	190 $\pm$ 8
Indrayani	52 $\pm$ 2	568 $\pm$ 39	2239 $\pm$ 158	3369 $\pm$ 158	33 $\pm$ 2	244 $\pm$ 6
Basumatee	71 $\pm$ 1	80 $\pm$ 2	2346 $\pm$ 161	3450 $\pm$ 103	18.2 $\pm$ 0.2	46.6 $\pm$ 0.6
Ratnagiri-1	53.1 $\pm$ 0.1	127 $\pm$ 2	1640 $\pm$ 45	2473 $\pm$ 57	22 $\pm$ 2	180 $\pm$ 7
Panvel-1	39.1 $\pm$ 0.7	135 $\pm$ 1	2509 $\pm$ 110	2780 $\pm$ 69	30.7 $\pm$ 0.2	150 $\pm$ 27

Érdekes adatokat közöltek tengeri eredetű élelmiszerek As, Hg, Sb és Se tartalmának INAA méréséről – The determination of arsenic, mercury, antimony and selenium in Malaysian sea foods by instrumental neutron activation analysis – Sarmani és mtsai [17]. A liofilizált, mintegy 200 mg tömegű mintákat kvarc fiolákban

sugározták be 8-36 órán át 1 MW teljesítményű TRIGA reaktorban, s a  $\beta$ -spektrum felvételére 1,8 keV energiafelbontású ORTEC HPGe detektorhoz csatolt Nuclear Data ND66 sokcsatornás analizátor szolgált. Az egyes elemek jellemző izotópjait, a mért  $\gamma$ -vonalak energiáját s a meghatározott koncentráció-tartományt a 6. táblázat mutatja. Malajsiában egyébként az 1 főre napi átlagos halfogyasztás mintegy 100 g.

6. táblázat

As, Hg, Sb és Se meghatározás tengeri eredetű élelmiszermintákban  
(tintahal, makréla, garnéla rák)

elem	mért izotóp	jellemző $\gamma$ energia /keV/	koncentrációtartomány mg/kg eredeti anyag
As	$^{76}\text{As}$	559.0	0.67-6.82
Hg	$^{203}\text{Hg}$	279.1	0.08-0.34
Sb	$^{122}\text{Sb}$	564.0	0.05-0.45
Se	$^{75}\text{Se}$	264.6	0.30-1.15

Sun és mtsai [18] "Determination and evaluation of toxic and trace elements in chinese foodstuffs" c. előadásukban kínai élelmiszerek mikroelem-összetételének vizsgálati eredményeit ismertették. Az INAA és RNAA módszerrel végzett – az IAEA által támogatott – kutatómunka során több, mint 100 különböző, Kínában használatos élelmiszer összetételét határozták meg, majd a táplálkozási szokásoknak megfelelően számították a napi mikroelemfelvételt. A kalkuláció során a fogyasztott ivóvíz nyomelem-összetételét nem vették figyelembe. Néhány nagyobb városra vonatkozóan az 1 főre számított átlagos napi felvétel a 7. táblázatban látható.

7. táblázat

Napi átlagos mikroelemfelvétel Kínában

Város	As	Br	Cd	Cr	Cu	Hg	Sb	Se	Zn
Beijing	42.6	1145	38.2	166	1738	52.2	832	107	7939
Shanghai	52.2	519	36.8	167	1213	6.4	648	91.5	6028
Xian	46.2	1132	40.0	184	1782	5.0	978	119	8729
Wuhan	63.2	528	39.4	142	1556	5.8	640	76.9	7882
Chengdu	58.9	1087	42.8	177	1699	5.6	684	120	1301

Tian és mtsai [19] "Study on the distribution of selenium and other elements by NAA and biochemical technique" c. munkája foglalkozott a különböző gabonafehérje-frakciók (globulin, albumin, gliadin) Se-tartalmának NAA meghatározásával. Kimutatták, hogy a jó szelén-ellátottságú területeken termelt gabona fehérjei szigni-

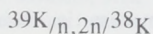
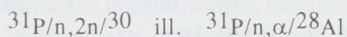
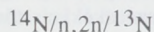


fikásan magasabb Se-tartalmúak, mint a közepes Se-tartalmú talajokon termeltek. Magas Se-tartalmú területen termelt gabona globulin frakciója pl. 103 mg/kg Se-t tartalmazott, míg a normál területen termelt gabona esetében a globulin Se-koncentrációja csupán 4,1 mg/kg-nak adódott. Hasonló különbségek – nagyságrendnyi eltérés – volt mérhető az albumin és gliadin proteinfrakciók Se-tartalmában is.

Wang [20] a fehérjetartalom meghatározására kidolgozott módszerét ismertette a "Determination of whole-body protein in small animals by IVNAA" és a "Background investigation on the determination of nitrogen by IVNAA" munkáiban, amely lehetőséget nyújt a fehérjetartalom in vivo mérésére is. Az eljárás alapja a  $^{14}\text{N}/n, \gamma/^{15}\text{N}$  reakció, a neutronforrás Pu-Be, s mérte a 10,8 MeV energiájú prompt  $\gamma$ -sugárzás.

Xiao [21] 14 különböző típusú kínai tea elemi összetételét határozta meg 300-400 mg szárított és porított teából 10 órás,  $5,7 \cdot 10^{12} \text{ n}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  termikus neutronfluxusban történő felaktiválás után. A mérésre 3, ill. 15 nap hűtési időt követően került sor. A mért adatokról – ennek jelentőségét az támasztja alá, hogy a kínaiak nagy teafogyasztók – a 8. táblázat tájékoztat.

Ugyancsak Xiao [22] – Simultaneous determination of N, P, K in plants by MeV neutron activation analysis (FNAA) – ismertette a különböző növényi élelmiszerek (pl búza, bab), és K tartalmának meghatározására kidolgozott FNAA (gyors neutronos) módszerét, 14 MeV-os neutronenergiát szolgáltató gyorsítót – neutrongenerátort – alkalmazva.  $10^9 \text{ n}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  fluxus esetén 10-10 perces felaktiválási és mérési időt alkalmazott, 1 perces hűtési idővel. A meghatározásra a következő reakciók szolgáltak:



A mérések relatív hibája N esetében 3 %-nak, P esetében 5 %-nak, K-nál 6 -nak adódott.

**8. táblázat**  
Kínai teák elemi összetétele

elem	koncentráció mg/kg
As	0.20-1.03
Br	1.37-6.97
Na	21.9-146.6
K	1.62-2.15 %
Zn	14.0-17.0
Ce	0.46-2.06
Ca	0.26-0.46 %
Ba	12.92-44.85
Th	0.06-0.23
Cr	0.12-1.52
Eu	0.02-0.06
Cs	0.02-0.13
Sc	0.08-0.24
Rb	1.87-118.6
Fe	207-690
Co	0.22-0.71
Sb	0.01-0.07
Hf	0.01-0.09

### Egyéb aktivációs analitikai mérés technikák

Bár az előadások – a NAA egyes válfajain kívül – gyakorlatilag az aktivációs és gerjesztéses módszerek teljes spektrumát (pl. XRF, PIXE, PIGE) átfogták, de ezen eljárások többnyire nem, vagy csak érintőlegesen foglalkoztak az élelmiszertudománnyal kapcsolatos témákkal. Így csupán egy – a témához kapcsolódó – előadást említék meg, amely azt a problémakört elemezte, hogy milyen különbség mérhető a cukorbeteg és az egészséges emberek hajának mikroelemtartalma között.

Yang [23] előadásának címe "Determination of some trace elements in hair of diabetics by energy dispersive fluorescence method" volt. A röntgenfluoreszcenciás mérésnél gerjesztő forrásként  $1,4 \cdot 10^9$  Bq aktivitású  $^{241}\text{Am}$  forrást használt, s a spektromot 4096 csatornás Canberra analizátorhoz kapcsolt 210 eV energiafelbontású Si/Li detektorral vette fel 1000 s ideig tartó méréssel. A vizsgálati adatok szerint a cukorbetegek hajának Cr-tartalma (átlag 3,07 mg/kg/, valamint Cu:Zn aránya (átlag 0,118) több, mint kétszerese az egészséges emberek hajában mérhető (átlagos Cr-tartalom 1,44 mg/kg, átlagos Cu:Zn arány 0,0548) értéknek.

### Várható fejlődési irányok az AA-ben

Úgy vélem egyetérthetünk Girardi [24] véleményével, mely szerint az AA módszereinek fejlődése három nagyobb szakaszra bontható. Az első, mintegy 19-ig tartó, több, mint 2 évtizedes időszakban (az un. hőskor) lényegében tisztázódtak az elméleti alapok, s egyértelműen bizonyítást nyert, hogy az AA igen érzékeny mérésekre képes a mikroelemvizsgálatok terén. A kb. 1970-ig tartó második korszakra az intenzív fejlődés (a legkülönbözőbb mérés technikák kifejlesztése és tökéletesítése, a computerizáció) volt jellemző. A jelenlegi, mintegy 2 évtizede tartó szakaszra (a felnőtte válás időszaka) pedig a technika egyre szélesebb körben való alkalmazása, gyakorlati felhasználása jellemző. Úgy vélem az AA felnőtt voltát jól jelzi az a tény is, hogy a kínai konferencián – ami egyébként már nevében is utalt az alkalmazásukra – az előadások több, mint 2/3 része kifejezetten a gyakorlati élet legkülönbözőbb területein való alkalmazhatóság témakörét tárgyalta, ill. bizonyította. Elvi-elméleti kérdésekkel, metodikai problémákkal csupán az előadások kisebb hányada foglalkozott.

Az olyan jellegű kérdésekre, hogy mi várható a jövőben? mindig érdekes és izgalmas a válaszkeresés, jól tudva természetesen azt, hogy a tévedés valószínűsége annál nagyobb, minél hosszabb időszakra kívánunk extrapolálni.

Úgy gondolom, hogy a jövőben egyre inkább teret hódítanak a prompt mérés technika egyes változatai, ezen belül pedig az egészen kis anyagmennyiségek –  $10^{-14}$ – $10^{-18}$  g – mérésére pedig a nagy tömegű, töltött részecskékkel történő besugárzásos eljárás. Új, fejlődő területnek minősíthető a rövid felezési idejű izotópok mérés technikája, s úgy vélem egyre realisabb közelségbe kerül az "in vivo" AA viszonylag széles körű orvosi-táplálkozástani-toxikológiai alkalmazása is. Komoly fejlődés várható az adatfeldolgozás területén is. Végezetül szeretném hangsúlyozni, hogy a gyors, roncsolásmentes aktivációs módszerek a jövőben komoly szerepet fognak betölteni az élelmiszeripari mérés technika számos területén. Ennek alapját abban látom, hogy az AA számos mérési eljárása nem igényel nagyberendezést (pl. atomreaktor), hanem viszonylag kis hely- és költségigényű, hordozható izotópforrások segítségével is kivitelezhető.

### Irodalom

1. Szabó A., Bogács J., Gundorin N., Kovács Z.: Aktivációs analízis az élelmiszer-analitikában I. Élelmiszervizsg. Közl., 23/5-6/, 224-229, 1977.
2. Szabó S.A., Bogács J., Mihályi É.: Aktivációs analízis az élelmiszer-analitikában II. Élelmiszervizsg. Közl., 25/3-4/, 61-64, 1979.



3. Szabó S.A., Gundorin A.N.: Aktivációs analízis az élelmiszer-analitikában III. Élelmiszervizsg. Közl., 28/4/, 183-186, 1982.
4. Szabó S.A., Szasin I.L.: Aktivációs analízis az élelmiszer-analitikában IV. Élelmiszervizsg. Közl., 28/5, 227-233, 1982.
5. Szabó S.A., Kiss B., Liszonymé-Gacsályi M., Török G.: Aktivációs analízis az élelmiszer-analitikában V. Élelmiszervizsg. Közl., 32/4/, 204-212, 1986.
6. Szabó S.A., Szashin I.L.: Aktivációs analízis az élelmiszer-analitikában VI. Élelmiszervizsg. Közl., 35/1/, 25-29, 1989.
7. Szabó S.A., Heydorn K., Damsgaard E.: Aktivációs analízis az élelmiszer-analitikában VII. Élelmiszervizsg. Közl., 35/1/, 25-29, 1989.
8. Szabó S.A., Borbély-Kiss I., Kispéter J., Koltay E.: Aktivációs analízis az élelmiszer-analitikában VIII. Élelmiszervizsg. Közl., 36/1/, 39-50, 1990.
9. Szabó S.A.: Utijelentés az "International Conference on Activation Analysis and its Applications (ICAAA) elnevezésű, Pekingben (Kína) tartott konferencián való részvételtől. Budapest, KÉE, 1990.
10. Int. Conf. Activation Analysis and its Applications, Oct. 15-19, 1990, Beijing, China, Abstracts, Division of Activation Analysis and Radionalysis, China, p. 318, 1990.
11. O. Suschny, R. Dybczynski, A. Veglia: Comparison of NAA with other analytical techniques for the determination of inorganic constituents of milk powder. J. Radional. Chem., 69/1-2/, 147-157, 1982.
12. G.D. Kaniás: Nutrient and other trace elements in instant soups. ICAAA, 15-19 Oct. 1990, Beijing, China, p. 76-77, Abstracts, 1990.
13. S.M. Al-Joboori, M.B.H. Al-Bedri, H.A.A. Hassan: Trace and toxic element determination in drinking water of Iraq by NAA. ICAA, 15-19 Oct. 1990, Beijing, China, Abstracts, p.1-3.
14. J. Knorr, M. Schiekel, W. Franke, F. Focke: Protein determination in single grains by instrumental NAA. ICAAA, 15-19 Oct., 1990. Beijing, China, Abstracts, p. 90-91.
15. Deng Hongmin, Li Jianming: Study of boron in legume forrages using solid state nuclear track detector. ICAAA. 15-19 Oct., 1990, Beijing, China, Abstracts, p. 37-38.
16. S.F. Patil, N.S. Rajuerkar, K.G. Kanade: Thermal neutron activation analysis of mineral nutrients in different varieties of rice in India. ICAAA, 15-19 Oct., Beijing, China, Abstracts, p. 156-157, 1990.
17. S. Sarmani, A.K. Wood, Z. Hamzah: The determination of arsenic, mercury and selenium in Malaysian sea foods by INAA. ICAAA, 15-19 Oct., 1990. Beijing, China, Abstracts, p. 192-193.
18. Sun Laiyan, Lu Fengying, Su Rongwei, Zhen Houxi: Determination and evaluation of toxic and trace elements in Chinese foodstuffs. ICAAA, 15-19 Oct. 1990, Beijing, China, Abstracts, p. 216-217.
19. Tian Jibing, Qian Qingfang, Chai Chifang: Study on the distribution of selenium and other elements by NAA and biochemical technique. ICAAA, 15-19 Oct. 1990, Beijing, China, Abstracts, p. 222-224.
20. Wang Haiying: Determination of whole-body protein in small animals by IVNAA. Abstracts, p. 249-250, Background investigation on the determination of nitrogen by IVNAA. p. 251-252, ICAAA, 15-19 Oct. 1990, Beijing, China.
21. Xiao Jiazhu: Determination of 14 types of Chinese tea by INAA. ICAAA, 15-19 Oct. 1990, Beijing, China, Abstracts, p. 269-270.

22. Xiao Jiazhu: Simultaneous determination of N, P, K in plants by 14 MeV neutron activation analysis (FNAA). ICAAA 15-19 Oct. 1990, Beijing, China, Abstracts, p. 271-272.
23. Yang Huazhong: Determination of some trace elements in hair of diabetics by energy dispersive fluorescence method. ICAAA 15-19 Oct. 1990, Beijing, China, Abstracts, p. 273-274.
24. F. Girardi: Radiactivation analysis. Past achievements, present trends and perspective for the future. J. Radionucl. Chem., 69/1-2/, 15-25, 1982.

## **Aktivációs analízis az élelmiszer-analitikában IX. Korszerű eljárások az élelmiszervizsgálatokban**

*Szabó S. András*

A cikksorozat IX. része bemutatja röviden azokat az élelmiszeraanalitikai témájú előadásokat, amelyek a Kínában 1990. október 15-19. között Pekingben rendezett, "Activation Analysis and its Applications" c. konferencián hangzottak el. A mérések nagy részét neutronaktivációs módszerrel (NAA) végezték. A szerző röviden vázolja az aktivációs analitika (AA) várható fejlődési irányait is.

## **ACTIVATION ANALYSIS IN FOOD ANALYTICS IX. MODERN PROCEDURES IN FOOD INVESTIGATIONS**

*Szabó S., A.*

The IX. part of the series of articles concisely reviews the papers on food analytics presented at the conference entitled "Activation Analysis and its Application", held in Peking, China, 15-19 of October, 1990. The substantial part of the measurements was performed with neutron activation method (NAA). The author briefly outlines the probable trends in development of activation analytics (AA).

## **Aktivationsanalyse in der Lebensmittelanalytik IX. Moderne Methoden der Lebensmitteluntersuchung**

*Szabó, S. A.*

Im IX. Teil der Artikelserie werden kurz die Vorträge mit lebensmittelanalytischen Themen beschrieben, die auf der in Peking vom 15. bis 19. Oktober 1990 durchgeführten Konferenz "Activation Analysis and its Applications" gehalten wurden. Ein großer Teil der Messungen wurde mit der Neutronaktivationsmethode (NAA) durchgeführt. Die zu erwartenden Entwicklungsrichtungen der Aktivationsanalytik (AA) wird ebenfalls kurz erläutert.