

## V. rész

### Röntgenfluoreszcenciás elemzés

SZABÓ S. ANDRÁS\*, KISS BÉLA\*\*, LISZONYINÉ GACSÁLYI MÁRTA\*\*, TÖRÖK GÁBOR\*\*\*

\* Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem

\*\* Allategészségügyi és Élelmiszerellenőrző Központ

\*\*\* Budapesti Műszaki Egyetem

*Érkezett: 1985. november 5.*

#### Bevezetés

Az aktivációs mérés technika élelmiszeranalitikában történő felhasználását bemutató cikksorozatunk I. részében (1) az aktivációs analitika elvi alapjait, II. részében (2) egyes mikroelemek neutronaktivációval történő meghatározását, III. részében (3) biológiai anyagok makroelem tartalmának radioaktivációval történő mérését, IV. részében (4) pedig a prompt aktivációs mérési eljárást ismertettük. A II. és III. részben leírt vizsgálati eljárás az ún. klasszikus (késeletetett vagy radioaktivációs módszer) aktiváció elvén alapult, ez esetben a mérésre a besugárzás, tehát a felaktiválás után, a besugárzás következtében keletkezett, viszonylag hosszú felezési idejű radioaktív izotópok sugárzásának detektálásával került sor.

A IV. rész a fehérje- és börtartalom mérése kapcsán bemutatta a prompt neutronaktivációs eljárás élelmiszerkémiaiában történő alkalmazhatóságát. A prompt mérés technika esetében az ún. felaktiválási és mérési idő egybeesik, s detektálásra a gerjesztés vagy magreakció következtében keletkező prompt sugárzás kerül. Lényegében a prompt módszerek közé sorolható a röntgenfluoreszcenciás (XRF) vagy más néven röntgenemissziós (REA) analízis is, melynek élelmiszeranalitikában való alkalmazási lehetőségeit e cikkben ismertetjük. Az utóbbi 20 évben, egyébként ez a módszer széles körben elterjedt, s számos előnye – pl. gyors, roncsolásmentes eljárás – miatt a legkülönbözőbb anyagok vizsgálatára alkalmazzák.

#### A röntgenfluoreszcenciás analízis elve

A vizsgálandó anyag atomjait gerjesztve, azok a gerjesztett (nagyobb) energiaállapotból az eredeti (kisebb) energiaállapotba mennek át, s az energiakülönbséget az atomok kvantumszerű sugárzás formájában bocsátják ki. Miután a gerjesztés következtében a kérdéses atomban – különböző valószínűséggel – minden lehetséges elektronátmenet előfordul, így a karakterisztikus sugárzás az atomban előforduló belső energianívóknak megfelelő számú, diszkrét vonalból áll. A karakterisztikus röntgensugárzás tehát nem magreakciót közvetlenül követő prompt sugárzás, hanem olyan prompt sugáremisszió, amelynek keletkezési helye nem a mag, hanem az atom elektronhéja.

A karakterisztikus sugárzást attól függően, hogy mely elektronhéjakra való átmenet során keletkezik, K, L stb. sugárzásnak nevezzük. A legnagyobb energiájú a K-sugárzás, az L, M stb. héjak felé haladva a szomszédos energianívók

különbsége egyre kisebb, azaz egyre nagyobb hullámhosszúságú sugárzást kapunk. A karakterisztikus röntgensugárzás hullámhossza ( $\lambda$ ) és a sugárzás emittáló elem rendszáma ( $Z$ ) között összefüggés van, mely szerint a  $K\alpha$  vonalra – ilyenkor az elektron az L-héjról lép át a K-héjra – felírható, hogy:

$$\frac{1}{\lambda} = R(Z-1)^2 \left( \frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right),$$

ahol:

R a Rydberg állandó ( $1,097 \cdot 10^5 \text{ cm}^{-1}$ )

A felírt összefüggés azt jelzi, hogy a  $K\alpha$  vonal az 1 és 2 főkvantumszámú elektronhéjak közötti átmenetnek felel meg.

A kvalitatív mérésnek az az alapja, hogy az emittált röntgensugár hullámhosszúságának (energiájának) meghatározásával a mintában jelenlevő elemek azonosíthatók. A különböző energiájú sugárzások intenzitásának mérésével pedig az egyes elemek mennyisége is meghatározható.

A vizsgálandó minta összetételére jellemző karakterisztikus röntgensugárzás gerjesztésére 3 módszer ismert:

- gerjesztés röntgensugárzással
- gerjesztés elektronsugárral vagy más töltött részecskékkel
- gerjesztés  $\gamma$ -sugárzó radioaktív izotópokkal.

Az első módszer esetén a gerjesztésre szolgáló folytonos röntgensugárzást (primer sugárzás) izzókatódos, nagyvákuumú röntgensőben állítják elő. A röntgensőkvek üzemeltetéséhez szükséges nagyfeszültséget – 50–100 kV – röntgen-generátor szolgáltatja.

Széleskörűen használnak elektronnyalábot is gerjesztésre, s mivel az elektronnyaláb jól fókuszálható, így rendkívül kisméretű –  $\mu\text{m}$  nagyságrendű – minták vizsgálata is elvégezhető. A berendezést elektronsugaras mikroanalizátornak nevezik, magát a mérési technikát pedig mikroszondás vagy mikropróbás vizsgálatnak. Ez a módszer azonban élelmiszerkémiai szempontból nem túl jelentős, a mikroszonda ugyanis elsősorban lokális elemzésre alkalmas, az inhomogenitások kimutatására, az elemeloszlás feltérképezésére. Elektroszondával csak a felületi réteg összetételéről kapunk információt. Az élelmiszeranalitika oldaláról nézve ugyancsak alárendelt jelentőségű az a technika is, amikor gerjesztésre töltött részecskéket (pl. protonokat) alkalmaznak.

A röntgenfluoreszcenciás eljárás alkalmazási területe akkor nőtt meg nagymértékben, amikor sugárforrásként radioaktív izotópokat kezdtek alkalmazni. Ennek nagy előnye, hogy így viszonylag olcsó mérés technika kidolgozása vált lehetővé, a berendezésnek kicsi a helyigénye, s a sugárforrás intenzitása sem ingadozik.

A vizsgálandó anyag összetételétől függően különböző hullámhosszúságú fluoreszcens sugárzást kapunk, amelynek detektálására ma már csaknem kizárólag Ge(Li), Si(Li) félvezető detektorokat használnak. Az energiafelbontás értéke jó minőségű Si(Li) detektor esetében elérheti a 200–300 eV értéket is, s így az energiafelbontás tekintetében a félvezető detektorokat csak a kristály-diffúziós gammaspektrométerek múlják felül (5). A detektor jeleit pedig számítógéppel összekapcsolt sokcsatornás analízátor dolgozza fel.

### Alkalmazási lehetőségek

A röntgenfluoreszcenciás mérés technika igen előnyösen alkalmazható a legkülönbözőbb élelmiszer minták makro- és mikroelem tartalmának vizsgálatára. Legelőnyösebb előnye, hogy rendkívül gyors módszer – a mérési idő perc nagyság-

rendű – a vizsgálat roncsolásmentes, s így többször is megismételhető, s egyidejű leg több elem koncentrációjának meghatározására is alkalmas. Hátránya, hogy csak a 10-nél nagyobb rendszámú elemek mérésére alkalmas.

Az elmúlt években rendkívül sok olyan dolgozat látott napvilágot, amelyekben a szerzők röntgenfluoreszcenciás mérés technikával kapott vizsgálatokról számoltak be. Említsünk meg ezek közül néhányat.

Bacsó és Kalinka (6) cigarettadohány és égéstermékai vizsgálatát végezték röntgenemissziós analízissel. Mintánként 28 elemet – P, S, Cl, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Pb, As, Se, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Cd, Bi, Hg – kvantitatíve mértek, gerjesztő forrásként  $^{55}\text{Fe}$  és  $^{125}\text{I}$  izotópokat alkalmaztak. A vizsgálatokat Si(Li) félvezető detektoros spektrométer és EMG NT 31024 analízátor felhasználásával végezték. A rendszer energiafelbontása 6,4 keV energiánál 260 eV volt. Néhány vizsgálati eredmény az 1. táblázatban látható. A táblázat adatai azt bizonyítják, hogy egyes elemekre elég jelentős a hamvasztási veszteség (550°C-on végezték a hamvasztást), a szűrt füstbe viszont csak az eredeti elemtartalom egészen kis hányada jut.

1. táblázat

Az egyes elemek relatív (a dohány eredeti elemtartalmához viszonyított) mennyisége

Mért elem	% -os tartalom			
	dohány	hamu	pergő hamu	szűrt füst
K .....	100	98 ± 18	82 ± 15	0,06 ± 0,04
Ca .....	100	100 ± 17	75 ± 14	0,05 ± 0,04
Fe .....	100	65 ± 23	64 ± 20	0,06 ± 0,04
Cu .....	100	72 ± 29	59 ± 25	1,7 ± 1,1
Zn .....	100	72 ± 18	50 ± 12	1,3 ± 0,6
Pb .....	100	78 ± 39	85 ± 47	3,8 ± 1,6
Br .....	100	71 ± 10	64 ± 8	0,8 ± 0,2
Sr .....	100	99 ± 7	85 ± 7	0,04 ± 0,02

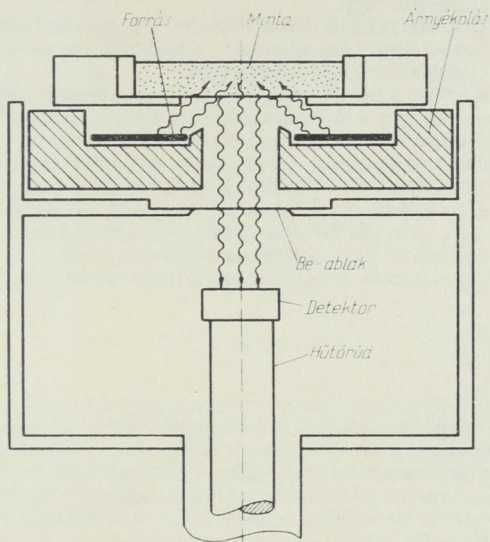
Növényi minták egyes makro- és mikroelemtartalmának röntgenfluoreszcenciás vizsgálatáról számol be Pázsit és Nagy (7). Meghatározták a K, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn, Br, Rb, Sr, Zr, Mo koncentrációkat. A vizsgálatokat a K vonal mérése alapján végezték  $Z < 25$  rendszám esetén  $^{55}\text{Fe}$ ,  $25 < Z < 47$  rendszám tartományban  $^{251}\text{I}$  gerjesztő forrást használva.  $Z < 47$  esetén a mérés az L-vonal alapján végezhető. Detektálásra Si(Li) detektort használtak, a jeleket 1024-csatornás amplitúdóanalizátorral és MULTI-20 típusú kisméretű géppel értékelték. Egyetlen mérésből valamennyi elem meghatározható volt.

Összefoglaló jellegű cikket jelentettek meg az ökológiai vizsgálatokra használatos röntgenfluoreszcenciás mérési módszerekről Szmagonova és munkatársai (8). Közlésük szerint a REA technika mind a növényi, mind az állati szövetek vizsgálatára kiválóan alkalmas, egyidejűleg mérhető a legfontosabb makro- (Na, K, Ca, Mg, S, P) és mikro- (Zn, Cu, Fe, Al, Si, Pb stb.) elemek.

Vizek Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, U és Zn tartalmának röntgenfluoreszcenciás vizsgálatáról számolnak be Burba és munkatársai (9). Gerjesztő sugárforrásként röntgensövet használtak, s a könnyebb elemeknél a  $K\alpha$ , a nagyobb rendszámúaknál az  $L\alpha$  vonalat mérték félvezető Si-detektor s sokcsatornás analízátor alkalmazásával, 10 perces mérési időt alkalmazva. Ugyancsak víz REA technikával történő vizsgálatát végezték el Spevackova és munkatársai (10) is, gerjesztő forrásként  $^{109}\text{Cd}$  izotópot alkalmaztak.

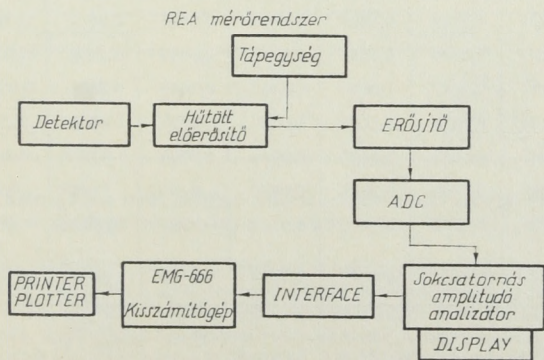
## Saját vizsgálatok

Az Állategészségügyi és Élelmiszer Ellenőrző Központ Radiológiai Osztályán használt mérőrendszer ATOMKI gyártmányú. A minta, a sugárforrás és a detektor elhelyezését az 1. ábra mutatja.



1. ábra.

A gerjesztő forrás gyűrű alakú  $^{125}\text{I}$  izotóp. A detektor felbontó képessége közelítőleg 250 eV 5,9 keV-nél. A spektrometriás mérőrendszer tömbvázlata a 2. ábrán látható.



2. ábra.

A mérőrendszer hitelesítésére standard addíciós módszert használunk egyedi elemek meghatározására. Sorozatban végzett vizsgálatoknál, hasonló összetételű mintáknál, így talajok és növényi hamuk esetén hatvány függvényt alkalmazunk a koncentráció számításánál. A hatvány függvény paramétereit az adott mérési geometriának és átlag rendszernek megfelelő, ismert elemi összetételű etalon sorozat mérésével határozzuk meg.

A végzett REA vizsgálatok döntő többsége a környezeti radioaktivitás ellenőrzéséhez szolgáltatott kiegészítő adatokat. Továbbiakban az ellenőrzés keretében végzett néhány vizsgálsorozatot ismertetünk.

A hazai atomerőmű indulását megelőző időszakban sokat foglalkoztunk az ún. alapszint felmérésével, azaz a működés előtti környezeti viszonyok rögzítésével. Az érintett 30 km-es körzetből 17 mintavételi helyről talajmintát gyűjtöttünk be és azokat sokoldalúan feldolgoztuk. A radioaktív jellemzők meghatározását (összes alfa és béta aktivitás,  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  aktivitás) kiegészítettük a talajszerkezetre jellemző kötöttségi szám és az inaktív elemi összetétel vizsgálatával. A minták zömében csak Fe, Rb, Sr és Zr volt jól értékelhető mennyiségben a meghatározott REA spektrumokban. Talajra jellemző REA spektrumot mutat a 3. ábra.

A talajok átlagos kémiai összetétele mg/g talajértékben kifejezve a következő:

Fe:  $8,8 \pm 3$   
 Rb:  $0,2 \pm 0,03$   
 Sr:  $0,38 \pm 0,05$   
 Zr:  $0,28 \pm 0,1$

A vizsgált jellemzők korrelációs rendszerét elemezve, kimutatható összefüggés volt a kötöttségi szám, a radioaktív jellemzők és a vastartalom között. A Sr-, Rb- és Zr- tartalom – a páros korrelációk alapján – nem mutatott kapcsolatot a vizsgált radioaktivitással, csupán a talajszerkezettől való függőség tételezhető fel stroncium esetében. Az összefüggésrendszert bemutató páros korrelációs együtthatók mátrixa a 2. táblázatban található.

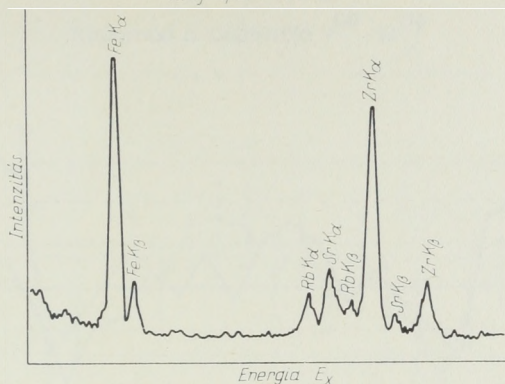
2. táblázat

Korrelációs mátrix

	$\alpha_{\bar{0}}$	$\beta_{\bar{0}}$	$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$	Fe	Rb	Zr	Sr	Kötött s. szám
$\alpha_{\bar{0}}$	1,0000	0,7139	0,4207	0,7815	0,2491	0,3481	0,3903	0,6417
$\beta_{\bar{0}}$	0,7139	1,0000	0,5687	0,7978	0,5883	0,4669	0,4553	0,8093
$^{90}\text{Sr}$	0,4207	0,5687	1,0000	0,5422	0,2452	0,2618	0,3285	0,5338
Fe	0,7815	0,7978	0,5422	1,0000	0,4376	0,1855	0,5318	0,7465
Rb	0,2491	0,5883	0,2452	0,4376	1,0000	-0,0177	0,3585	0,5430
Zr	0,3481	0,4669	0,2618	0,1855	-0,0177	1,0000	-0,3629	0,0518
Sr	0,3903	0,4553	0,3285	0,5318	0,3585	-0,3629	1,0000	0,7209
Köt. szám	0,6417	0,8093	0,5338	0,7465	0,5430	0,0518	0,7209	1,0000

P = 0,1 %  
 P = 1 %  
 P = 5 %

n = 17  
 FG = 15



3. ábra.

Ugyancsak az alapszint felméréséhez tartozott a Paks közvetlen szomszédságában levő Dunaszentgyörgyri származó birkaesontok vizsgálata. A csontkereső  $^{90}\text{Sr}$  aktivitás koncentráció időszakos változását kívántuk nyomonkövetni havi mintavétellel kétéves időszak alatt. A veszélyes élelmiszerszennyezőnek minősített izotóp aktivitását nemcsak a szokásosan alkalmazott szárazanyagra, illetőleg a kémiaiilag hasonló tulajdonságú Ca tartalmára vonatkoztatva, hanem a REA módszerrel meghatározott inaktív stroncium mennyiségére számítva is kifejeztük. 1979. és 1980. évi mintavételekből származó birkaesontminták (192 db) stroncium tartalmát foglalja össze a 3. táblázat testtáji bontásban. Megállapítható, hogy a vizsgált csontfajták között nincs jelentős különbség.

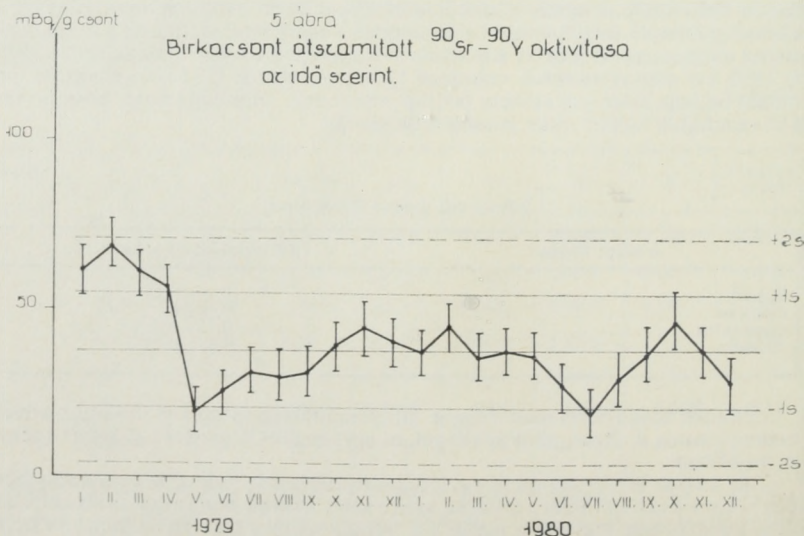
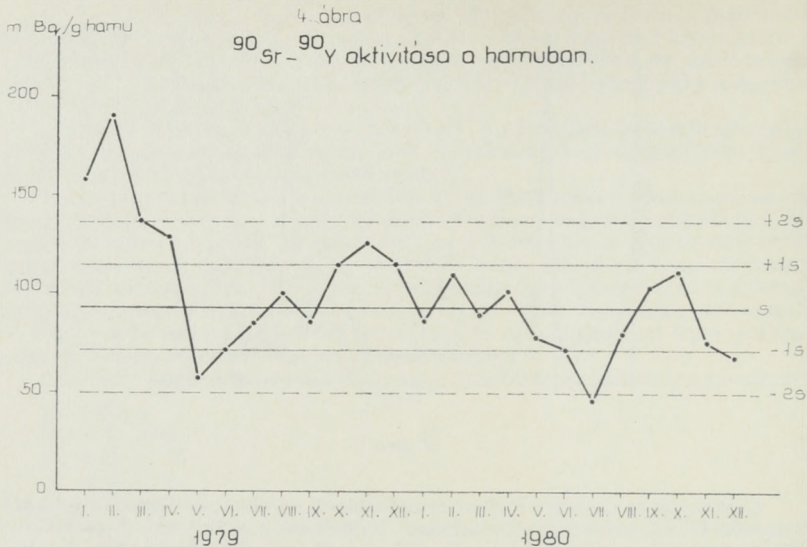
3. táblázat

Juhesontok inaktív Sr-tartalma

A csont típusa	Sr- tartalom mg/g hamu
Borda .....	$0,70 \pm 0,15$
Csigolya .....	$0,69 \pm 0,15$
Combsont .....	$0,76 \pm 0,16$
Lábszár .....	$0,68 \pm 0,13$

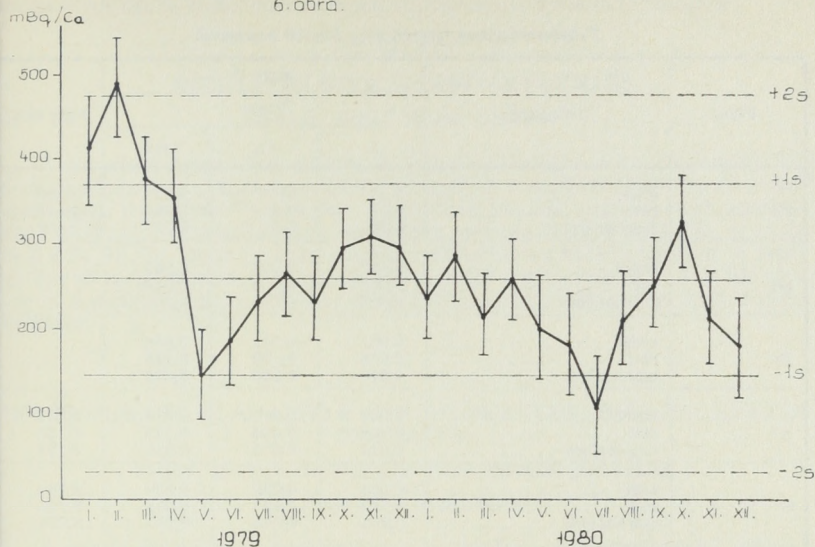
A csontok hamujában mért átlagos stronciumtartalom időbeli változása követhető nyomon a 4. ábrán, ahol az átlagot, az egyszeres és kétszeres szórásartományt is bejelöltük.

Az adatok értékelése során egyértelműen bebizonyosodott, hogy a környezetben bekövetkező változást a fajlagos, azaz a saját inaktív elemre számított aktivitás jelzi legélesebben. Ugyanis a másik két vonatkoztatási tényező a stroncium felvétel befolyásoló hatásoktól függetlenül is változhat a szervezet anyagcsere folyamataiban. Ez jól észlelhető, ha a különböző vonatkoztatási alapa számított értékek időbeli lefutását összehasonlítjuk. Az ábrákon az átlagot és a szórásartományokat (egyesített és csoporton belüli eltéréseket képviselő értékeket) megjelöltük.

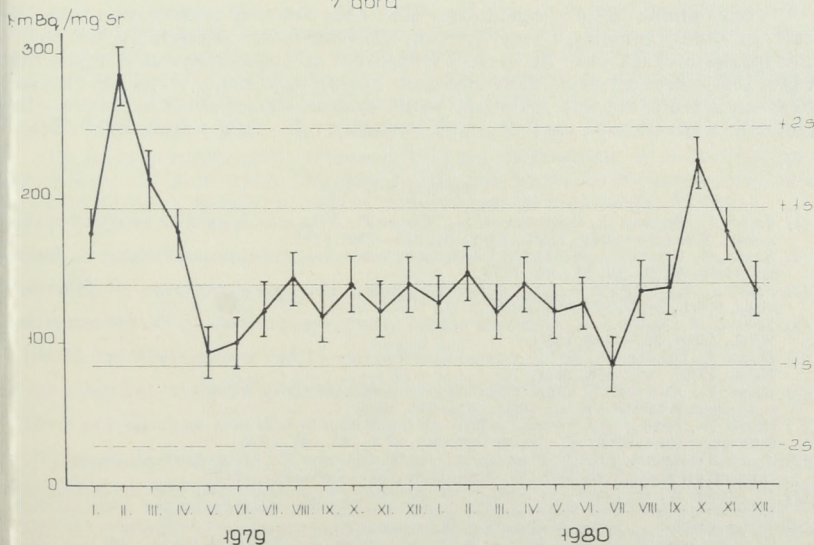


Az atomenergia-alkalmazás mezőgazdasági vonatkozásaival kapcsolatban az Öntözési Kutatóintézetben többcélú gyeptermesztési kísérletet hajtottak végre tenyészedényekben. Paks körzetére jellemző talajtípusokat használtak fel. E kísér-

6. ábra.



7. ábra



letekből származó, különböző vágási időpontokban nyert fű és a tenyészedényekben levő talajokból vett minták elemi összetételét vizsgáltuk meg REA módszerrel. A meghatározott stabil elemek átlag koncentrációit foglalja össze a 4. táblázat.



Tenyészedényben termelt gyep kémiai összetevői

Elem	Talajtípus	mg/g fű			mg/g talaj
		Vágás			
		I.	II.	III.	
Fe	erdei .....	0,17	0,17	0,31	21,63
	réti .....	0,18	0,21	0,28	34,45
	csernozjom .....	0,17	0,23	0,32	22,03
Zn	erdei .....	0,067	0,054	0,057	
	réti .....	0,068	0,061	0,044	
	csernozjom .....	0,056	0,061	0,051	
Br	erdei .....	0,065	0,071	0,064	
	réti .....	0,076	0,109	0,118	
	csernozjom .....	0,078	0,106	0,078	
Rb	erdei .....	0,018	0,013	0,014	0,126
	réti .....	0,026	0,024	0,024	0,183
	csernozjom .....	0,014	0,015	0,015	0,109
Sr	erdei .....	0,036	0,029	0,030	0,184
	réti .....	0,053	0,054	0,058	0,162
	csernozjom .....	0,044	0,045	0,053	0,208

Vizsgálataink célja a táplálkozási lánc talaj–növény szakaszában érvényesülő, az anyagvándorlásra, ezzel a szennyeződésterjedésre jellemző átviteli tényezők meghatározása volt. Az átviteli tényezőket az összetartozó mintapárok (növény, talaj) koncentráció hányadosaként állapítottuk meg. Vizsgálati rendszerünkben a szárazanyagra számított, stabil elem koncentrációkból képzett átviteli tényezők a következők: vas 0,01–0,02, stroncium 0,16–0,94; rubidium 0,1–0,4.

## IRODALOM

- (1) Szabó A., Bogács J., Gundorin A. N., Kovács Z.: Aktivációs analízis az élelmiszer-analitikában. Élelmiszervizsg. Közl., 23/5–6), 224–229, 1977.
- (2) Szabó A., Bogács J., Mihályi É.: Aktivációs analízis az élelmiszer-analitikában II. Élelmiszervizsg. Közl., 25, 61–66, 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 L. I.: Aktivációs analízis az élelmiszer-analitikában. IV. Élelmiszervizsg. Közl., 25(8), 227–233, 1982.
- (5) Bacsó J., Lakatos T.: Si(Li) röntgen spektrométer < 1 keV energia feloldással. ATOMKI Közl., 13(3), 107–114, 1971.
- (6) Bacsó J., Kalinka G.: Cigarettdohány és égéstermékeinek vizsgálata röntgenemissziós analízissel. ATOMKI Közl., 18(4), 565–575, 1976.
- (7) Pázsit A., Nagy P.: A növény makro- és mikroelem-tartalmának meghatározása röntgenfluoreszcencia-módszerrel. Izotóptechnika, 22(1), 41–47, 1979.
- (8) A. N. Szmagunova, Sz. V. Taraszenko, Je. N. Bazikina, O. M. Karpukova; Rentgenfluoreszcenijnj analiz v ekologij. Zs. Anal. Him., 34(2), 388–397, 1979.
- (9) P. Burba, K. H. Lieser, V. Neitzert, H. M. Röber; Preconcentration and determination of trace elements in fresh water and sea water. Fresenius Z. Anal. Chem., 291–273277, 1978.
- (10) V. Sjevackova, J. John, M. Prazska; Determination of uranium by XRF analysis following its preconcentration with some organic precipitants. J. Radioanal. Chem., 80(1–2), 115–120, 1983.

# AKTIVÁCIÓS ANALÍZIS AZ ÉLELMISZER-ANALITIKÁBAN

## V. RÉSZ

### RÖNTGENFLUORESZCENCIÁS ELEMZÉS

*Szabó S. András és munkatársai*

A szerzők a dolgozatban ismertetik a röntgenfluoreszcenciás analízis (XRF) elvét, az alkalmazható sugárforrásokat, s tárgyalják a módszer élelmiszeranalitikai lehetőségeit. Ismertetik  $^{125}\text{I}$  izotópos gerjesztéssel végzett vizsgálataikat, amelyek során talaj-, gyp- és csontminták összetételét mérték. Talajnál a Fe, Rb, Sr és Zr, fűnél a Fe, Zn, Br, Rb és Sr, állati csontnál a Sr-tartalmat határozták meg. A mérések szerint pl. a juhcsontok átlagos Sr tartalma 0,7 mg/g hamu volt. A XRF vizsgálatok hasznos kiegészítő adatokat szolgáltatottak a környezeti radioaktivitás ellenőrzéséhez.

## AKTIVАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ В АНАЛИТИКЕ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ V-Я ЧАСТЬ

### РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНЦИОННЫЙ АНАЛИЗ

*A. Szabó III. и сотрудники*

Авторы знакомят с принципом рентгенофлуоресценционного анализа (XRF), с применимостью источников излучения и обсуждают перспективы метода в аналитике пищевых продуктов. Авторы знакомят с испытаниями, проведенными с помощью возбуждения изотопа  $^{125}\text{I}$ , в результате которых были измерены составы почвы, дерна и костей. В пробах почвы авторы определяли содержание Fe, Rb, Sr и Zr; в костях животных авторами определялось содержание Sr; в пробах травы авторы определяли содержание Fe, Zn, Br, Rb, и Sr.

По данным измерений, например, среднее содержание Sr в костях овец составляло 0,7 мг/г золы. Анализы X RF предоставили полезные дополнительные данные в области контроля радиактивности окружающей среды.

## ACTIVATION ANALYSIS IN FOOD ANALYSIS

### PART V

#### X-RAYS FLUORESCENCE ANALYSIS

*S. A. Szabó and coworkers*

The principle of X-rays fluorescence analysis, the applicable radiation sources are presented, and the possibilities of the method in food analysis are discussed in the paper. Examinations with iodine-125 induction are presented, in course of which composition of soil, grass and bone samples were measured. Fe, Rb, Sr and Zr in soil, Fe, Zn, Br, Rb and Sr in grass, Sr in animal bone were determined. According to the measurements e. g. the mean Sr content of sheep bones was 0.7 mg/g ash. XRF examinations gave useful additional data for the control of environmental radioactivity.

# AKTIVATIONSANALYSE IN DER LEBENSMITTELANALYTIK V. RÖNTGENFLUORESZENZ-ANALYSE

*Szabó, S. A. und Mitarbeiter*

Verfasser erläutern das Prinzip der Röntgenfluoreszenz-Analyse (XRF), die einsetzbar en Strahlenquellen und die lebensmittelanalytischen Möglichkeiten der Methode. Sie gehen auf die mit  $^{125}\text{I}$  Isotopen durchgeführten Untersuchungen ein, wobei die Zusammensetzung der Boden-, Gras- und Knochenproben gemessen wurde. Im Boden wurde der Fe-, Rb-, Sr- und Zr-, im Gras der Fe-, Zn-, Br-, Rb- und Sr- sowie im Knochen der Sr - Gehalt bestimmt. Nach den Ergebnissen beträgt beispielsweise der durchschnittliche Sr- Gehalt der Schafsknochen 0,7 mg/g Asche. Die XRF-Untersuchungen liefern nützliche ergänzende Daten zur Kontrolle der Umweltradioaktivität.