

## ***Szemrád Emil: A NIKKEL BIOLÓGIAI SZEREPE***

A nikkelt a vasal és a kobalttal egyazon elemcsoportba tartozik – ez a vas csoport. Mivel a csoport két tagjának – a vasnak és a kobaltnak – már ismerjük a pozitív biológiai szerepét, logikusan feltételezhetjük, hogy a családba tartozó nikkelt sem marad el többi társától. Ezt a kérdést szeretnénk e cikk keretében körüljárni.

A vas atommagja különösen stabilis. Ez a tény az elem kifejezetten nagy kozmikus elterjedtségét eredményezi. A földkéregben a vas a negyedik leggyakoribb elem (tömegrészaránya 6,2% azaz 62 000 ppm) és a második leggyakoribb fém az alumínium után. Legjobban elterjedtek az oxidos és karbonátos ércei.

Az élő szervezetek számára a vas a legfontosabb átmenetifém. A növények fejlődése elmarad az olyan talajokon, amelyek vagy maguk vashiányosak, vagy a túlzott mértékű lúgosság eredményezi, hogy a vas oldhatatlanná és így a növények számára hozzáférhetetlenné válik.

A felnőtt emberi szervezet kb. 4 g vasat tartalmaz (azaz a testsúly kb. 0,005%-át). A vastartalmú fehérjéknek a szervezetben két fő funkciója van: 1) az oxigén szállítása és tárolása; 2) elektrontranszfer folyamatok közvetítése.

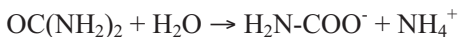
A kobalt csak a harmincadik az elemek gyakorisági sorában (tömegrészaránya mindössze 0,0029% a földkéregben, azaz 29 ppm). De ugyanakkor ezen elem széles körben fellelhető, mivel több mint 200 kobaltot tartalmazó ásvány létezik.

A XVIII. század végén a juhok és szarvasmarhák körében elterjedt egy különös megbetegedés, amelyet „bozótbetegségnek”, vagy „partvidéki kórnak” neveztek el. Csúpan a XX. század 30-as éveiben jöttek rá, hogy ez a betegség a kobalt hiánya miatt alakul ki. Kiderült, hogy ez a betegség tulajdonképpen vészes vérszegénység, amely egy vitamin, mégpedig a B<sub>12</sub>-vitamin hiánya miatt alakul ki a szervezetekben. Ez a hiány akkor is bekövetkezhet, ha a bélcsatornában a kobalt jelen van, de valamilyen oknál fogva nem képes felszívódni a vérbe.

A nikkelt a hetedik leggyakoribb átmenetifém és a 22. leggyakoribb elem a földkéregben (tömegrészaránya 0,0099%, azaz 99 ppm). Az ipari feldolgozás szempontjából is fontos ásványainak két típusa van: a lateritek (vörös agyagásványok) és a szulfidok.

A nikkelt biológiai szerepe a múlt század 70-es éveinek közepéig ismeretlen volt, mindaddig, míg nem derítették ki, hogy az ureáz enzim nikkelt tartalmaz és

molekulatömege kb. 550 000 Da. Az ureázok pedig számos baktériumban és növényben megtalálhatók; a karbamid hidrolízisét katalizálják:



A vizsgálatok azt mutatták ki, hogy minden ureáz enzim aktív centruma egy pár  $\text{Ni}^{2+}$ -iont tartalmaz, amelyek egy karboxilátcsoporton keresztül kapcsolódnak egymáshoz. Az egyik nikkelt ezenkívül két nitrogén-donoratom koordinálja, míg a negyedik kötési hely valószínűleg a karbamid kapcsolódására van fenntartva. Az ureáz optimális katalitikus aktivitását a pH = 6,5-7,5 tartományban éri el. Az ureáz inhibitorai a hidrogén-peroxid, az N-etil-malein-imid, a  $\text{Hg}^{2+}$ -,  $\text{Pb}^{2+}$ -,  $\text{Ag}^+$ -ionok.

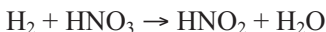
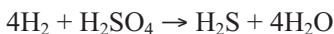
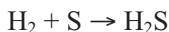
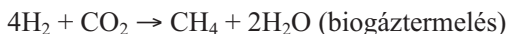
1926-ban J. Sumner volt az első, aki egy enzimet tisztán, kristályos formában egy babféléből kivont. Ez az enzim az ureáz volt, amiről kimutatta, hogy egy fehérje. Ureázt számos baktérium és felsőbbrendű növény tartalmaz.

A baktériumokban újabban 3 másik nikkeltartalmú enzimet is azonosítottak: a hidrogenázt, a CO-dehidrogenázt és a metil-koenzim-M-reduktázt. A hidrogenázok a hidrogén vízzé történő oxidációját, a CO-dehidrogenáz a szén-monoxid szén-dioxiddá való oxidációját, míg a metil-koenzim-M-reduktáz a szén-dioxid metánná történő átalakulását katalizálja.

Bizonyos hidrogenázok Ni és Fe atomokat tartalmazó metalloenzimek, melyek katalizálni tudják a hidrogénnel kapcsolatos redoxireakciót. A reakció, amelyet katalizálnak, igen egyszerű:



A hidrogenáz igen sokféle reakcióban részt vesz, s ez azt is jelenti, hogy az első és legalapvetőbb enzimek közé kell sorolnunk. E reakciók általában energiatermelő folyamatok:



Ezen reakciók játszódhatnak le az úgynevezett hipertermofil mikroorganizmusok szervezetében, amelyek többsége csak anaerob körülmények között képes növekedni.

Vannak azonban olyan baktériumok is, amelyek a hidrogént fogyasztó csoportokkal ellentétben elsősorban hidrogént, úgynevezett „biohidrogént”

fejlesztnek. Ezek közé tartoznak, például, a Thermococcales rendhez tartozó baktériumok, amelyek hidrogenázai elektronátadóként képesek hasznosítani a NADPH-t (nikotinamid-adenin-dinukleotid-foszfátot). Ez adta az ötletet egy olyan rendszer kifejlesztésére, amellyel cukorból hidrogén termelhető, meglepően jó hatásfokkal. A cukor cellulózból vagy keményítőből nagy mennyiségben előállítható. Ilyen összetett cukrok bőségesen keletkeznek biomassza formájában a napenergiát fotoszintézissel megkötő növényekben, például az algákban.

A felnőtt ember szervezetében kb. 10 mg nikkelt találhatók. Rendszerint az izomszövetekben, májban, vesében, tüdőben, hasnyálmirigyben, pajzsmirigyben, hipofízisben, az agyban és a hámszövetben koncentrálódnak. Bélrendszerünkben a nikkelt felszívódására nagy hatással vannak a vas, cink, magnézium és a kalcium. Észrevették, hogy a kor előrehaladtával, azaz idősebb korban a nikkelt a tüdőben dúsul. A szervezetből a nikkelt általában a széklettel távozik.

Ez az elem kedvezően hat a vérképzés folyamataira, szelektíven gátol számos RNS-t, részt vesz hormonok működésében és egyes enzimek aktiválásában, mégpedig azon enzimek esetében, amelyeknek szerepük van a glükóz metabolizmusában, de aktiválja az argináz, karboxiláz, tripszin és az acetil-koenzim-A-szintetáz enzimeket is.

A nikkelt a vérképzésre való hatásával hasonlít a kobaltra, és következőképpen hatásos serkentője a hemoglobin-szintézisnek, jelentősen javítja a hozzáférhető vas felhasználását. A nikkelt felelős a daganatellenes immunitás szabályozásáért, mivel a nikkelt hiány csökkenti a megfelelő specifikus sejtek aktivitását. Ezen immunsejtek a nikkeltfüggő T-limfociták az immunfehérjék (citokinok) aktivátoraiként szerepelnek. Kis koncentrációkban a nikkelt egyes érzékeny egyéneknél bőrgyulladást és ekcémát válthat ki.

A nikkelt hiány a növekedés lassulását és a hemoglobin szintjének a vérben való csökkenését, az hámszövet megváltozását és a pigmentáció sérülését okozza. A nikkelt hiány a máj funkcióit kedvezőtlenül befolyásolja, mivel a zsírok felhalmozódását okozza a májban.

Azt is megfigyelték, hogy a vérszegénység különböző fajtáinál a nikkelt szint a vérben csökken.

Nikkelt túladagolása ritkán fordul elő. Az elem toxikus és napi adagja nem haladhatja meg a 20-40 mg-ot. Ha pedig huzamosabb ideig nikkelt felesleg kerül az emberi szervezetbe, sérülések jelennek meg a szív- és érrendszerben, az idegrendszerben, valamint a tápcsatornában, kedvezőtlen változások alakulnak ki a vérképzésben, a szénhidrát- és nitrogén-anyagcserében, zavarok keletkeznek a pajzsmirigy működésében és az ember reprodukció funkcióiban. Megfigyelték, hogy a nagy

nikkeltartalmú vidékeken élő egyéneknél gyakoriak a bőrkeményedések bőrfüggelékek, amelyeket a szaruhártya kifekélyesedése is súlyosbíthat.

A nikkelt túladagolásakor a következő tünetek léphetnek fel: szapora szívverés (tachycardia), vérszegénység (anémia), bőrgyulladás, csökken a fertőző betegségekkel szembeni védekező hatás, a felső légutak nyálkahártyáját izgatja, megjelenik az idegrendszer túlzott ingerlékenysége, a szervezet ellenálló-képessége csökken, beáll a szervezetben a magnéziumhiány, a vas és/vagy a cink akkumulálódik, a csontszövetek fejlődése visszamarad, tüdő- és agyödéma (vizenyő) alakulhat ki, megnő a rosszindulatú daganatok fejlődésének az esélye.

A napi nikkelszükségletet az életkortól, nemtől és a testsúlytól függően elég széles tartományban próbálják megbecsülni: 20-300 mikrogramm ( $\mu\text{g}$ ).

Általában a nikkelt kétféleképpen kerülhet szervezetünkbe: a táplálék vagy a levegő által. Naponta az emberi szervezetbe a táplálékkal átlag 0,15-0,6 mg nikkelt kerül. A levegőbe a nikkelt leggyakrabban a dohányfüsttel kerül, illetve ipari füsttel.

A leggyakoribb nikkelforrások növényi vagy állati eredetűek. Általában több nikkelt tartalmaznak a növényi, mint az állati termékek. Aránylag gazdagok nikkeltben a következő növényi termékek: petrezselyem, saláta, spenót, sóska, zabpehely, hajdinakása, tea, diófélék, kakaó, csokoládé, babfélék, gabona, kapor, hagyma, meggy, fekete ribiszke, barack, gombák. Legfőbb állati eredetű nikkelforrások: hús, hal, máj, tej és tejtermékek, tyúktojás. A nikkelt kb. 25%-a a vízfogyasztással kerül szervezetünkbe.

Ezek után a környezetünk különböző mintáiban található nikkelt koncentrációját szeretném közölni világviszonylatban és Kárpátalja (Ukrajna) viszonylatában (a szerző által meghatározott adatok) a következő táblázatban.

Környezetünk különböző mintáiban található nikkeltkoncentráció

Környezetünk objektumai	Világviszonylatban (irodalmi adatok)	Kárpátalján (Ukrajna) (a szerző adatai*)
Talajokban	Széles tartomány	$5 \times 10^{-5} \% - 6,05 \times 10^{-3} \%$
Ivóvizekben, édesvizekben	$10^{-7} \% - 10^{-6} \%$	$3 \times 10^{-8} \% - 2,5 \times 10^{-7} \%$
Ásványvizekben	Széles tartomány	$9 \times 10^{-8} \% - 5,2 \times 10^{-7} \%$
Tengervizekben, felszín alatti vizekben	$10^{-5} \%$	-
Növényekben	$5 \times 10^{-5} \%$	-
Tengeri állatokban	$1,6 \times 10^{-5} \%$	-
Szárazföldi állatokban	$1,1 \times 10^{-5} \%$	-
Tápszerek	-	$4 \times 10^{-7} \% - 10^{-3} \%$

\* Mintavétel és minta-előkészítés: A vizek (ivóvizek, ásványvizek) esetében 25-30 liternyi térfogatból indultunk ki. Ezt a vízmennyiséget bepároltuk, a fennmaradt szárazanyagot kis mennyiségű gyenge savban oldottuk (pH = 5,2). Ezen oldatból a nikkelt más nehézfémekkel együtt 8-oxikinolinnal kicsaptuk. A kapott csapadékot óvatosan elégettük, s a keletkezett hamut 1 cm<sup>3</sup> gyenge savban feloldottuk. Ebbe az oldatba 2% In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-t juttattunk, mivel az indium a belső standard szerepét játszotta.

Talajmintákat és a tápszermintákat savban oldottuk, majd megfelelő hígítás után pH = 5,2 oldathoz 8-oxikinolint adagoltunk. Az ezután következő műveletek ugyanazok, mint a vizek esetében. A nikkeltartalom meghatározását bonyolult vegyi dúsítással egybekötött emissziós színképelemzéssel végeztük.

Amint az a fentiekből kitűnik, a napi nikkelbevitel szervezetünkbe elég széles tartományban változik. A mi kárpátaljai rendszeres többéves vizsgálataink arra engednek következtetni, hogy a kárpátaljai lakosok napi bevitele 0,02-0,45 mg nikkellel felel meg.

Jelenleg a nikkel biológiai szerepének megítélésében a tudóstársadalom megoszlik. A kutatók egy része azt vallja, hogy a nikkelt az emberi szervezetben szükséges nyomelem, amely aktívan vesz részt a szervezet számos fiziológiai folyamatában.

A kutatók másik csoportja úgy véli, hogy mivel a nikkelt és a kobalt tulajdonságai hasonlóak, ezért a nikkelt mintegy erősíti (katalizálja) a kobalt ismert fiziológiai hatását.

A kutatók harmadik csoportja azon a véleményen van, hogy a nikkellel mint nyomelemnek az esszencialitása az ember esetében egyelőre nem bizonyított.

A kutatók negyedik kategóriája a nikkelt kizárólag toxikus elemként értékeli.

A felsoroltak alapján azt szeretnénk ajánlani a tisztelt olvasóknak, hogy a vas és a kobalt mellett a velük rokon elem, a nikkelt egyre jobban megismert biológiai szerepét is kövessük méltó figyelemmel. A hosszú távú kutatások idővel kiderítik a nikkelt biológiai szerepét valamennyi élő szervezetben s elsősorban az emberi szervezetben.