

Mikroelemek esszencialitása és az élelmiszervizsgálat

Szabó S. András

BCE, Élelmiszer-tudományi Kar, Élelmiszerfizika Közhasznú Alapítvány
Érkezett: 2013. április 17.

Mikroelemek vonatkozásában azokat a kémiai elemeket tekintjük esszenciálisnak (egyre nő a számuk!), amelyekre az adott egészséges élőlénynek az élettani folyamatokhoz adott koncentrációban feltétlenül szüksége van. Bár van némi különbség a növényélettani, állatélettani és humánélettani folyamatokat tekintve az egyes elemek létfontosságát illetően, de a különbségeknél – a hasonló biokémiai folyamatok és hasonló hatásmechanizmusú enzimek miatt – lényegesen nagyobb mértékű az azonosság, illetve a hasonlóság. Tehát pl. a réz vagy a vas – mint enzimek alkotórésze – mind a növények, mind az állatok és az emberek számára létfontosságú mikroelem. Ugyanakkor a szelénről 1957 óta tudjuk, hogy állat- és humánfiziológiai szempontból létfontosságú, de a növények számára nem az. A bórról viszont már több mint 100 éve (1908 óta) ismert a növényfiziológiai szerep, de az állatfiziológiai jelentősége nem bizonyított, illetve nem egyértelműen bizonyított. Egyébként bizonyos különbségek az egyes fajok között – a fejlődés és a szerveződési szint függvényében – a növényeken és az állatokon belül is kimutathatók a mikroelem igény szempontjából, azaz van különbség az alacsonyabb és magasabb rendű növények között. Az egyes nyomelemek élettani szerepét tekintve azonban a magasabb rendű állatok (gerincesek) és az ember (az állatvilág törzsfáján mi a főemlősökhöz tartozunk) között semmiféle különbség nem volt fellelhető.

Az esszenciális és nem esszenciális elemek között jelentős különbség van a koncentráció-eloszlásban. Ennek alapján – elvileg – lehetőség van arra, hogy mezőgazdasági termékek, természetes összetételű élelmiszer-alapanyagok vizsgálatával fényt derítsünk egyes – még vitatott biológiai szerepű – mikroelemek fontosságára, esetleges élettani jelentőségére. A dolgozat ezt a kérdést vizsgálja néhány mikroelemre vonatkozóan saját vizsgálati adatok tükrében.

Jól ismert tény, hogy az emberi szervezet egészséges létezésének, normális fejlődésének egyik, meghatározó jelentőségű záloga a

megfelelő (adekvát) táplálkozás, s ez természetesen igaz a mikroelemek vonatkozásában is. Az esszenciális mikroelemek – pl. a fémek közül Fe, Mn, Zn, Cu, a nem fémek közül F, Se, I – esetében jól definiálható szükségleti értékek határozhatók meg, és a kemotaxonómia alapján megadhatók az ezen mikroelemekben gazdag élelmiszerek is. Ezen mikroelemek létfontosságához nem fér kétség, minden vitán felül bizonyított, hogy jelenlétük – természetesen optimális koncentrációban, illetve dózisban – a szervezet számára nélkülözhetetlen. Az esszenciális mikroelemek úgy jellemezhetők, hogy alkotórészei vagy aktivátorai a szervezet biokémiai reakcióit meghatározó enzimeknek.

Mikroelem – nyomelem – ultramikroelem

A 3 elnevezés gyakran szinonimaként használatos, arra utal – nyilvánvalóan a nagyobb koncentrációban előforduló, ún. makroelemekkel összehasonlítva – hogy ezen kémiai elemek koncentrációja az emberi szervezetben, illetve táplálékainkban meglehetősen kicsi. Ha ez mg/kg, azaz ppm körüli érték, akkor mikroelemről, ha csupán többnyire ng/g, azaz ppb körüli a koncentráció akkor ultramikroelemről, azaz nyomelemről beszélünk. Van néhány olyan elem is, amelyek esetében a koncentráció ugyan meghaladja a mg/kg értéket, de messze nem éri el a makroelemekre jellemző koncentráció-tartományt. Ezeket szokták mezeoelemeknek (köztes elemeknek) hívni, ilyen pl. a vas vagy a szilícium. S bár a terminológia nem teljesen egységesen elfogadott, illetve egyértelmű, de a mikroelem-kutatás területén dolgozó szakértők többsége elégségesnek tartja az ásványi elemek 2 csoportba sorolását (makroelem és mikroelem); e dolgot is ezen koncepciónak megfelelően íródott.

A környezetünkben természetes módon előforduló és testanyagunkat (emberi test) felépítő elemek többsége mikroelem. Ezen állítást nem nehéz bizonyítani, hiszen a periódusos rendszerben található, természetes eredetű elemek száma 92 (az első a hidrogén, a 92-es az urán). A 92-ből 4 elem biogén (organogén) elem (H, O, C, N), 7 makroelem (Na, K, Mg, Ca, P, S, Cl), a további 6 nemesgáz (He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn). Ez utóbbiak nem képeznek vegyületeket, és nem vesznek részt az anyagcsere-folyamatokban. Azaz 75 kémiai elem sorolható a mikroelemek csoportjába. (Megemlítendő, hogy ismertek persze a 92-nél nagyobb rendszámú elemek is, ezek az ún. transzuránok, de ezek

valamennyien mesterségesen előállított elemek, valamennyien radioaktívak, rövid felezési idejűek, és csak rendkívül kis koncentrációban fordulnak elő a szervezetben, illetve a környezetben. Nyilvánvalóan – a szükséglettel összefüggő – élettani funkciójuk nincs, csak toxicitásuk, illetve radiotoxicitásuk miatt van jelentőségük.)

Élettani-biológiai jelentőség

Ha a mikroelemek csoportosítását nem a koncentráció és nem a fémes, illetve nem fémes jelleg (kémiai tulajdonság) alapján, hanem a biológiai szerep figyelembevételével kívánjuk végrehajtani, akkor a következő két osztály adható meg ([www.kau.edu.sa/trace elements](http://www.kau.edu.sa/trace%20elements)):

- élettanilag fontos, azaz esszenciális mikroelemek,
- nem létfontosságú mikroelemek vagy olyan elemek, amelyek esetében az esszencialitás nem egyértelműen bizonyított, illetve vitatott.

A második csoporton belül további osztályozás hajtható végre, hiszen megkülönböztetünk:

- valószínűleg létfontosságú mikroelemeket,
- stimulatív, biopozitív hatású mikroelemeket,
- lényegében biológiai hatással nem rendelkező mikroelemeket,
- egyértelműen toxikus (mérgező hatású) mikroelemeket.

Több olyan elem van, amelyeknél ugyan számos vizsgálat eredménye utal arra, hogy jelentős a biológiai szerep (s ez kedvező), de a kísérletek, kutatások még nem egyértelműen bizonyították az esszencialitást. Egyébként egy adott, még vitatott biológiai fontosságú elemről nem könnyű bizonyítani az esszencialitást, de sokkal nehezebb – lásd analitikai problémák később – kétséget kizáróan bizonyítani azt, hogy nem esszenciális!

A mikroelemek egy része segítheti, stimulálhatja más, biokémiai szempontból fontos mikroelem felvételét. Más mikroelemek pedig már nagyon alacsony koncentrációban is mérgezőek, ezek a toxikus mikroelemek. Természetesen egy bizonyos koncentráció felett minden elem – tehát a létfontosságú is – toxikus. Ezért is rögzítik a szabványok az élelmiszerekben előforduló mikroelemekre vonatkozó megengedhető maximális koncentráció (MMK) értékeket. Fél évszázada van érvényben

Paracelsus – svájci botanikus, orvos, kémikus – megállapítása, mely szerint nincsenek gyógyszerek és mérgek, csak koncentrációk és dózisok. Kis mennyiségben semmi sem gyógyszer és semmi sem mérge, nagy dózisban minden mérge.

A környezetünkben, testünkben, élelmiszereinkben előforduló mikroelemek egy részének lényegében nincs biológiai hatása, azaz jelenléte nem szükséges az életfolyamatokhoz, viszonylag kis mennyiségben való előfordulása pedig nem zavarja azokat (Szabó és mtsai, 1987, 1993, 1994). Lehetne persze ezeket az elemeket gyengén toxikus elemeknek is nevezni, megkülönböztetésül az erősen toxikus mikroelemektől, amelyeket egyszerűen toxikus névvel illetünk.

A mikroelemekkel kapcsolatos interdiszciplináris kutatómunka újabb eredményei szerint legalább 20 mikroelem esetében valószínűsíthető, hogy a létfontosság fennáll (Pais, 2002; Simon, Szilágyi, 2003). Azaz a már említett néhány mikroelemen túl is várható, hogy többről a későbbiek során kiderül a biológiai szerep.

Koncentráció-eloszlás az esszenciális és nem esszenciális mikroelemek esetében

A nem létfontosságú elemekre vonatkozóan van egy jellemző tulajdonság, ami jelentősen eltér a jellegzetesen létfontosságú elemekre vonatkozótól. Ez pedig a koncentráció-eloszlás (Heydorn, 1984; Szabó, 1996). Ugyanis egészséges egyedek esetében a tipikusan esszenciális elemekre (pl. K, Mg, Fe, Cu) vonatkozóan az adott testszövetben (pl. vérplazma) vagy szervben (pl. szív) a kérdéses makro- és mikroelem eloszlása ún. normál eloszlást mutat, és viszonylag szűk koncentrációtartománnyal jellemezhető az intervallum (Capelli et al., 2008). Eltérő külső körülmények esetében is – éppen a szabályozó mechanizmusoknak köszönhetően – a kérdéses mikrotápelem mért koncentrációi viszonylag kis eltéréseket mutatnak; a mért értékek túlnyomó többsége belefér a számtani átlagértékhez számított, $f=1,58$ (azaz $\log f=0,2$) faktorialis jellemezhető tartományba. Ez esetben a számtani és a mértani átlagértékek, illetve a medián között nincs nagy különbség, a tartomány viszonylag szűk.

Ugyanakkor a nem esszenciális elemeknél (pl. Hg, Rb) a koncentráció-eloszlás inkább ún. lognormál eloszlást mutat. Ez esetben igen nagy egyedi eltérések lehetnek a mérési adatok, illetve egyedek

között, hiszen lényegében nincs a koncentrációt szabályozó mechanizmus. A koncentráció-értékek a nulla koncentráció, illetve az analitikai kimutathatósági érték és a már toxikussági szint közötti tartományban lehetnek egészséges egyedeknél. Ez igen széles, kifejezetten nagy terjedelmű koncentráció-tartomány, ami úgy jellemezhető, hogy a nagy számú mért adatból számított számtani és mértani átlagérték jelentősen eltér. Ez esetben az aritmetikai átlagértéket alapul véve az $f=2$ (azaz $\log f=0,3$) faktorral jellemezhető tartományon kívül is lehetnek mért értékek. Éppen a koncentráció-eloszlás jellege, azaz a szűk vagy pedig inkább széles tartomány használható fel a kérdéses mikroelem esszenciális vagy nem esszenciális voltának jellemzésére, illetve bizonyítására. A vizsgálatban szereplő Li és Sr ilyen vitatott biológiai szerepű mikroelemnek tekinthető (Szabó, 2007).

Ha tehát létfontosságú elemről van szó (pl. humánéletteni szempontból ilyen a réz), akkor egészséges emberek esetében az adott testszövet réztartalma meglehetősen stabil érték (kicsi a mérési adatok szórása). Ugyanakkor nem életfontosságú elem (pl. humánfiziológiai szempontból ilyennek tekinthető valószínűleg a cézium) esetében még egészséges emberek esetében is igen nagy eltérések figyelhetők meg – elsősorban a táplálkozás és a környezet függvényében – egy-egy adott szerv vagy testszövet összetételét tekintve, tehát a mérési, illetve egyedekre jellemző adatok szórása nagy. Élelmiszernövények vizsgálata alapján pedig a kérdéses növényfajra érvényesíthető a következtetés az adott elem esszencialitására vonatkozóan, természetesen elegendően nagy számú és eltérő területekről származó növényi minták esetében.

Esszenciális és nem esszenciális jelleg

Azok az elemek esszenciálisak, amelyekre a kérdéses szervezetnek a kiegyensúlyozott működéshez feltétlenül szüksége van, ezek tehát létfontosságú komponensek. Nyilvánvalóan valamennyi makroelem esszenciális. A mikroelemeknek azonban csak egy része tűnik esszenciálisnak, bár a tudomány és mérés technika fejlődésével – ahogy már említettem – valószínűleg egyre több elemről derülhet ki a fontos biológiai szerep. Az esszenciális mikroelemekre (pl. réz, cink, mangán) a következő megállapítások biztosan jellemzők:

- Az egészséges szövetekben az előfordulási koncentrációjuk viszonylag konstans.

- A hiány vagy felesleg jól definiálható biokémiai változásokat indukál.
- A hiánytünetek megfelelő kiegészítéssel megszüntethetők, illetve megelőzhetők.

Az esszenciális elemeket tehát egy viszonylag szűk mennyiségi tartományban igényli a szervezet – az élettani szükséglettől legalább elérő, de a már toxikussági tüneteket produkáló mennyiségnél kisebb arányban – nem esszenciális elemeknél viszont nincs szükségleti érték, csupán toxikussági küszöb. Ha tehát esszenciális elemről van szó, és a bevitel meghaladja az élettani szükségletet, akkor jó ellátottságról, ha jelentősen meghaladja és már közelíti a toxikussági küszöböt, akkor luxus fogyasztásról (felesleges bevitelről) beszélünk. Egyes elemeknél a szükségletet már kis mértékben meghaladó mennyiség is mérgező lehet (pl. Se), más elemeknél a szükséglet és a toxikussági küszöb közötti tartomány nagyon széles is lehet. Nem esszenciális elem esetében nincs fiziológiai szükséglet, a kérdéses elem jelenléte a toxikussági küszöb eléréséig lényegében nem befolyásolja a szervezet működését.

Egy-egy esszenciális kémiai elemre vonatkozóan a kérdéses növényi vagy állati eredetű élelmiszer összetétele – ha egészséges állatból, illetve növényből származik – meglehetősen stabil. Ez az ún. kemotaxonómia, azaz az a jelenség, hogy a kérdéses faj és fajta a más fajtoktól nem csupán morfológiailag, de kémiai összetételében is jelentősen eltérhet, ugyanakkor az azonos fajhoz tartozó egyedek között a kémiai összetételben is nagyfokú hasonlóság van. Tehát pl. a borsó vagy mondjuk a sertésmáj valamely esszenciális elemre vonatkozó összetétele csupán kis mértékben függhet a talaj- és termesztési, illetve takarmányozási viszonyoktól; a fiziológiai szabályozás következtében az összetétel csak adott (viszonylag szűk) határok között változhat.

Analitikai technikák az ásványi anyagok – elemi kémiai összetétel – meghatározására

Nagyon sokféle mérés-technika használatos a makro- és mikroelemek meghatározására az élelmiszerekben. Talán a legszélesebb körben a különböző optikai eljárások használatosak, a fotometriás, spektrofotometriás, lángfotometriás, atomabszorpció spektroszkópiás (AAS), emissziós spektrumanalitikai eljárásokon kívül egyre inkább terjed az ugyan meglehetősen költséges, komoly műszerigényű, de nagy

teljesítményű és nagyszámú elem egyidejű meghatározására alkalmas, induktív csatolású, plazma atom-emissziós spektroszkópia (ICP-AES).

Használatosak a különböző elektro-analitikai eljárások is, így pl. a potenciometria, ionszelektív elektródos méréstechnika, voltametria, polarográfia, konduktometria. A mágneses technikák közül pedig a tömegspektrometriás (MS) és az elektron spin rezonanciás (ESR) módszerek jelentősek.

A roncsolásmentes mérési eljárások közül az ún. radioanalitikai technikákat kell említeni, így az aktivációs analízist illetve annak különböző lehetőségeit (pl. INAA), valamint a röntgenfluoreszcenciás (XRF) és PIXE technikákat. Ezek is multieleemes eljárások, és a roncsolásos módszerekkel szemben nagy előnyük, hogy nem igényelnek a mérés előtt vagy után kémiai jellegű kezelést (feltárás, hamvasztás, elválasztás), s ezáltal nem módosul a vizsgálandó minta eredeti mikroelem-spektruma. A körülmények függvényében ezek a mérések akár „in vivo” is elvégezhetőek, noninvazív technikai alkalmazásként.

Ha speciációs jellegű vizsgálatokat végzünk, akkor az ismertett technikák kibővülnek egyéb analitikai eljárásokkal, pl. szeparációs technikákkal, ilyenkor ún. csatolt eljárásokat (pl. HPLC-MS, GC-MS, HPLC-ICP, ICP-MS) célszerű alkalmazni. Az utóbbi években a speciációs analitikai vizsgálatokat (a mikroelem-tartalmon belül az egyes kémiai formák vizsgálata) egyre szélesebb körben alkalmazzák, hiszen jelentős különbség van az élettani hatást tekintve pl. az As-III és As-V vegyületek, a Cr-III és Cr-VI vegyületek, a Se-IV és Se-VI vegyületek vagy a szervetlen és szerves kötésű Hg-vegyületek között.

A mikroelemekre vonatkozó vizsgálatok megbízhatóságát természetesen az alkalmazott méréstechnika érzékenysége is meghatározza. Nagyon kis koncentrációk – ppb vagy ppt tartomány – esetén gond lehet a méréstechnika alkalmatlansága, hiszen a mérendő érték a kvantitatív meghatározási szint alatt lehet, akár jelentősen, nagyságrendekkel is. Ha pl. feltételezzük, hogy egy adott sejten egy adott enzim molekula szükséges, amiben egy atom létfontosságú mikroelem van, akkor a megkívánt mérési pontosság 1 atom/sejt (Bowen, 1972, 1982). Ugyanakkor már ilyen kis koncentrációban sem zárható ki a biológiai szerep. Ez pedig akár több nagyságrenddel is kisebb lehet, mint az adott mérési eljárás teljesítőképessége. Ezért is várható, hogy a mérési módszerek és analitikai technikák fejlődésével tovább fog nőni a bizonyítottan létfontosságú mikroelemek száma.

Anyag és módszer

Különböző hazai területeken termesztett, különböző évjáratú, egészséges, emberi fogyasztásra alkalmas retekminták (*Raphanus sativus*) vizsgálatára került sor, mérve az elhamvasztással kapott hamumintákban az elemi kémiai összetételt. Bár a nagyszámú minta vizsgálata során többféle analitikai technika (lángfotometria, AAS, REA) alkalmazására került sor, az e dolgozatban tárgyalni kívánt elemekre (Li, Sr, Zn) vonatkozó méréseknél ICP-AES volt a mérési eljárás. A meghatározásokat az Élelmiszertudományi Kar Alkalmazott Kémia tanszékének munkatársai végezték.

Ezen elemek közül a cink kétséget kizáróan létfontosságú, mind a növények, mind pedig az állatok (és emberek) számára. Ugyanakkor a Li és a Sr esetében a biológiai szerep vitatott, számos kérdés még tisztázásra vár. Nyilvánvalóan az egészséges élelmiszernövények vizsgálata – a kérdéses mikroelem koncentráció-eloszlása – alapján csak az esetleges növényfiziológiai szerepről lehet információt gyűjteni. Ha az állat- és humánéletteni szerep a vizsgálat tárgya, akkor persze állati eredetű minták – pl. sertésizom – mérése, az adott nyomelemre vonatkozó koncentráció-eloszlás tanulmányozása a feladat.

A koncentráció-eloszlás vizsgálata során nagyon lényeges, hogy csak olyan minták szerepeljenek a vizsgálat anyagában, ahol az esetleges toxicitási tünetek – jelen esetben a fitotoxikusságra utaló tünetek – nem jelentkeztek, tehát az adott élőlény (jelen esetben növény) egészséges legyen.

A kapott eredmények s azok értékelése

A Li-ra, Sr-ra és Zn-re vonatkozó összesített adatokat az 1. táblázat tartalmazza. Azért került kiválasztásra a koncentráció-eloszlás elemzésekor e három elem, mert a Li és a Sr esetében az életteni szerep vitatott, a Zn esetében viszont régóta egyértelmű, hogy létfontosságú mikroelemről van szó. Tehát a Zn – itt mint referencia mikroelem – azt hivatott bizonyítani, hogy az eloszlása megfelel az elvárásoknak, azaz az esszenciális elemeknek megfelelő normál eloszlást követi. A másik 2 mikroelem esetében pedig éppen az eloszlás jellegéből (normál vagy inkább lognormál koncentráció-eloszlás) kívánunk következtetni azok létfontosságára vagy annak hiányára. Növényéletteni szempontból azt kell eldönteni, hogy esszenciális vagy nem esszenciális mikroelemmel állunk-e szemben.

A táblázat adatai alapján megállapítható, hogy a Li esetében meglehetősen nagy a mért koncentráció-tartomány, nagyságrendnyi különbség van a legkisebb és a legnagyobb érték között. Ebből adódóan a geometriai átlag lényegesen kisebb, mint a számtani, ami már előrevetíti azt, hogy az eloszlás nem normál, és az elem nem esszenciális. A mérési adatok mintegy 20%-a kívül esett azon a tartományon, ami a számtani átlaghoz tartozó $f=2$ faktoriall jellemezhető intervallumot reprezentálja. Az pedig nagyon valószínű, ha a mért értékek egy része e meglehetősen széles tartományon is kívül esik, akkor nem nagyon van szabályozó mechanizmus, az eloszlás lognormál, és nagyon valószínű, hogy nincs biológiai szerep.

1. táblázat: Retekminták Li-, Sr és Zn-tartalma (10^{-6} g/g hamu)

Jellemző	Li	Sr	Zn
mért minimum	20,04	212,01	119,96
mért maximum	185,97	539,91	393,61
aritmetikai átlag (x_a)	104,20	337,07	224,19
szórás (SD)	64,52	101,89	82,07
geometriai átlag (x_g)	80,70	323,58	211,15
a geometriai és aritmetikai átlag aránya (x_g/x_a)	0,774	0,960	0,941
$f = 2,0$ ($\log f = 0,3$) faktorhoz tartozó tartomány	52,10-208,40	168,54-674,14	112,09-448,38
$f = 1,58$ ($\log f = 0,2$) faktorhoz tartozó tartomány	65,94-164,63	213,34-532,57	141,89-354,22

A Sr esetében ellentétes az a kép, ami a mérési adatok alapján rajzolódik ki. Messze nincs nagyságrendnyi különbség a legkisebb és legnagyobb mért adat között; a tartomány szűk, a legnagyobb mért eredmény a legkisebb értéknek „csak” valamivel több, mint 2-szerese. A számtani és mértani átlag nagyon közel áll egymáshoz, és az $f=1,58$ faktornak ($\log f=0,2$) megfelelő tartomány szélső értékei lényegében megegyeznek a mért legkisebb és legnagyobb koncentráció-értékkel. A biológiai szerep hiányát jelző 2-es faktornak megfelelő intervallum pedig sokkal szélesebb, mint a mért adatok szélső értékei. Tehát az eloszlás normálnak tekinthető, azaz a Sr a magasabb rendű növények számára életfontosságúnak tűnik.

Nézzük a Zn esetében tapasztalhatókat. A koncentráció-tartomány nem széles, a legnagyobb mért érték 3-szorosa a legkisebbnek. Az aritmetikai és a geometriai átlag közeli érték, tehát az eloszlás normál

jelleget mutat. A mért adatok túlnyomó többsége (több, mint 70%) a nagyon szűk, az $f=1,58$ ($\log f=0,2$) faktorialis jellemezhető intervallumba esik; az $f=2$ ($\log f=0,3$) tartományon kívül egyetlen mért adat sem található. Természetesen nyilvánvaló az elem létfontossága, és ezt meglehetősen jól bizonyítja az eloszlás jellege is.

Összegezve tehát megállapítható, hogy a különböző eredetű biológiai minták (növényi és állati eredetű mezőgazdasági termékek, élelmiszerek) adott mikroelemre vonatkozó koncentráció-eloszlásának vizsgálata segítséget nyújthat az adott elem biológiai szerepének tisztázásához.

Irodalom

- H.J.M. Bowen: The biochemistry of the elements. Nuclear Activation Techniques in the Life Sciences, IAEA, Vienna, 1972, p. 393-404
- H.J.M. Bowen: Environmental chemistry. Vol.2. Royal Society of Chemistry, Burlington House, London, 1982
- R. Capelli, K. Das, R.D. Pellegrini, G. Drava, G. Lepoint, C. Miglio, V. Minganti, R. Poggi: Distribution of trace elements in organs of six species of cetaceans from the Ligurian Sea. Science of the Total Environment, 390, 569-578, 2008
- K. Heydorn: Neutron activation analysis for clinical trace element research. CRC Press, Florida, SA, 1984
- I. Pais (ed.): New results in the trace element research. 10th Int. Trace Element Symp. Budapest, Szent Istvan University, 2002, publ. 2003
- Simon L., Szilágyi M. (szerk.): Mikroelemek a táplálékláncban. Bessenyei György Könyvkiadó, Nyíregyháza, 2003, p. 473
- A.S. Szabo: Determination of essential or non-essential character of some hardly known trace elements. Proc. 7. Int. Symp. „New perspectives in the research of hardly known trace elements. ed.: I.Pais, Univ. Hort. Food Ind., Budapest, 1996, p. 39-46
- Szabó S.A.: Élelmiszerek ásványi anyag tartalma. XXI. Litium az élelmiszerekben. Élelmezési Ipar, 61(5), 157-159, 2007
- Szabó S.A.: Élelmiszerek ásványi anyag tartalma. XXIV. Stroncium az élelmiszerekben. Élelmezési Ipar, 61(8), 248-250, 2007
- Szabó S.A., Regiusné Mócsényi Á., Győri D.: Mikroelemek a mezőgazdaságban I. Esszenciális mikroelemek. Mezőgazd. Kiadó, Bp., 1987
- Szabó S.A., Győri D., Regiusné Mócsényi Á.: Mikroelemek a mezőgazdaságban. II. Stimulatív hatású mikroelemek. Akadémiai Kiadó, Bp., 1993
- Szabó S.A., Regiusné Mócsényi Á., Győri D.: Mikroelemek a mezőgazdaságban. III. Toxikus mikroelemek. Akadémiai Kiadó, Bp., 1994
- [www.kau.edu.sa/trace elements vital for human body](http://www.kau.edu.sa/trace%20elements%20vital%20for%20human%20body)

Mikroelemek esszencialitása és az élelmiszervizsgálat

Összefoglalás

Miután az esszenciális és a nem létfontosságú mikroelemek egészséges szervezetben belüli koncentráció-eloszlása jelentős eltéréseket mutat, ez a tény felhasználható az adott mikroelem biológiai szerepének tisztázására. A létfontosságú elemeknél szűk a koncentráció-tartomány, az eloszlás normál eloszlású, nem esszenciális elemeknél a tartomány tág, az eloszlás lognormál. A vizsgált retek mintákban mért Li- és Sr-tartalom elemzése alapján az a következtetés adódik, hogy a magasabb rendű növények számára a Sr esszenciális, a Li viszont nem. Referencia mikroelemként a Zn szolgált, nyilvánvalóan esszenciális elem; amely eloszlása szűk koncentráció-tartományt és normál eloszlást mutatott. Az élelmiszerek nyomelem-tartalmának vizsgálata tehát segíthet a kérdéses mikroelemek biológiai szerepének tisztázásában.

Essentiality of Trace Elements and Food Investigations

Abstract

Because the concentration distribution of essential and non-essential micro elements within the healthy organisms shows significant difference, this fact can be used for clarification of biological role of the given elements. In case of essential elements the concentration range is narrow, the distribution is normal, in case of non-essential elements the interval is wide, the distribution is lognormal. Based on the measurements of Li and Sr content of radish samples the conclusion was the following: for higher plants Sr is essential, but Li is not. As a reference element Zn was used, which is definitely an essential element, and to the measurements the concentration range was narrow, the distribution normal. So, the trace element investigation of different foodstuffs can help for determination of biological role of micro elements.