

Egyes élelmiszeripari nyersanyagok börtartalmának meghatározása prompt neutronaktivációval

SZABÓ S. ANDRÁS

Megyei Élelmiszerellenőrző és Vegyvizsgáló Intézet, Győr*

Érkezett: 1980. május 25.

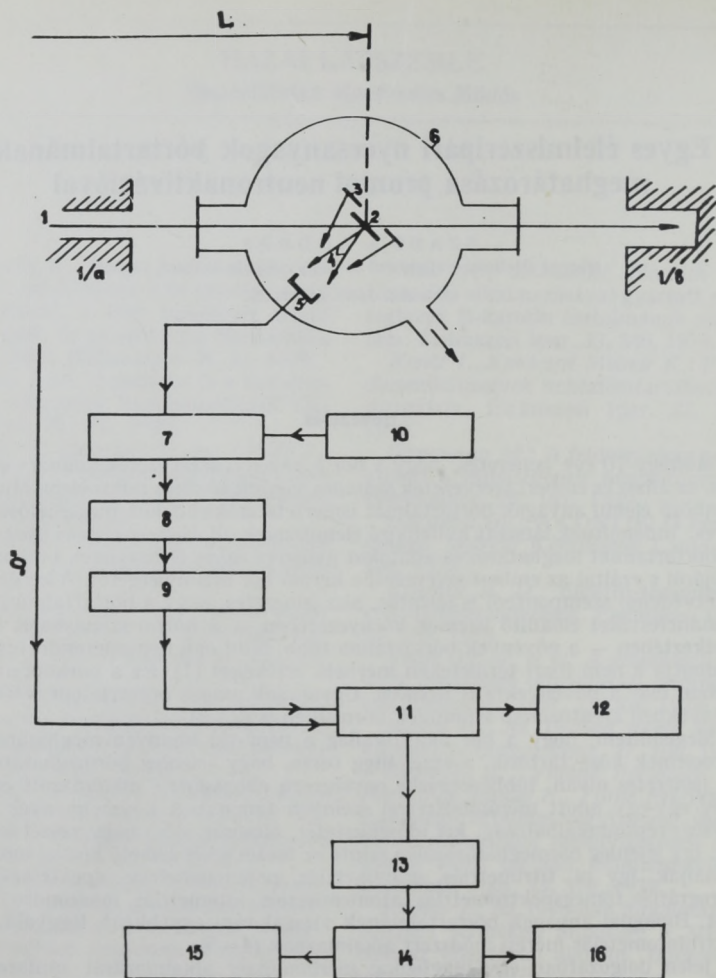
Bevezetés

Mintegy 70 éve ismeretes, hogy a bőr a növényi szervezetek számára essenciális, az állati és emberi szervezetek számára viszont toxikus mikroelem. Miután a különböző élelmi anyagok börtartalmát ismertető szakirodalom meglehetősen szegényes, indokoltnak látszott különböző élelmiszerek, ill. élelmiszeripari nyersanyagok börtartalmát meghatározva adatokat gyűjteni egyes élelmiszerek bőrkonzentrációjáról s ezáltal az emberi szervezetbe kerülő bőr mennyiségéről. A kérdés környezetvédelmi szempontból is jelentős, hisz ismeretes, hogy a börtartalmú üveget s zománcfestéket előállító üzemek környezetében — a bőrrel szennyezett levegő következtében — a növények börtartalma több, mint egy nagyságrenddel is meghaladhatja a nem ipari területeken mérhető értékeket (1). Ez a bőrkonzentráció azonban már a növényekre is toxikus. Ugyancsak magas börtartalom mérhető a növényekben széntüzelésű erőművek környékén is (2–3).

Megemlítem, hogy a bőr analitikailag a nem túl könnyen meghatározható mikroelemek közé tartozik, s ezzel függ össze, hogy jelenleg bőrmeghatározásra nem ismeretes olyan, többé-kevésbé egységesen elfogadott s alkalmazott eljárás, amely egy-egy adott mérőmódszerrel szemben támasztott követelmények (érzékenység, reprodukálhatóság, kis időszükséglet, olcsóság stb.) nagy részét kielégítené. Így jelenleg bőrmeghatározásra szinte az összes elképzelhető kémiai módszert használják, így pl. titrimetriás, gravimetriás, potenciometriás, spektroszkópiás, polarográfiás, tömegspektrometriás, atomemissziós, fotometriás, ionszondás eljárásokat. Biológiai anyagok börtartalmának vizsgálatára egyébként leggyakrabban spektrofotometriás mérési módszert alkalmaznak (4–5).

Jelen dolgozatban egy magfizikai mérőmódszer alkalmazását mutatom be növényi eredetű konzervipari nyersanyagok börtartalmának meghatározására. A prompt neutronaktivációs módszer a termikus neutronok hatására lejátszódó $^{10}\text{B}/\text{n}$, $\alpha_7\text{Li}$ reakción alapul. Megemlítem, hogy az aktivációs analitikai módszerek közül a töltött részecskékkal (proton, deutron stb.) történő aktiváció is alkalmas börtartalom-mérésre.

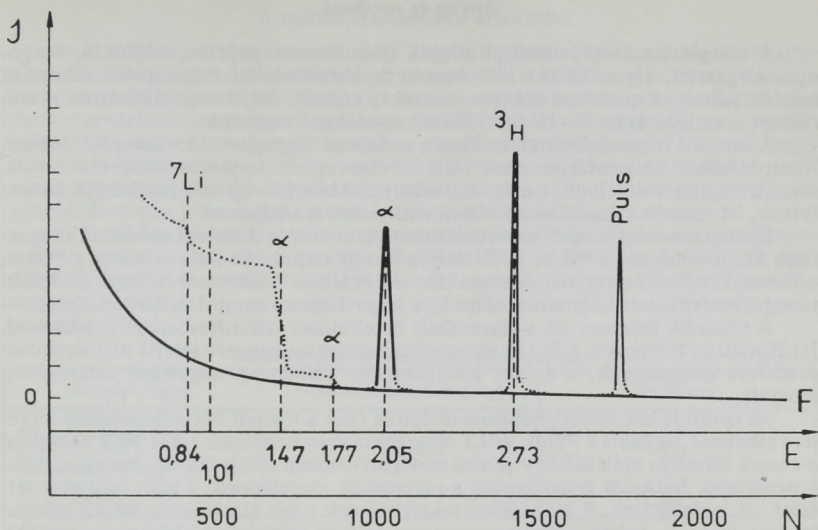
* Jelenleg: Egyesített Atomkutató Intézet, Neutronfizikai Laboratórium, Dubna, Szovjetunió.



1. ábra

A mérőberendezés blokk-sémája

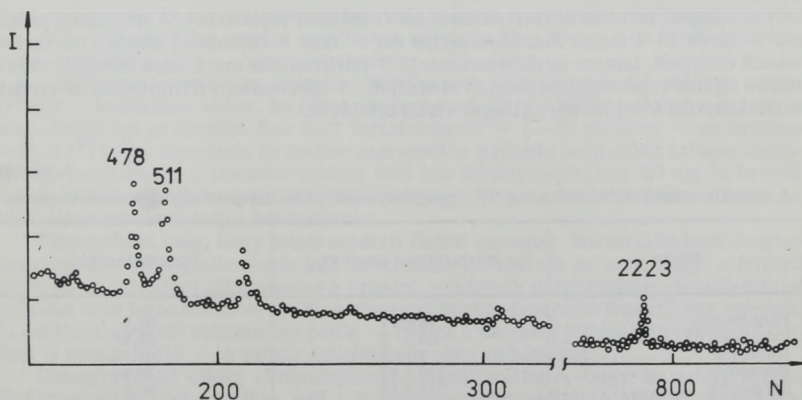
1 – neutronnyaláb; 1/a – kollimátor; 1/b – neutroncsapda; 2 – mérendő minta; 3 – fluxus-monitor; 4 – a mintából a detektor irányába kilépő töltött részecskék; 5 – Si(Au) felületi záróréteges detektor; 6 – vákuumkamra; 7 – előerősítő; 8 – erősítő; 9 – emitterkövető; 10 – impulzusgenerátor; 11 – amplitúdóanalizátor; 12 – grafikus kirajzoló és számkinyomtató; 13 – információ rögzítés mágneses szalagon; 14–16 – számítógépes adatfeldolgozás BESZM-4 és BESZM-6 típusú számítógépeken; L – a mérőberendezés távolsága az aktív zónától; „O” – a reaktor startjele



2. ábra

Felületi záróréteges detektorral mért spektrum növényi minta börtartalmának meghatározására I – relatív intenzitás; F – háttér; E – energia MeV-ben; N – csatornaszám; Puls – az impulzus generátor jele

A $^{10}\text{B}/n, \alpha/{}^7\text{Li}$ reakcióban keletkező töltött részecskék energiája 0,84, 1,01, 1,47, 1,77 MeV, míg a fluxusmonitorozásra és energiakalibrációra szolgáló monitortól származó töltött részecskék energiája a ${}^6\text{Li}/n, \alpha/{}^3\text{H}$ reakció alapján 2,05 és 2,73 MeV



3. ábra

Növényi minta prompt γ spektruma $\text{Ge}(\text{Li})$ detektorral mérve. A börtnek megfelelő csúcs energiája 478 keV.

I – relatív intenzitás, N – csatornaszám

Anyag és módszer

A vizsgálatra került növényi minták (paradicsom, paprika, káposzta, burgonya, sárgarépa, alma, körte) 1978-ban vett, kereskedelmi forgalomból származó minták voltak. A mintákat vékony szeletekre vágtuk, majd megszárítottuk. A méréseket ezen légszár, 5–15 cm² felületű mintákkal végeztük.

A minták börtartalmának mérésére a dubnai Egyesített Atomkutató Intézet Neutronfizikai Laboratóriumának IBR-30 elnevezésű impulzusreaktorán került sor. Mivel a méréstechnikát más közleményeinkben (6–9) már részletesen ismertettük, itt csupán a legszükségesebbek említésére szorítkozom.

Biológiai eredetű minták börtartalmának mérésére 3 mérési módszert dolgoztunk ki, mindhárom a ¹⁰B/n, α /⁷Li magreakción alapul. Az első módszer a ¹⁰B/n, α /⁷Li reakcióban keletkező α -részecskék detektálása felületi záróréteges Si-detektorral. A mérőberendezés sémáját az 1., a kapott spektrumot a 2. ábra mutatja.

A második módszer az α -részecskék detektálása szilárdtest-nyomdetektorral. Itt Kodak gyártmányú, LR 115 elnevezésű, poliészter lemezre felvitt nitrátcellulóz detektort használtunk, s a film kiértékelésére 750-szeres nagyítású mikroszkóp szolgált.

Az említett két bór meghatározási eljárás csak a felületi bórkoncentráció mérésére alkalmas, ugyanis a ¹⁰B/n, α /⁷Li magreakcióban keletkező 1,471 MeV energiájú α -részecskék úthossza csak néhány μ , s az ennél mélyebben elhelyezkedő bóratomokból a neutronok hatására felszabaduló α -részecskék elnyelődnek, s nem érik el a felszínt, ill. a detektort. A mélyebben fekvő rétegek s így általában a minta átlagos börtartalmának mérése gamma-spektrometrián történhet, hisz a γ -fotonok viszonylag vastag anyagrétegen is áthatolnak. Itt a mérésre a ¹⁰B/n, α /⁷Li reakcióban keletkező, gerjesztett állapotú ⁷Li mag által kibocsátott 478 keV energiájú, prompt γ -fotonok szolgáltak. A detektor 3 keV energiatelbontású Ge(Li) detektor volt, s a jeleket 4000 csatornás amplitúdóanalizátorhoz csatlakoztattuk. A prompt γ -spektrum a 3. ábrán látható.

Vizsgálati eredmények

A vizsgált minták börtartalmáról az 1. táblázat tájékoztat. A megadott szórások – lévén 1–1 minta mérésére került sor – nem a különböző minták börtartalmának eltérését, hanem ugyanazon minta 3 párhuzamos mérésének hibáját, azaz a mérési eljárás reprodukálhatóságát mutatják. A táblázatban feltüntettem az eredeti natív állapotú minták mért átlagos víztartalmát is.

1. táblázat

A vizsgált minták börtartalma mg/kg egységben, eredeti friss állapotú anyagra vonatkoztatva

Minta	Börtartalom (mg/kg)	Víztartalom (%)
Paradicsom	78 ± 17	93,8
Paprika	36 ± 2	91,9
Káposzta	7 ± 5	91,7
Burgonya	374 ± 73	76,1
Sárgarépa	215 ± 14	89,7
Alma	52 ± 5	89,0
Alma héj nélkül	24 ± 4	89,0
Körte	104 ± 16	85,3
Körte héj nélkül	83 ± 9	85,3

A mérési eredmények értékelése

Az 1. táblázat adatai azt mutatják, hogy a különböző növényi minták börtartalma között igen jelentős, esetenként nagyságrendi különbség is lehet. Ezek az értékek csak tájékoztató jellegűek, hisz annak meghatározására, hogy a különböző növényi eredetű élelmiszerpárhelyesanyagok átlagos bórkoncentrációja milyen intervallumot képez, csak nagyszámú analízis alapján lenne lehetséges. Látható, hogy az alma és körte minták esetében a héj nélküli minták börtartalma kisebb volt, mint a héjas mintáké, így levonható az a következtetés, hogy a bór nagyobb koncentrációban van jelen a gyümölcsök héjában, mint a belső szövetekben.

Az 1. táblázat adataival való összehasonlíthatóság céljából a 2. táblázat néhány növényi minta börtartalmát mutatja. Az SRM-1571 jelű minta (különböző gyümölcsfák leveleiből szárítással majd őrléssel készült por) s a Bowen-féle minta (szárított kelkáposzta por) az aktivációs analízisben biológiai standard anyagként használatos.

Néhány növényi minta bórkoncentrációja

2. táblázat

Növényi anyag	Bórkoncentráció (mg/kg)	Irodalom
Búza (termés)	16	10
SRM – 1571*	33	11
Bowen-féle minta	48	12
Lucerna	25	13
Réti széna	12	14

* SRM – standard reference material

Az 1. és a 2. táblázat adatai alapján hozzávetőlegesen megbecsülhető az emberi szervezetbe naponta bejutó bór mennyisége. A bór nagy része ugyanis a növényi eredetű élelmiszerekkel jut a szervezetbe, mivel – lévén az állati szervezetekre a bór toxikus – az állati eredetű élelmi anyagok bórkoncentrációja jelentősen kisebb, mint a növényi eredetűeké. Az állati testszövetek börtartalma Schormüller (10) szerint pl. 0,5 – 1,0 mg/kg. Általában jelentősen meghaladja a növényi eredetű élelmiszerekből a szervezetbe jutó bór mennyisége az ivóvízzel felvett bór mennyiségét is, ugyanis az ivóvíz maximálisan elfogadható börtartalma 0,5 mg/liter lehet (15–16). Schormüller szerint egyébként naponta 10–20 mg bór kerül a szervezetbe, s a letális dózis – bórsavban mérve – 15–20 g.

Véleményem szerint az élelmiszerekből s italokból naponta felvett bór mennyisége – különösen akkor, ha főleg növényi eredetű táplálék kerül fogyasztásra – meghaladja ezt az értéket. Sok bór tartalmaznak – 1–46 mg/liter – az ásványvizek is (17). Így szerintem az emberi szervezetbe naponta bejutó bór átlagos mennyisége meghaladja a testszövetekben levő bór mennyiségét, ami 20 mg-ra becsülhető (18). Schormüller szerint is egyébként nagyobb a napi bórfelvétel mennyisége, mint a testszövetek teljes börtartalma.

Megemlítem még, hogy állati eredetű élelmi anyagok börtartalmának meghatározásával nem foglalkoztunk két okból sem. Az első ok az volt, hogy a felületi záróréteges detektort alkalmazó s a prompt γ -fotonok detektálásán alapuló mérési technika nem tette lehetővé az ilyen alacsony bórkoncentráció kvantitatív mérését. Az autoradiográfias módszernél pedig – bár ez a módszer lényegesen érzékenyebb, mint a másik kettő – a minta előkészítése okoz nehézséget.

Összegezve az eddig elmondottakat, megállapítható, hogy az adott mérési körülmények között a $^{10}\text{B}/\text{n}$, $\alpha/^{7}\text{Li}$ magreakció felhasználásán alapuló mérés technika lehetővé teszi különböző növényi eredetű élelmi anyagok börtartalmának roncsolásmentes meghatározását. A vizsgált növényi minták (paprika, paradicsom, sárgarépa, káposzta, burgonya, alma, körte) eredeti, friss állapotú anyagra vonatkoztatott börtartalma 7–374 mg/kg volt.

- (1) *Temples, P. J., Linzon, S. N.*: J. Air Pollut. Contr. Assoc., 26, 484, 1976.
 - (2) *Romney, E. M., Wallace, A., Alexander, G. V.*: Soil Sci. Plant Anal., 8, 803, 1977.
 - (3) *Kozma A., Tölgyesi Gy.*: Bot. Közl., 65 (1), 29, 1978.
 - (4) *Harcher, J. T., Wilcox, L. T.*: Anal. Chem., 22, 567, 1950.
 - (5) *Tölgyesi Gy., Kozma A.*: Agro kém. és Talajt., 23, 88–98, 1974.
 - (6) *Nagy, A. Z.* és mtsai: J. Radioanal. Chem., 33, 19, 1977.
 - (7) *Bogács, J.* és mtsai: Preprint OIJI, P3–11816, Dubna, 1978.
 - (8) *Bogács, J.* és mtsai: Növénytermelés, 28, 317, 1979.
 - (9) *Szabó, A. S.*: Leb. mitt Ind. 26, 549, 1979.
 - (10) *Schormüller, J.*: Handbuch der Lebensmittelchemie. Springer Verlag, Berlin – Heidelberg – New York, 1965.
 - (11) *LaFleur, P. D.*: J. Radioanal. Chem., 19, 227, 1974.
 - (12) *Bowen, H. J. M.*: J. Radioanal. Chem., 19, 215, 1974.
 - (13) *Anszpök, P. I.*: Mikroudobrenyija. Leningrad, Kolosz, 1978.
 - (14) *Kozma A., Tölgyesi Gy.*: Magyar Allatorv. Lapja, 34, 158, 1979.
 - (15) *Boriszov, A. I.*: Gigiena i Szanitarija, 11, 1976 (1).
 - (16) *Krasovsky, G. N., Varshavskaya, S. P., Borisov, A. I.*: Health Perspect., 73, 69, 1976.
 - (17) *Zverev, B. P.* et al.: Zs. Anal. Him., 31, 2323, 1976.
 - (18) *Cselovek.* Megyiko-biologicseszkije dannije. Moszkva, Medicina, 1977.
- * SRM — standard reference material

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ БОРА В НЕКОТОРЫХ СЫРЬЯХ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ МЕТОДОМ НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ НЕУТРОННОЙ АКТИВАЦИИ

Ш. А. Сабо

Измерительная техника основывающаяся на использовании $^{10}\text{B}/\text{n}, \alpha/{}^7\text{Li}$ ядерной реакции, предоставит возможность определить содержание бора в разных пищевых продуктах растительного происхождения без разрушения. Концентрация бора в испытуемых растительных образцах (перец, помидоры, морковь, капуста, картофель, яблоко, груши) составляла 7–374 мг/кг и относилась к первоначальному материалу нативного основания.

BESTIMMUNG DES BORGEHALTES VON EINIGEN ROHMATERIALIEN DER LEBENSMITTELINDUSTRIE MITTELS PROMPTER NEUTRONAKTIVIERUNG

S. Szabó

Mittels einer auf der Anwendung der Kernreaktion $^{10}\text{B}/\text{n}, \alpha/{}^7\text{Li}$ fussenden Messtechnik ist es möglich, den Borgehalt verschiedener pflanzlicher Nährstoffe ohne Zerstörung zu bestimmen. Die auf das ursprüngliche, natürliche Material bezogene Borkonzentration der untersuchten pflanzlichen Muster (Paprika, Tomaten, Karotten, Weisskraut, Kartoffel, Apfel, Birne) betrug 7 bis 374 mg/kg.

DETERMINATION OF THE BORON CONTENT OF SOME MATERIALS OF THE FOOD INDUSTRY BY MEANS OF PROMT NEUTRON ACTIVA- TION

S. Szabó

On applying a technique of measurement based on the nuclear reaction $^{10}\text{B}/\text{n}, \alpha/{}^7\text{Li}$ the boron content of various foods of plant origin can be determined without destructing the sample. The boron concentration of the investigated plant sample, referred to the original native material (paprika, tomatoes, carrots, cabbages potato, apple pear) ranged from 7 to 374 mg/kg.