

Élelmiszerek ásványi anyag tartalma – Alumínium az élelmiszerekben

Kulcsszavak: makroelem, mezoelem, mikroelem, alumínium-vegyületek, foszforhiány

1. ÖSSZEFOGLALÁS

Kéziratom tárgya az alumínium, amely a növényekben – bár nem esszenciális elem – jelentős mennyiségben fordulhat elő. A teacserje pl. kifejezetten Al-gyűjtő növény. A növények Al-tartalma jelentősen függ a talaj pH-értékétől, erősen savas talajokon jelentős lehet a talajvíz Al-tartalma s ez P-hiányt eredményezhet. A táplálékkal felvett Al mennyisége döntően függ a fogyasztott növényi és állati termékek arányától. Az állati eredetű élelmiszerek Al-koncentrációja az alumínium-vegyületek rossz felszívódási jellemzői miatt jelentősen kisebb, így például a tejbe is csak nagyon kevés alumínium választódik ki. A makroelemeket követően az alumínium az a fémes mikroelem, ami többnyire a legnagyobb mennyiségben kerül az emberi szervezetbe, kb. 30-50 mg naponta. A túlzott Al-felvétel különböző egészségügyi rendellenességek forrása lehet, s összefügghet pl. az Alzheimer-kór kialakulásával, az időskori demenciával is (az alumínium-felvétel és az Alzheimer-kór összefüggését számos szakirodalmi forrás vitatja; a Szerk.).

¹ Élelmiszerfizikai Alapítvány

2. Bevezetés

Az ásványi anyagok témakörét ismertető cikksorozat előző részének témája [1] a toxikus nyomelemnek tekinthető az ozmium volt. Ez a kézirat a biológiai jelentőséggel nem rendelkező nyomelem az alumíniummal foglalkozik. Bizonyos tekintetben kérdéses lehet, hogy egyáltalán létezik-e olyan elem, amelynek nincsen biológiai jelentősége. A „határ” a biológiai jelentőséggel rendelkező és nem rendelkező elemek között nem éles, hiszen Paracelsus (1493-1541) óta köztudott, hogy elvileg minden anyag – így minden minden mikroelem esetében is – toxikus lehet, s a hatás mértéke csupán annak koncentrációjától illetve felvett mennyiségétől függ.

Pais [2] az alumíniumot a részleges biológiai hatású mikroelemek közé sorolja. Szerinte a biológiai hatással nem rendelkező mikroelemek között lényegében azok a mikroelemek tárgyalhatók, amelyek az emberi szervezet számára valószínűleg nem létfontosságúak nincs ismert biológiai funkciójuk, ugyanakkor a koncentrációjuk vagy nagyon kicsi – s ennek következtében gyakorlatilag nincs kimutatható biológiai-életteni hatásuk – vagy a koncentrációjuk ugyan nem alacsony, de a kérdéses mikroelem (ill. vegyületei) csak nagyon gyengén toxikus hatásúak, azaz csak extrém nagy mennyiségek esetén jelentkezik a mérgező vagy a fiziológiai folyamatokat gátló, egészségkárosító hatás. Éppen a rendelkezésre álló ismeretek korlátaiból adódóan – pl. az alkalmazott analitikai méréstechnikák kimutatási ill. kvantitatív meghatározási határaiból adódóan – nem kizárt, hogy a későbbiekben esetleg néhány olyan nyomelemről is bizonyított lesz a létfontosság, amelyet ma ebbe a csoportba sorolunk [3]. Mivel az esszencialitás esetében lényegében arról van szó, hogy az adott nyomelem bizonyos enzimek alkotórésze vagy aktivátora, a nagyon kis koncentrációban előforduló elemeket tekintve a bizonyítás nem könnyű feladat, főleg akkor nem, ha az adott elem természetes viszonyok mellett az életteni szükségletet mindig elérő koncentrációban fordul elő a környezetben, s ezáltal hiánytünet nem jelentkezik. A határérték elvileg akár sejtenként egy atom is lehet, hiszen lehet, hogy a kérdéses sejtben (mint az élő anyag anatómiai és funkcionális egysége) csak egy olyan élettanilag szükséges molekula van, aminek alkotórésze a kérdéses elem egy atomja. Ez pedig a mezőgazdasági termékek, élelmiszerek esetében a mikroelem-analitikában általában megszokott ppm (mg/kg) ill. ppb (ng/g) szinteknél akár nagyságrendekkel kisebb előfordulási arányt is jelenthet.

3. Az alumínium életteni szerepe

Az alumínium a földkéregben a legnagyobb arányban (7,5 %) előforduló fém, az oxigén s a szilícium után a leggyakoribb elem. Legnagyobb része alumíniumszilikát ásványokban (pl. andaluzit) és földpátokban (pl. ortoklász) található, de ismertek oxidos (pl. korund) és hidroxidos (pl. hidrargillit) ásványai is. A bauxit egyébként nem ásvány, hanem üledékes kőzet, ami főleg böhmitet és hidrargillitet tartalmaz. Az alumínium a talajokban 0,2-20 % gyakorisággal fordul elő, átlagos koncentrációja a tengervízben 0,002 mg/liter, a felszíni édesvizekben pedig 0,3 mg/liter [4, 5].

Bár a biológiai eredetű anyagokban (főként növényekben) az Al viszonylag nagy koncentrációban fordul elő, biológiai funkciója – jelenlegi ismereteink szerint – nincs. Mezőgazdasági szempontból azonban – a növények tápanyagellátottsága, elsősorban P-ellátottsága oldaláról nézve döntő jelentőségű elem. Az alumínium valószínűleg nem létfontosságú elem, életteni-biológiai funkciója nincs, ill. nem ismert. Ennek Kőrös [6] szerint fő oka az, hogy az alumínium fiziológiás kémhatású rendszerekben (kb. pH=7) között nem ionos állapotú, már sokkal alacsonyabb pH-n az alumínium hidroxo-polimerek formájában kicsapódik az oldatból, s mivel ezt a csapadékot a komplexképzők legnagyobb része nem tudja feloldani, ezért az alumínium nem tud oldatba kerülni. Az alumínium redox reakciókban nem vesz részt, vizes oldatban csak +3 oxidációs állapotban lehet jelen. Ebből az következik, hogy az alumínium sem metalloenzimek, sem fémaktiválta enzimek komponense nem lehet, s mobilis ionként sem szerepelhet. Az élő szervezetekben jelentős mennyiségben megtalálható oldhatatlan foszfátok alkotórészévé sem válhatott, hiszen erre a szerepre a biológiai evolúció a biológiai rendszerek számára sokkal könnyebben hozzáférhető kalciumot választotta ki.

Az utóbbi 2-3 évtizedben számos tudományos publikáció foglalkozik az alumínium kémiai-biokémiai szerepével a táplálékláncban, a kölcsönhatásokkal (elsősorban fluor és foszfor vonatkozásában), az esetleges toxikus hatások kérdésével, a környezetszennyezés, az alumínium-felhasználás s a táplálékkal és egyéb úton (pl. gyógyszerek) bevitt alumínium jelentőségével, biológiai szerepével, hasznosulásával, negatív kihatásával. Egyes szerzők úgy vélik, hogy optimális koncentrációban az alumíniumnak stimulatív szerepe is van ill. lehet. Úgy vélem sok kérdés nem csupán megválaszolásra, de talán még felvetésre is vár.

Vannak szakemberek, akik újabban inkább a vitatott életteni fontosságú elemek közé sorolják az alumíniumot, nem vetve el teljesen az esszencialitás lehetőségét sem, utalva azonban arra, hogy legfeljebb csak nagyon kis koncentrációban szükséges elem, s ezért hiánytünetek fellépése nem várható. A túl sok alumínium azonban biztos, hogy megzavarja a szervezet Ca-, P- és F-anyagcseréjét is. Pl. a fluor s az alumínium közötti antagonizmus következtében a fluor kiegészítés csökkenti az alumínium koncentrációját s esetleges káros hatását és fordítva.

4. Alumíniumforgalom az emberi szervezetben

Vegyes étrend mellett a napi Al-felvétel kb. 10-35 mg, az emberi testben lévő alumínium mennyisége pedig többnyire 50-120 mg közötti érték, s ez idősebb korban általában növekszik [7]. Más adatok [8] szerint a 70 kg-os átlagember testében akár 1,0 g körüli is lehet a tárolt Al mennyisége, s a napi felvétel pedig elérheti a 80 mg-ot is. A szerzők döntő többsége szerint egyébként 5 és 150 mg közötti az a tartomány, ami a napi Al-felvételt jelenti, ugyanakkor élelmiszerekből egyes hazai mérések [9] szerint csupán 0,3 és 19,4 mg közötti értékek adódtak. Természetesen az alumínium nem csupán a szilárd élelmiszerekből, hanem italokból, gyógyszerekből is származhat, sőt egy kisebb része belégzéssel jut a tüdőn keresztül a szervezetbe.

A szilárd élelmiszerekből és az italokból a makroelemeket követően a legnagyobb mennyiségben az alumínium és a szilícium jut az emberi tápcsatornába. Így – néhány más elemmel (pl. bróm, bór, esetleg vas, cink) együtt – az alumínium akár a mezoelemek csoportjába is sorolható lenne, hiszen előfordulási aránya az élelmiszerekben jelentősen (nagyságrendileg ill. akár több nagyságrenddel is) meghaladhatja a legtöbb nyomelem koncentrációját. Az alumínium-bevitel döntően függ attól, hogy növényi vagy inkább állati eredetű táplálékot fogyaszt-e a kérdéses egyén.

Az alumínium különböző vegyületei, sói az emberi szervezet számára gyakorlatilag nem mérgezőek, ami azzal függ össze, hogy az emésztőcsatornából csak kis mértékben szívódnak fel, s ezáltal döntően a széklettel ürülnek. A vizelettel ürülő alumínium mennyisége csak 0,1 mg/liter körüli érték. Az alumínium gyenge oldhatósága tette lehetővé az alumíniumból készült edények, technológiai berendezések élelmiszeripari, konyhatechnikai alkalmazását. Azt azonban célszerű figyelembe venni, hogy pl. az alumínium-ionok éppúgy katalizálják a kérdéses élelmiszerben lévő C-vitamin tartalom lebomlását, mint pl. a rézionok. Kiválóan alkalmas az alumínium alufólia készítésére is, s így alkalmas a legkülönbözőbb élelmiszerek csomagolására.

Az inhaláció következtében a szervezetbe jutó alumínium egy része a tüdőben raktározódik, ezzel magyarázható, hogy az életkor előrehaladásával a tüdőszövetek Al-koncentrációja nő. A felvett alumínium egy része azonban felszívódik, az alumíniummal exponált dolgozók vizeletében mérhető Al-tartalmak 2-3-szorosan meghaladták a kontrol személyeknél mért értékeket. A tüdőn kívül a csont, a máj s a lép tartalmaz jelentősebb mennyiségű alumíniumot, s jól ismert tény, hogy az életkor előrehaladtával az agyállományban is nő az Al koncentrációja. Vesebetegeknél – a csökkent vesefunkció miatt – igen jelentős lehet az egyes szervekben az alumínium-depozíció. Az Al-terhelés egyébként másodlagos foszforhiányt is előidézhet [10].

5. Élelmiszerek alumínium tartalma

A különböző mezőgazdasági termékek, élelmiszeripari nyersanyagok és készételek Al-tartalmáról bőszeges irodalmi adatok állnak rendelkezésre [11, 12, 13, 14, 15, 16, 17]. Magyarországon a korábbi OÉTI (Országos Élelmiszer- és Táplálkozástudományi Intézet) s a TAKI (Talajtani és Agrokémiai Tudományos Intézet) szakemberei végeztek számos vizsgálatot s jelentettek meg több közleményt, illetve konferencia-beszámolót. Élelmiszerekben az alumíniumra nem határoztak meg határértékeket, az egyes élelmiszerek között – eredet, földrajzi környezet stb. függvényében – számottevő eltérések mutathatók ki. A rendkívül széles koncentrációtartomány is arra utal, hogy valószínűleg nem esszenciális mikroelemről van szó, hiszen ugyanazon egészséges növényi vagy állati szövet (termék) alumínium-tartalma jelentékenyen különbözhet, több nagyságrend eltérés is lehet.

A növények ill. növényi eredetű élelmiszerek Al-tartalma többnyire jelentősen meghaladja az állati eredetű élelmiszerekét. Erősen savas a környezetben, pH=4 körüli érték esetén a talajvízben akár 1 mg/liter feletti Al-koncentráció is előfordulhat. A talaj magas alumínium-koncentrációja a növények esetében klorózist okozhat. A fokozott Al-felvétel káros hatása döntően az okozott P-hiánnyal magyarázható. Erősen savanyú talajokon az alumínium kedvezőtlen hatása P-trágyázással megszüntethető. Egyes – un. savtűrő növények – igen nagymértékben akkumulálják az alumíniumot, s a szárazanyag-tartalomra vetített Al-tartalom meghaladhatja a 0.1 %-ot is. Ilyen növény pl. a teacserje.

A növényeknél az Al elsősorban a vegetatív részekben fordul elő, mozgékony Al-ban gazdag szubtrópusi és trópusi savanyú talajok esetében igen magas Al-tartalmak mérhetőek tea, kávé, ananász kultúrákban. Lásztity közlése [18] szerint a hazai árpa szemtermés átlagos Al-tartalma 3,1 mg/kg volt (a szalmában mért átlagérték 27,9 mg/kg, tehát nagyságrendi különbség), a köles esetében 4,6 mg/kg volt a szemben s 197 mg/kg a szalmában az átlagosan mért Al-tartalom. A zöldségfélék, főzelékfélék esetében a gabonaszemekben mérhetőnél jóval magasabb Al-koncentrációk is regisztrálhatók, az eltérő földrajzi és talajtani viszonyok függvényében a 10 mg/kg tartománytól akár nagyságrenddel magasabb értékek is.

A rossz abszorpció miatt az állati eredetű élelmiszerek Al-tartalma többnyire jóval kisebb, nagyságrendileg általában a mg/kg tartományba esik. A tehéntejben egyes szerzők csak 0.1 mg/liter, mások 1 mg/liter feletti mért Al-tartalomról számolnak be, Pais szerint az átlagérték 0,5 mg/liter körüli [2]. Így a tejtermékek kifejezetten alacsony Al-tartalmú élelmiszernek tekinthetők, s többnyire alacsony a halakban mérhető Al-tartalom is.

Számos élelmiszer (pl. egyes sajtok, sütőporok, fagyasztott tészták, sütőporral kevert lisztes készítmények, savanyított zöldségek) alumíniumot is tartalmazó adalékanyagok felhasználásával készül.

Az emberi szervezetbe jutó alumínium egy része – nem a meghatározó mennyiség – az ivóvízből származik. WHO ajánlás szerint 0,05 mg/liter a kívánatos határérték, a megengedhető pedig 0,2 mg/liter, de ennél az ivóvízben gyakran jóval magasabb a mérhető Al-koncentráció. Al-tartályban tárolt szikvíz esetében pedig jelentősen magasabb értékek is előfordulnak.

A túl sok alumínium bevitele természetesen kedvezőtlen hatásokat is eredményezhet az ember szervezetében. Esetenként azonban nem az élelmiszerekkel bevitt Al mennyisége a döntő, hanem a gyógyászati céllal (pl. gyomorsavtúlnegés ellen) felhasznált és a szervezetbe jutó alumínium. Megemlítendő, hogy vesebetegeknél a szérumban magas foszfáttartalmának csökkentésére nagy dózisban alkalmaznak alumíniumot [19]. A túrhetőnek ítélt napi Al-felvétel egyébként Takács szerint kb. 1 mg/testtömeg-kg, ugyanakkor az EFSA (European Food Safety Authority) ennél jóval kisebb értéket, heti maximum 1 mg/kg testtömeg értéket tekinti biztonságosnak.

Idősebb korban különösen kell ügyelni az alumínium-bevitel csökkentésére, hiszen a magas Al-koncentráció zavarokat okozhat a vesefunkciókban, idegrendszeri zavarokat is eredményezhet, továbbá az Alzheimer betegség is valószínűleg összefügg az agysejtek magasabb Al-tartalmával (az alumínium-felvétel és az Alzheimer-kór összefüggését számos szakirodalmi forrás vitatja; a Szerk.). A veszélyt elsősorban a nagyobb mennyiségben alkalmazott, alumíniumhidroxid tartalmú gyomorsav-tompítók felhasználása jelenti. Különböző kelátképzők egyébként sikeresen alkalmazhatók az alumínium beépülés csökkentésére.

6. Irodalom

- [1] Szabó S. A. (2020): Élelmiszerek ásványi anyag tartalma. Ozmium az élelmiszerekben. Mineral content of foodstuffs. Osmium in foodstuffs. Élelmiszervizsg. Közl., J. Food Investigation, 66 (2), pp. 2989-2993.
- [2] Pais I. (1980): A mikrotápanyagok szerepe a mezőgazdaságban. Alumínium. Mezőgazd. Kiadó, Budapest, 1980, p. 78.
- [3] Szabó A. S. (2016): The essential and non-essential character of trace elements. Investigation of the biological role of some hardly known trace elements. Scholar,s Press, Saarbrücken, Germany.
- [4] Bowen H. J. M. (1979): Environmental chemistry of the elements. Academic Press, London-New York – Toronto-Sydney- San Francisco.
- [5] Bowen H. J. M. (1982): Environmental chemistry. Vol. 2. Royal Society of Chemistry, Burlington House, London.
- [6] Kőrös E. (1980): Bioszervetlen kémia. Az alumínium- és az ólomcsoport fémeinek biológiai jelentősége. Gondolat, Budapest, pp. 135-137.
- [7] Gasztonyi K., Lásztity R. (szerk) (1992): Élelmiszer-kémia. Alumínium, 36, Mezőgazda Kiadó.
- [8] Kőrös E. (1992): Aluminium: its bioinorganic chemistry and toxicity. Proc. 5. Int. Symp. „New perspectives in the research of hardly known trace elements”, Budapest, ed.: I. Pais, pp. 125-46.
- [9] Gergely A., Tekes M., Milotay K., Gaál Ö., Bíró Gy. (1990): Aluminium in hungarian nutrition. Proc. New results in the rerserch of hardly known trace elements and ther importance in the International Geosphere-Biosphere Programme. 4. Symp., Budapest, Hungary, ed.: I., Pais, pp. 253-261, Univ. Hort. Food Ind.
- [10] Szabó S. A., Regiusné Mőcsényi Á., Győri D. (1994): Mikroelemek a mezőgazdaságban. III. Toxikus mikroelemek. Alumínium. Budapest, Akadémiai Kiadó, pp. 131-134.
- [11] Abercrombie D. E, Fowler R. C. (1997): Possible alumium content of canned drinks. *Tox Industr Health*, **13**: pp. 649–654. <https://doi.org/10.1177/074823379701300506>
- [12] Neelam M. S, Kaladhar M. (1999): Risk of icreased aluminium burden in the Indian population: contribution from aluminium cookware. *Food Chemistry*, **70** pp. 57–61. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00068-6](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00068-6)
- [13] Ranau R., Oehlenschläger J., Steinhart H. (2001): Aluminium levels of fish fillets baked and grilled in aluminium foil. *Food Chem*, **73** pp. 1–6. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00318-6](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00318-6)
- [14] López F. F, Cabrera C., Lorenzo M. L, López M. C. (2002): Aluminium content of drinking waters, frui juices and soft drinks: contribution to dietary intake. *Sci Total Environ.*, **292** (3) pp. 205–213. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(01\)01122-6](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(01)01122-6)
- [15] Saiyed S. M, Yokel R. A. (2005): Aluminium content of some foods and food products in the USA, with aluminium food additives. *Food Addit Contam.*, **22** (3) pp. 234–244. <https://doi.org/10.1080/02652030500073584>

- [16] Turhan, S. (2006): Aluminium contents in baked meats wrapped in aluminium foil *Meat Science*,74 (4) pp. 644–647. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.03.031>
- [17] Stahl, T., Taschan, H., Brunn, H. (2011): Aluminium content of selected foods and food products. *Environ Sci Eur* pp. 23-37. <https://doi.org/10.1186/2190-4715-23-37>
- [18] Lásztity B. (2004): A nem esszenciális elemek forgalma hazai gabonafélékben. MTA TAKI, Bp.
- [19] Takács S. (2001): Nyomelemek nyomában. Alumínium. Medicina Könyvkiadó Rt, Budapest, pp. 57-64.