



*A kép illusztráció / The picture is illustration Fotó/Photo: Szigeti Tamás*

Szabó S. András<sup>1</sup>

Érkezett/Received: 2014. október/October – Elfogadva/Accepted: 2015. március/March

# A nikkell esszencialitásának vizsgálata

**Kulcsszavak:** Nikkel, Ni-szükséglet, biokémiai szerep, mikroelem, retek

## 1. Összefoglalás

Mivel számos vizsgálat, illetve elemzés utal arra, hogy az esszenciális és a nem létfontosságú mikroelemek egészséges szervezetben belüli koncentráció-eloszlása jelentős eltérést mutat, ez a tény felhasználható az adott mikroelem biológiai szerepének tisztázására. A létfontosságú elemeknél szűk a koncentrációtartomány, az eloszlás normál eloszlású, nem esszenciális elemeknél a tartomány tág, az eloszlás lognormál. A vizsgált retek mintákban mért Ni-tartalom elemzése alapján azt a következtetés lehet levonni, hogy a magasabb rendű növények számára a Ni nem esszenciális. Referencia mikroelemként a Zn szolgált, ez vitán felül létfontosságú elem, s eloszlása szűk koncentrációtartományt, egyértelműen normál eloszlást mutatott. Az élelmiszerek nyomelemtartalmának vizsgálata tehát komolyan segíthet a kérdéses mikroelemek biokémiai szerepének tisztázásában. Az ember számára azonban a nikkell esszenciális mikroelem, a dolgozat néhány élelmiszer Ni-tartalmáról is tájékoztat. Ni-hiány normális, kiegyensúlyozott táplálkozás esetén nem fordul elő, a napi igény nikkellből legfeljebb 0,1 mg-ra becsülhető.

## 2. Bevezetés

Az Élelmiszervizsgáló Közlemények 2013/3 számában „Mikroelemek esszencialitása és az élelmiszervizsgáló” címmel részletes elemzést közöltem a mikroelem illetve a nyomelem fogalmáról, a mikroelemek élettani szerep szerinti csoportosításáról, az alkalmazható analitikai eljárásokról és a létfontosságú, illetve a nem esszenciális mikroelemek koncentráció-eloszlásáról [1]. A kutatók megállapították, hogy egészséges egyedeknél – legyen az növény, állat vagy ember – az egyes mikroelemek eloszlása igen nagy különbségeket mutat a testszövetekben. Esszenciális elemeknél az eloszlás szűk tartományú, a mért adatok számtani és mértani átlagértéke között nagyon kicsi az eltérés [2], [3], [4], [5], [6]. Ugyanakkor a nem létfontosságú mikroelemek esetében a koncentrációtartomány nagyon széles is lehet, és a koncentráció-értékek aritmetikai, valamint geometriai átlaga között nagy lehet az eltérés.

A korábbi cikkben [1] Magyarország több termőterületéről származó retek minták Li-, Sr- és Zn- tartalmának vizsgálatáról, valamint a mért koncentrációk eloszlás-vizsgálatáról számoltam be. Megállapítható volt, hogy a cink – lényegében referenciaelemként szerepelt a biokémiai szerep eloszláson alapuló vizsgálatát tekintve – természetesen létfontosságú, azaz szűk koncentráció-tartományt mutatott, s hasonló volt a helyzet a stroncium esetében is. Ugyanakkor a lítium vonatkozásában ellentétes volt a megfigyelés. Ez az elem nagy koncentrációtartományban volt jelen a vizsgált retek mintákban, és nagy volt az eltérés a lítium koncentrációértékei mértani és számtani átlaga között. Ebből következően a növényben nincs meghatározó, a lítium koncentrációját szabályozó mechanizmus, tehát az elem nem esszenciális.

A jelen dolgozat a nikkellre, mint a vas csoportba tartozó nehézfém mikroelemre vonatkozóan közöl mért adatokat retek minták esetében, továbbá néhány

<sup>1</sup> BCE, Élelmiszer-tudományi Kar, Élelmiszerfizika Közhasznú Alapítvány, 1118 Budapest, Somlói u. 14-16 e-mail: andras.szabo@uni-corvinus.hu

Budapesti Ward Mária Általános Iskola és Gimnázium, 1056 Budapest Irányi u. 3., e-mail: szabo.andras@wardmaria.hu

<sup>1</sup> Corvinus University of Budapest, Food Science Faculty, Food Physics Public Utility Foundation, 1118 Budapest, Somlói str. 14-16, andras.szabo@uni-corvinus.hu  
Maria Ward School and Gymnasium of Budapest, 1056 Budapest, Irányi str. 3. szabo.andras@wardmaria.hu

élelmiszer Ni-tartalmáról tájékoztat. Megemlítem, hogy a magasabb rendű állatok (pl. emlősök) és természetesen az ember esetében a nikkel létfontosságú nyomelem, erre vonatkozó bizonyító adatok a 70-es évek óta ismertek [7], [8], [9], [10]. Növényeknél viszont a nikkel esszenciális mivoltát nem bizonyították, illetve vitatják [11], [12].

### 3. Anyag és módszer

Kísérleteink során különböző hazai területeken termesztett, különböző évjáratú, egészséges, emberi fogyasztásra alkalmas retek minták (*Raphanus sativus*) vizsgálatára került sor. Az elhamvasztással kapott hamumintákban az ásványi (elemi kémiai) összetételt mértük. Bár a nagyszámú minta vizsgálata során többféle analitikai technika (lángfotometria, AAS, REA) alkalmazására került sor, az e dolgozatban tárgyalni kívánt elemekre (Ni, Zn) vonatkozó méréseknél ICP-AES (Inductive Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry) volt a mérési eljárás. A meghatározásokat az Élelmiszertudományi Kar Alkalmazott Kémia tanszékének munkatársai végezték.

A nikkel esetében tehát az volt a kérdés, hogy koncentrációjának eloszlása mire utal a retekben, azaz esszenciális vagy nem esszenciális elemnek tekinthető a nikkel a retek (s általában a magasabb rendű növények) esetében.

A cink természetesen kétséget kizáróan létfontosságú, mind a növények, mind pedig az állatok (és emberek) számára. Nyilvánvaló, hogy az egészséges élelmiszer-növények vizsgálata – a kérdéses mikroelem koncentráció-eloszlása – alapján csak az esetleges növényfiziológiai szerepről lehet információt gyűjteni. Ha a vizsgálat tárgya az elemek állat- és humánéletteni szerepe lenne, akkor állati eredetű minták – pl. sertésizom – mérése, illetve az adott nyomelemre vonatkozó koncentráció-eloszlás tanulmányozása volna a feladat.

A koncentráció-eloszlás vizsgálata során 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 a retek növény) egészséges legyen. Hiszen a szabályozó mechanizmus csak adott külső koncentráció-tartományban képes hatékonyan működni, magas szintű kontamináció esetén mérgezés, majd az élőlény pusztulása következik be.

### 4. Az eredmények értékelése

A nikkelre és a cinkre vonatkozó mérési adatokat az **1. táblázat** tartalmazza. A Zn itt mint referencia mikroelem szolgál, vagyis azt hivatott bizonyítani, hogy az eloszlása a várakozásainknak megfelel, így a retekben mérhető koncentrációja az esszenciális elemeknek megfelelő normál eloszlást követi. A nikkel mikroelem esetében pedig éppen az eloszlás jellegéből (normál vagy inkább lognormál koncentráció-eloszlás) kívánunk következtetni annak létfontosságára vagy annak hiányára. Azt kell tehát eldönteni, hogy a nikkel esetében növényfiziológiai szempontból esszenciális vagy nem esszenciális mikroelemmel állunk-e szemben.

Az **1. táblázat** mérési adatai alapján megállapítható, hogy a Ni esetében meglehetősen nagy a mért koncentráció-tartomány, a legkisebb és a legnagyobb érték között nagyságrendnyi különbség van. Ebből adódóan a geometriai átlag lényegesen kisebb, mint a számtani, ami már előrevetíti azt, hogy az eloszlás nem normál s az elem nem esszenciális. A mérési adatok 38 %-a kívül esett azon a tartományon, ami a számtani átlaghoz tartozó  $f=2,00$  faktorialis jellemezhető intervallumot reprezentálja. A nagyon nagy biztonsággal létfontosságúnak tekinthető elemre jellemző  $f=1,58$  faktorialis jellemezhető tartományba pedig az adatok 75 %-a nem került be. Nagyon valószínű,

1. táblázat Retekminták Ni- és Zn-tartalma  $10^{-6}$  g/g hamu  
Table 1 Ni- and Zn-content of radish samples  $10^{-6}$  g/g ash

Jellemző / Parameter	Ni	Zn
Mért minimum <i>Measured minimum concentration</i>	8.77	119.96
Mért maximum <i>Measured maximum concentration</i>	108.01	393.61
Aritmetikai átlag ( $\bar{x}_a$ ) <i>Arithmetical mean (<math>\bar{x}_a</math>)</i>	58.72	224.19
Szórás (SD) <i>Standard deviation (SD)</i>	42.61	82.07
Geometriai átlag ( $\bar{x}_g$ ) <i>Geometrical mean (<math>\bar{x}_g</math>)</i>	39.62	211.15
A geometriai és aritmetikai átlag aránya ( $\bar{x}_g/\bar{x}_a$ ) <i>Ratio of geometrical and arithmetical means (<math>\bar{x}_g/\bar{x}_a</math>)</i>	0.674	0.941
$f = 2.0$ ( $\log f = 0.3$ ) faktorhoz tartozó tartomány <i>Range, belonging to <math>f = 2.0</math> (<math>\log f = 0.3</math>)</i>	29.35- 117.42	112.09-448.38
$f = 1.58$ ( $\log f = 0.2$ ) faktorhoz tartozó tartomány <i>Range, belonging to <math>f = 1.58</math> (<math>\log f = 0.2</math>)</i>	37.16-92.77	141.89-354.22

# Investigation of essentiality of nickel

András S. Szabó

**Keywords:** biochemical role, Ni-requirement, radish, trace element

## 1. Abstract

Because many investigations proved, that 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 the 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 Ni content of radish samples the conclusion was the following: for higher plants the nickel is not essential. 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 really help for determination of biochemical role of micro elements. However for human beings Ni is essential, in the paper information is given about the Ni-content of some foodstuffs, as well. In case of normal, well-balanced nutrition there is no risk of Ni-deficiency, the daily Ni-need is maximum 0.1 mg.

## 2. Introduction

In the 2013/3 issue of the **Journal of Food Investigation** – Essentiality of trace elements and food investigations – detailed analysis was given about the concept of trace and micro elements, classification of trace elements, based on the physiological role, analytical techniques for determination of trace elements and the concentration-distribution of essential and non-essential microelements [1]. It was established, that the distribution of the various microelements in case of healthy organisms – for plants, animals and human beings, as well – shows huge differences in the tissues. In case of essential elements the concentration-range is narrow, the difference between the arithmetical and geometrical means is small [2], [3], [4], [5], [6]. However in case of non-essential microelements the range can be really huge, the difference between arithmetical and geometrical means is significant.

The former paper [1] was dealing with investigation of Li-, Sr- and Zn-contents of radish samples (representing different agricultural lands in Hungary) and distribution-analysis of the measured concentrations. We could establish, that Zn – this was measured as a reference element, concerning the investigation of the biochemical role, based on the distribution – is of course biologically necessary element, so the concentration range was narrow. The situation was similar in case of Sr, as well. However for Li the conclusion was on the contrary, the range was wide, the difference between arithmetical average and geometrical mean was significant, so there is no control mechanism for concentration-regulation, the element should be taken as non-essential.

This paper informs about the measurement data for nickel (heavy metal trace element, belonging to the iron group) in case of radish samples and information is given about the Ni-content of some foodstuffs. Let me mention, that for higher animals (e.g. mammals) and of course for human beings nickel is an essential microelement, known since

the 70-ies [7], [8], [9], [10]. But for plants the essentiality is not proven resp. the position is controversial [11], [12].

## 3. Material and method

Edible radish (*Raphanus sativus*) samples, cultivated in different years and representing different agricultural lands of Hungary were sampled and measured for minerals from the ash samples. Although during the investigation of huge number of samples various analytical techniques (flame photometry, AAS, XRF) were used, however for the determination of Ni and Zn content ICP-AES method was applied. The measurements were carried out at the Department of Applied Chemistry of the Food Science Faculty.

So the question was the following: what can prove the concentration distribution, essential or non-essential element is Ni for radish (and higher plants)? Of course no question about the biological importance of zinc, it is essential for plants, animals and human beings, as well. It is evident, that the investigation of healthy edible food-plants – based on the concentration-distribution of the given microelement – informs only about the plant-physiological role. If the study deals with animal and human physiological role, it is necessary to investigate the concentration-distribution of samples of animal origin, like e.g. pig muscle.

It is highly important to investigate only samples, originated from healthy, edible organisms (in this case radish) without toxic (phytotoxic) symptoms. The reason is that the regulatory mechanism can work effectively only in an acceptable concentration range of the external environment, in case of high level contamination toxicosis and later death of the organism is the fate.

## 4. Results and evaluation

**Table 1** shows the data for Ni and Zn. Zn is here a reference element, its has to prove, that the concentration-distribution is to the rule, showing normal distribution, corresponding the typical distribution of essential elements. In case of nickel the distribution – normal or lognormal one – should inform about the essential or non-essential character. So we have to answer the question: is nickel an essential or non-essential element for plants?

Based on the data of table 1 we can establish that the measured concentration-range for Ni is rather wide, there is one order of magnitude difference between the smallest and the biggest values. So the geometrical mean is significantly less than the arithmetical one, proving that the distribution is not normal and the element is not essential. 38 % of the measured values were out of the range, represented by factor  $f=2$  to the arithmetical mean. If we take  $f=1.58$ , characteristic with very high probability of the essential character, the ratio of data, out of the range is 75 %. So if not negligible part of the data are out even the rather wide concentration range, characterized by factor  $\log f=0.3$ , there is no regulatory mechanism of the concentration, the distribution is lognormal and there is no important biological role, there is no essentiality.

Summarizing which was written it seems to be clear, that the investigation of concentration-distribution of samples of biological origin (agricultural products, foodstuffs) can help in clarification of the biological and biochemical role of the microelements.

## 5. Nickel content of foodstuffs

Although the daily nickel-intake for humans is in general less than 1 mg, even this amount is much over the Ni-

ha a mért értékek jelentős része a  $\log f=0,3$ , azaz meglehetősen széles tartományon is kívül esik, akkor nem valószínű, hogy a növényben létezik az adott mikroelemre vonatkozó szabályozó mechanizmus. A nikkell koncentráció- eloszlása lognormál, így nagy valószínűséggel állítható, hogy biológiai szerepe nincsen, s nem létfontosságú elem.

A fentieket összegezve megalapozott az a feltételezés, 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 ill. biokémiai szerepének tisztázásához.

## 5. Élelmiszerek nikkeltartalma

Az emberi szervezetbe jutó nikkell napi mennyisége többnyire 1 mg alatti, amely bőven fedezi a szervezet nikkelszükségletét [13]. A felnőtt emberi szervezet napi Ni-igénye ugyanis 0,02-0,10 mg közötti értékre becsülhető, így – extrém táplálkozási szokásoktól eltekintve – a nikkell hiányával nem kell számolni.

Az élelmiszerekből az emberi szervezetbe jutó nikkell mennyisége többnyire 0,3-0,6 mg/nap körüli érték [14]. Hazai élelmiszereink Ni-tartalmáról részletes adatok állnak rendelkezésre [15]. Néhány élelmiszer átlagosnak tekinthető Ni-tartalmáról a 2. táblázat tájékoztat. A napi Ni-szükségletet fedező mennyiség számításakor 0,1 mg élettani igényt vettem alapul, amely valószínűleg egy túlbiztosított érték.

Az élelmiszerek döntő többsége 0,1-0,2 mg/kg koncentrációban tartalmaz nikkelt. Ide sorolható a gyümölcsök döntő többsége, a zöldség- és főzelékfélék jelentős része, a sütőipari termékek nagy része és a legtöbb állati eredetű élelmiszer (tej, tojás) is. A barna kenyér illetve a teljes kiőrlésű lisztből készült ke-

nyér Ni-koncentrációja meghaladja az átlagot, bár itt hangsúlyozni kell, hogy ez nem jelent feltétlenül nagyobb mérvű Ni-felszívódást, hiszen a korpában lévő fitát a nikkelt is megköti.

A zöldségfélékben, belsegekben szegény, sok cukrot, zsírt, olajat, fehérkenyeret tartalmazó étrend esetén a napi Ni-felvétel akár 0,1 mg-nál is kevesebb lehet.

### 5.1. Nikkellben gazdag élelmiszerek

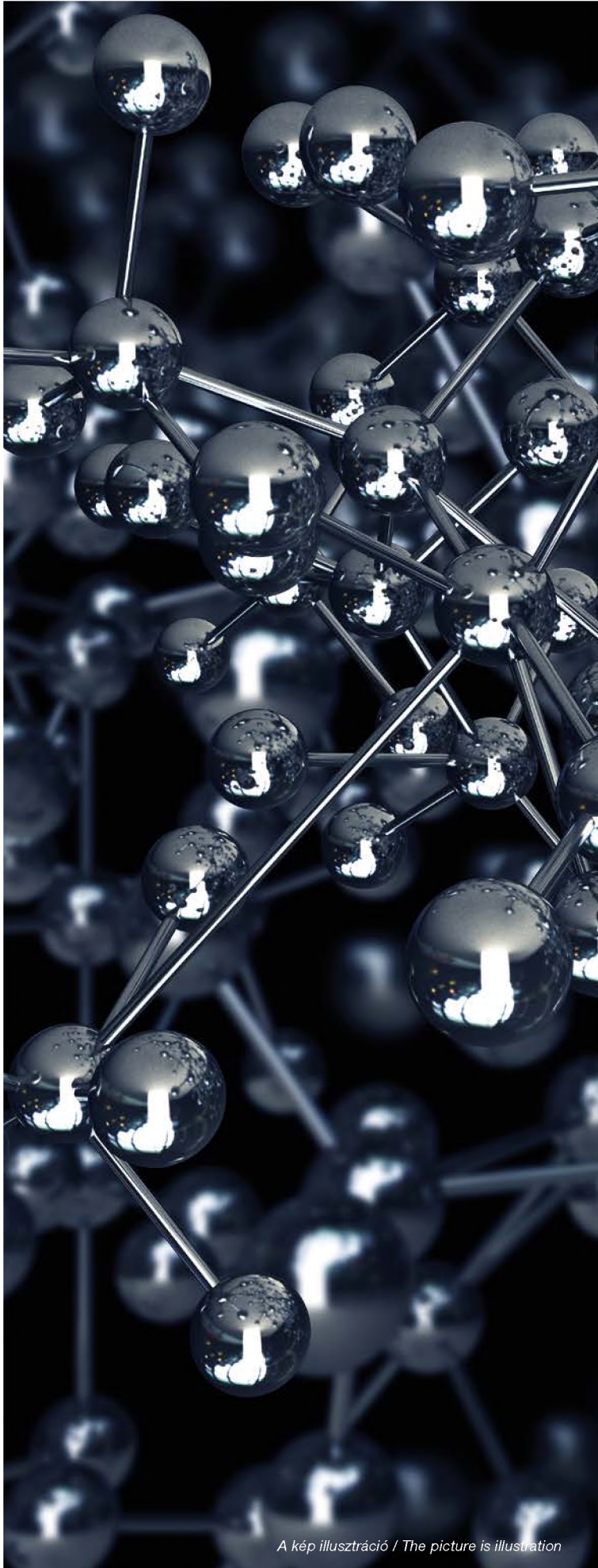
Többnyire minden élelmiszer tartalmaz nem elhanyagolható mennyiségű nikkelt, s az ipari területek (nikkelkohászati, nikkelfeldolgozó üzemek) közelében termelt növények Ni-koncentrációja 2-3-szorosa is lehet az emissiónak nem kitett területeken termelt növényekhez képest. A növények, ill. növényi eredetű élelmiszerek Ni-tartalma természetesen számottevően függ a termőhely geológiai illetve a talajviszonyaitól is. Ezek a tények is arra utalnak, hogy nagy a valószínűsége annak, hogy a nikkell a növények számára nem esszenciális mikroelem. Egyazon a fajon és fajtán belül ugyanis – egészséges, toxicitási tüneteket nem mutató növények esetében – a Ni-tartalom tekintetében nagy eltérések lehetnek.

Az állati eredetű élelmiszerek közül csak a májnak és a vesének nagy a Ni-tartalma, de említésre méltó, hogy egyes kagylófélékben (pl. osztriga) és tengeri eredetű élelmiszerekben, halakban (pl. hering) is felidulhat ez a fém. Nikkellben gazdag élelmiszereket fogyasztva a napi Ni-bevitel akár több mg is lehet. Általában megállapítható, hogy a növényi eredetű élelmiszerekből többnyire több nikkell jut az emberi szervezetbe, mint főleg az állati eredetű termékek fogyasztásánál.

A túlzott - élettani szempontból már toxikus hatást kiváltó - Ni-bevitel a gyakorlatban nem fordul elő,

2. táblázat Magyarországi élelmiszerek átlagos Ni-tartalma  
Table 2 Average Ni-content of Hungarian foodstuffs

Élelmiszer Foodstuff	Ni-tartalom / Ni-content		A napi szükséglet fedező mennyiség (g) Amount of food, covering the daily need (g)
	mg/100 g	mg/kg	
	Ehető anyag edible material	Szárazanyag dry material	
Kajsziibarack / Apricot	0.013	0.98	770
Meggy / Sour cherry	0.011	0.78	910
Ribiszke / Raspberry	0.053	3.46	190
Száraz bab / Dry bean	0.350	4.17	29
Spenót / Spinach	0.033	4.85	300
Retek / Radish	0.019	3.80	530
Fehér kenyér / White bread	0.018	0.27	560
Tej / Milk	0.012	1.02	830
Tojás / Egg	0.019	0.70	530
Sertéshús / Pork	0.022	0.51	450
Marhamáj / Liver (cattle)	0.028	0.97	360



A kép illusztráció / The picture is illustration

requirement [13]. The daily Ni-need is estimated between 0.02 and 0.10 mg, so – not speaking about extreme nutrition habits – there is no risk of Ni-deficiency.

As a rule the daily Ni-intake from foodstuffs is 0.3-0.6 mg [14]. We have detailed information concerning the Ni-content of various Hungarian foodstuffs [15]. In table 2 you can find data about the average Ni-content of some foodstuffs. Calculating the amount of foodstuffs, covering the daily requirement from nickel 0.1 mg was taken into account as the Ni-need, which can be overestimated.

Most foodstuffs contain nickel in 0.1-0.2 mg/kg concentration. For example dominant part of fruits and vegetables, significant ratio of bakery products, and the most of animal origin foodstuffs (milk, egg). Ni-content of brown bread and whole-wheat products is over the average, although it should be emphasized, that it does not mean in all cases higher Ni-uptake, because of high absorption capacity of phytates also for nickel in the bran.

Let me mention that in case of diet, containing small amount of vegetables and internal organs, but rich in sugar, fat, oil, white bread the daily Ni-intake can be even less than 0.1 mg.

#### 6. Foodstuffs rich in nickel

In general all foodstuffs contain Ni in not negligible amount, the plants, cultivated near the industrial areas (e.g. Ni-metallurgy, Ni-producing factories) can have 2-3 times higher Ni-content than the plants, grown up on territories without industrial emissions. The Ni-content of plants and foodstuffs of plant origin depends significantly of course on the geological and soil conditions, as well. Also these facts prove with high probability that Ni is not essential for the plants. Because – in case of healthy plants, without phytotoxic symptoms –

within the same species and varieties the Ni-content can be really very varied.

From foodstuffs of plant origin the legume crops are in general very rich in nickel, for dried legumes the Ni-content can be even 3-5 mg/kg dry material. As a rule the leafy vegetables show also Ni-concentrations, above the typical values, from cereals oat has the highest measure. Ni-content in tea is very high, the traditional tea drinks made from leaves of tea plants contain high amount also from manganese and fluorine. From fruits raspberry, from vegetables sorrel and red beet contain significant amount of nickel.

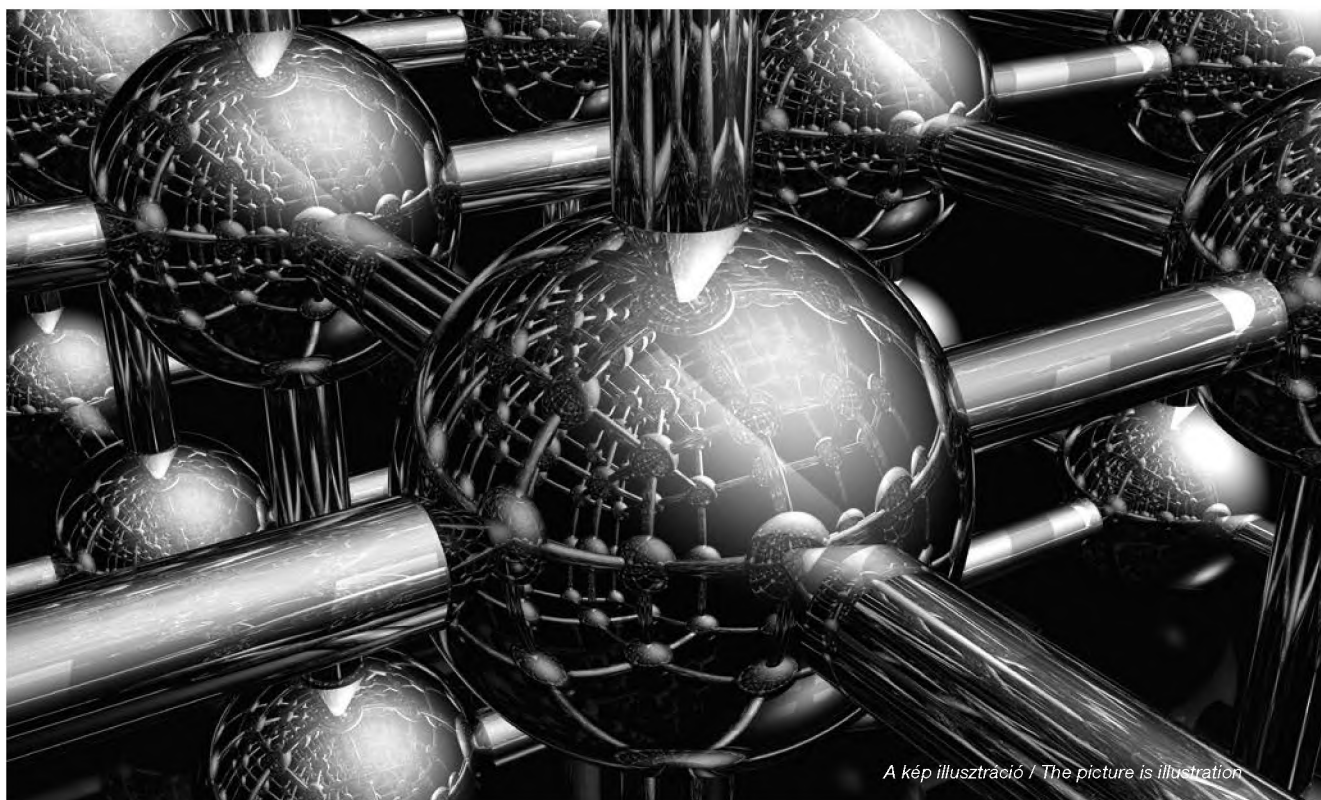
From foodstuffs of animal origin only liver and kidney have high Ni-content, however we should mention that in sea food (e.g. oyster) and fishes (e.g. herring) Ni can be accumulated in high concentration. If we eat Ni-rich foodstuffs, the daily Ni-intake can be even as a few mg. Generally speaking that the intake of Ni from foodstuffs of plant origin is higher than from foodstuffs of animal origin.

Ni-toxicity in the everyday practice is not possible, Ni from the daily diet is not cumulated in the human organism [16]. Of course in higher concentration Ni is also toxic, but the threshold value of toxicity in foodstuffs – approximately 10 mg/kg – is significantly different from the ones of other heavy metal trace elements. Concerning the toxicity there is a limit value of Ni-content in margarines, because by hardening of vegetable oil (hydrogenation) Ni-catalysator is applied. Still I mention, that even – relatively rather rare – also nickel-allergy occurs.

s a tápcsatornán keresztül a szervezetbe jutó nikkellel nem kumulálódik [16]. Természetesen nagyobb koncentrációban a nikkellel is mérgező, de toxikussági küszöbértéke – kb. 10 mg/kg – jelentősen eltér a többi nehézfém típusú mikroelem toxicitásától. Részben a mérgezőség kérdésével függ össze az is, hogy margarinokban a nikkeltartalomra határérték van érvényben, mert a növényi olajok keményítésénél, a régebbi technológiákban az olajok hidrogénezésnél nikkellel-katalizátort alkalmaztak. Megemlítem, hogy – viszonylag ritkán – nikkellergia is előfordul az emberek között.

## 6. Irodalom / References

- [1] Szabó S.,A. (2013): Mikroelemek esszencialitása és élelmiszervizsgálat. Élelmiszervizsg. Közl., 59 (3), p. 95-105
- [2] Heydorn K. (1984): Neutron activation analysis for clinical trace element research. CRC Press, Florida, SA
- [3] Szabo A.,S. (1996): 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 p. 39-46
- [4] Capelli R., Das K., Pellegrini R.,D., Drava G., Le-point G., Miglio C., Minganti V., Poggi R. (2008): Distribution of trace elements in organs of six species of cetaceans from the Ligurian Sea. Science of the Total Environment, 390, p. 569-578
- [5] Szabó S. A., Tolnay P. (2014): Egyes mikroelemek esszencialitásának vizsgálata. Metabolizmus, XII (5), 385-389
- [6] Szabo A.,S. (2015): Investigation of essential and non-essential character of some hardly known trace elements. J. Life Sciences, 9 (2), p. 47-50
- [7] Anke M., Szentmihályi S., Regius Á., Grün M. (1985): Essentiality of nickel for flora and fauna. Proc. Int.Symp. New results in the research of hardly known trace elements, Budapest, Hungary, 1984, ed. I. Pais, p. 15-60
- [8] List of nutritional functions and deficiency symptoms. [www.colloidal-minerals-plus.com/NutritionalList.html](http://www.colloidal-minerals-plus.com/NutritionalList.html) (Accessed: 05.05.2015)
- [9] Szabó S.A., Győri D., Regiusné Mócsényi Á. (1993): Mikroelemek a mezőgazdaságban. II. Stimulatív mikroelemek. Akadémiai Kiadó, Budapest
- [10] Phipps T., Tank S.L., Wirtz J., Brewer L., Coyner A., Ortega L.S., Fairbrother A. (2002): Essentiality of nickel and homeostatic mechanism for its regulation in terrestrial organisms. Environmental Reviews, 10 (4) p. 209-261
- [11] Welch R.,M (1981): The biological significance of nickel. J. Plant Nutrition, 3(1-4), p. 345-356
- [12] Szabo S.,A. (2002): Is nickel an essential trace element? 10th Int. Trace Element Symp., New results in the trace element research. Budapest, 2002, ed.: I.Pais, p. 356-361
- [13] Szabó S.,A.: Élelmiszerek ásványi anyag tartalma. XVII. Nikkel az élelmiszerekben. Élelmezési Ipar, 61 (1), 27-28, 2007.
- [14] R.B. Alfin-Slater, D. Kritchevsky eds. (1980): Nutrition and the adult. Plenum Press, New York
- [15] Rodler I. szerk. (2004): Táplálkozási ajánlások, adatok a tápanyagtáblázatból. Nemzeti Népegészségügyi Program
- [16] Morava E., Antoni F. (1991): Az emberi táplálkozás alapjai. Akadémiai Kiadó, Bp.,



A kép illusztráció / The picture is illustration