

Aktivációs analízis az élelmiszer-analitikában

X. Gamma-aktivációs analízis

Szabó S. András

Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem, Élelmiszerkémiai és
Táplálkozástudományi Tanszék, Budapest

Érkezett: 1992. szeptember 12.

A cikksorozat megírásának az volt a célja, hogy a Hevesy és Levi által először 1936-ban alkalmazott nukleáris mérés technikának, az aktivációs analízisnek (AA) bemutassuk élelmiszervizsgálatokra történő felhasználási lehetőségeit. Az AA érzékenysége, gyorsasága, automatizálhatósága alapján az ásványi összetétel meghatározása terén a legjelentősebb mérési módszerek közé sorolható. Alkalmazása főleg akkor indokolt, ha viszonylag nagyszámú minta multielemes analízise a feladat. Jelen dolgozat az AA mérés technikájának speciális területével, a gamma aktivációs analízissel (gamma activation analysis, GAA, ill. photon activation analysis, PAA) foglalkozik.

Az I. rész [1] a klasszikus (un. késleltetett vagy radioaktivációs) AA elméleti alapjait tárgyalta, a II. részben [2] pedig néhány mikroelem neutronaktivációs (NAA) meghatározásával kapcsolatos vizsgálati adatot ismertettünk. A III. rész [3] a makroelemek reaktoros neutronaktivációs lehetőségeiről tájékoztatott, a IV. rész [4] pedig az un. prompt sugárzás detektálásán alapuló mérés technikáról nyújtott információt. Az V. rész [5] foglalkozott a röntgenemissziós analízis (REA ill. XRF) témakörével, a VI. rész [6] a töltött részecskékkel történő aktiválást (CPAA) tárgyalta. A VII. részben [7] a vanádium roncsolásmentes neutronaktivációs (INAA) vizsgálatának eredményeit ismertettük, a VIII. részben [8] pedig a PIXE eljárással kapcsolatos kérdéseket tárgyaltuk. A legutóbbi, IX. rész [9] a Kínában 1990-ben tartott nemzetközi konferencia tapasztalatain mutatta be e korszerű, nagy teljesítőképességű mérés technika élelmiszertudományi célú vizsgálatokra történő alkalmazhatóságát, valamint az AA-ben várható fejlődési irányokat elemezte.

A gamma-aktiváció elve

A GAA lényege, hogy az aktiválásra szolgáló sugárzás, amely a magreakciókat előidézi, vagy nagy vagy viszonylag kis energiájú γ -fotonokból áll. Gamma aktivációs analitikai vizsgálatokhoz többféle sugárforrást - így pl. lineáris elektrongyorsítót, mikrotront, betatront - valamint γ -izotópforrásokat használhatnak. Megemlítendő, hogy γ -aktiváció során a legnagyobb valószínűséggel a (γ, n) magreakció következik be, a többi nukleáris reakció - pl. (γ, p) reakció - végbemenetelének valószínűsége 2 nagyságrenddel kisebb, mint a (γ, n) reakcióé. A magreakciók küszöbenergiája egyébként többnyire 10 MeV feletti érték.

Kihangsúlyozandó, hogy a (γ, n) reakción alapuló γ -aktivációs vizsgálat a magreakcióban keletkező prompt sugárzás detektálásával is megvalósítható. A berillium pl. a prompt neutronok mérése alapján ^{124}Sb vagy ^{88}Y izotópforrás alkalmazásával is meghatározható, ugyanis a $^9\text{Be} \rightarrow (\gamma, n) \rightarrow ^8\text{Be}$ reakció küszöbenergiája csupán 1,67 MeV, s így az a radioaktív izotópforrások γ -fotonjai hatására is bekövetkezik.

A (γ, n) reakción kívül több elem meghatározására nyújt lehetőséget a (γ, γ') reakció is. Ennek lényege az, hogy a γ -sugarak az atommagokon rugalmatlanul szóródnak, s a kölcsönhatás következtében az egyes atommagok energetikailag instabil, gerjesztett, izomer állapotba kerülnek. Így tehát tulajdonképpen az $A \rightarrow (\gamma, \gamma') \rightarrow ^m A$ magreakció megy végbe, s az átmenetileg gerjesztett állapotú atommag által emittált sugárzás detektálásával mintegy 25 különböző elem (pl. szelén, bróm, stroncium, ezüst) határozható meg [10].

Lényeges, hogy a (γ, γ') reakciók kiváltására már a viszonylag kis sugárzási energiájú ($\sim 1\text{MeV}$) γ -sugárforrások - pl. ^{60}Co , ^{116}In izotópforrások - is felhasználhatók. A módszernek előnye a kedvező szelektivitás, hátrányként jelentkezik viszont, hogy az érzékenység nem a legjobb, s többnyire a kvantitatív meghatározás határa még nagy aktivitású forrásnál sem jobb a μg nagyságrendnél.

Megemlítem, hogy Randa és Kreisinger [11] igen részletes és jól használható táblázatban közölték a γ -aktivációs analízisben a (γ, γ') , (γ, n) , (γ, p) , $(\gamma, p+n)$, $(\gamma, 2n)$, $(\gamma, 3n)$, $(\gamma, 4n)$, $(\gamma, 2p)$, (γ, α) , $(\gamma, \alpha+n)$, $(\gamma, \alpha+p)$ reakciókban keletkező, γ -sugárzó izotópok jellemző nukleáris konstansait (reakciótípus, felezési idő, intenzitás, százalékos előfordulás) a növekvő energia függvényében. A táblázatból a mért energia ismeretében azonnal kikereshető a kérdéses izotóp, illetve információ nyerhető arról is, hogy az adott energiaérték közelében milyen más izotópok aktivitásával kell még számolnunk.

Élelmiszerek vizsgálata gamma-aktivációval

Dutilh és Das [12] tejpor ólomkoncentrációját határozták meg a $^{204}\text{Pb} \rightarrow (\gamma, n) \rightarrow ^{203}\text{Pb}$ izotóp 0,279 MeV energiájú γ -sugárzását. A tejporból mintegy 21 mm átmérőjű, 5-7 g tömegű mintákat készítettek és ezeket PVC tokban sugározták be lineáris gyorsító, maximálisan 40 MeV energiájú fotonjaival. A besugárzás után kémiai elválasztást alkalmaztak és a méréseket PbCrO_4 csapadékból végezték 3" x 3" NaI(II)-detektorhoz kapcsolt 400 csatornás analizátorral. A minták Pb-koncentrációja 5 ng/g érték alatt volt.

Brune és munkatársai [13] a $^{14}\text{N} \rightarrow (\gamma, n) \rightarrow ^{13}\text{N}$ magreakciót felhasználva határozták meg növényi termékek fehérjetartalmát, a ^{13}N annihilációs sugárzását mérve. 50 g-os mintánál 1 perces mérési idő már megfelelő pontosságú adatokat szolgáltatott.

Kato és munkatársai [14] különböző biológiai eredetű anyagok vizsgálatát 30-60 MeV energiájú fotonokkal végezték. A Japánban forgalmazott import és hazai cigarettadohány elemi összetételének mérésére irányuló vizsgálataik eredményei az 1. táblázatban láthatók.

1. táblázat: Importból származó és japán cigarettadohányok összetétele

Vizsgált elem	Koncentráció	Import	Japán
Ca	%	2,41-3,60	2,15-2,71
Cl	%	0,44-0,58	1,05-1,45
K	%	2,87-4,92	3,25-4,04
Mg	%	0,48-0,55	0,44-0,55
Fe	mg/kg	446-851	330-500
Mn	mg/kg	150-178	163-227
Na	mg/kg	119-295	207-257
Rb	mg/kg	14-18	19-30
Sr	mg/kg	52-81	80-106
Zn	mg/kg	26-34	16-130
As	mg/kg	0,8-1,0	0,4-0,6
Sb	mg/kg	0,4	0,6

Sato [15] különböző biológiai eredetű anyagok - standardok és állati testszövetek - Zr-tartalmának meghatározását végezte el 30 MeV-es elektrongyorsító felhasználásával. A mintegy 0,4 g tömegű mintákban 2 órás aktiválás után, sokcsatornás amplitúdóanalizátorhoz kapcsolt, 2,1 keV felbontású detektorral mérte 50 órás hűtési idő után a ^{89}Zr izotóp 0,909 MeV-es γ -sugárzását. A detektálási határ 0,04 μg volt.

Irodalom

1. Szabó A., Bogáncs J., Gundorin N., Kovács Z.: Aktivációs analízis az élelmiszer-analitikában I. Élelmiszervizsg. Közl., **23** (1977) 5-6, 224-229
2. Szabó S. A., Bogáncs J., Mihályi É.: Aktivációs analízis az élelmiszer-analitikában II. Élelmiszervizsg. Közl., **25** (1979) 3-4, 61-64
3. Szabó S. A., Gundorin A. N.: Aktivációs analízis az élelmiszer-analitikában III. Élelmiszervizsg. Közl., **28** (1982) 4, 183-186
4. Szabó S. A., Szasin I, L.: Aktivációs analízis az élelmiszer-analitikában IV. Élelmiszervizsg. Közl., **28** (1982) 5, 227-233
5. Szabó S. A., Kiss B., Liszonyiné-Gacsályi M., Török G.: Aktivációs analízis az élelmiszer-analitikában V. Élelmiszervizsg. Közl., **32** (1986) 4, 204-212
6. Szabó S. A., Szashin I. L.: Aktivációs analízis az élelmiszer-analitikában VI. Élelmiszervizsg. Közl., **35** (1989) 1, 25-29
7. Szabó S. A., Heydorn K., Damsgaard E.: Aktivációs analízis az élelmiszer-analitikában VII. Élelmiszervizsg. Közl., **35** (1989) 1, 25-29
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.: Aktivációs analízis az élelmiszer-analitikában IX. Élelmiszervizsg. Közl. **38** (1992) 4, 267-276
10. Nagy L. Gy.: Radiokémia és izotóptechnika Budapest, Tankönyvkiadó, 1983.
11. Randa, F. Kreisinger: Tables of nuclear constants for gamma activation analysis. J. Radioanal. Chem., **77** (1983) 2, 179-495
12. E. Dutilh, H. A. Das: The determination of lead in milk powder. Radiochem. Radioanal. Lett., **6** (1971) 3, 195-201
13. Brune, L. Düring, L. Larsson, H. Lundquist: Analysis of nitrogen in grain by protonuclear activation analysis Int. f. Appl. Rad. Isot., **24** (1973) 1-6
14. Kato, K. Masumoto, N. Sato, N. Suzuki: The yields of photonuclear reactions for multielement photon activation analysis. J. Radioanal. Chem., **32** (1976) 1, 51-70
15. Sato: The determination of zirconium in biological materials by photon activation analysis. J. Radioanal. Nucl. Chem. (Lett.). **86** (1984) 3, 141-150

Aktivációs analízis az élelmiszer-analitikában X. rész. Gamma-aktivációs analízis

Szabó S. András

A cikksorozat X. része a gamma aktivációs technika (gamma activation analysis, GAA, ill. photon activation analysis, PAA) témakörével foglalkozik. Ismerteti az elméleti alapokat majd röviden néhány olyan vizsgálatot, ahol a szerzők élelmiszerek összetételének meghatározására gamma aktivációt alkalmaztak. A GAA során leggyakrabban (γ, n) és (γ, γ') magreakciókat használnak, s a sugárforrás pl. lineáris gyorsító vagy izotópforrás lehet.

Activation analysis in the food analysis part X. Gamma-activation analysis

A. S. Szabó

The tenth part of the article deals with the topics of gamma activation analysis (GAA or PAA, photon AA). Information is given about the theoretical background and some investigations where GAA technique was used for determination of the composition of foodstuffs. In GAA mainly (γ, n) and (γ, γ') nuclear reactions are used, applying different sources, e. g. linear accelerator, isotope source.

Aktivationsanalyse in der Lebensmittelanalytik X. Gamma-Aktivationsanalyse

Szabó, S. A.

Der X. Teil der Artikelserie befaßt sich mit dem Themenkreis der Gamma-Aktivierungstechnik. Es werden die theoretischen Grundlagen und kurz einige solche Untersuchungen beschrieben, wobei die Verfasser die Gamma-Aktivierung zur Bestimmung der Zusammensetzung von Lebensmitteln angewandt haben. Für die GAA wurden am häufigsten (γ, n) und (γ, γ') Kernreaktionen verwendet, und die Strahlungsquelle können beispielsweise sowohl der lineare Beschleuniger als auch eine Isotopenquelle sein.