

## **Selén v potravinách a možnosť jeho suplementácie u slovenskej populácie**

ALEXANDER MAĎARIČ - JANA KADRABOVÁ

**SÚHRN.** Selén sa radí do skupiny nutričných antioxidantov, pretože je kofaktorom antioxidačného enzýmu glutathionperoxidázy. Funkčnou formou selénu sú biologicky aktívne selenoproteíny: enzýmy - glutathionperoxidáza a typ I jodotyronín-5-deiodináza a selenoproteíny, v ktorých je selén prítomný vo forme aminokyseliny obsahujúcej Se - selenocysteín.

Priemerná koncentrácia selénu v obilninách na Slovensku  $24 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  je nízka. V dvoch lokalitách je koncentrácia selénu v obilí 3 až 4-krát vyššia ako priemer na Slovensku. Hladiny selénu u populácie Slovenska sú nízke, čo je spôsobené jeho nízkym obsahom v pôdach a tým v rastlinách, obilí, zvieratách a následne vo všetkých potravinách, vyprodukovaných z našich poľnohospodárskych produktov sú nízke.

Doporučený denný príjem Se je  $1 \mu\text{g}$  na  $1 \text{ kg}$  hmotnosti (priemer pre dospelých mužov je  $70 \mu\text{g}/\text{deň}$  a pre ženy  $50 \mu\text{g}/\text{deň}$ ). Príjem Se u našej populácie dosahuje v priemere iba  $40 \mu\text{g}/\text{deň}$ . Zvýšenie hladín selénu v potravinovom reťazci je možné dosiahnuť prostredníctvom rôznych kyslomliečnych potravín obohatených selénom, vyznačujúcich sa tým, že obsahujú pridaný ( $\text{Se}^{4+}$ ) biologicky zabudovaný v biomase bielkovín baktérií mliečneho kvasenia v prírodnej, biologicky dobre dostupnej organickej forme. Tieto produkty umožňujú individuálnu selénovú podporu ľudskej populácie a sú vhodné najmä pre organizmus detí.

**KLÚČOVÉ SLOVÁ:** selén, potraviny, laktobacily, selenocysteín, suplementácia

V súčasnosti sa venuje zvýšená pozornosť vplyvu výživy na zdravie v súvislosti s príjmom antioxidantov, zabraňujúcich tvorbe škodlivých oxidačných produktov v organizme (vitamíny a esenciálne stopové prvky zinok, meď, selén, ktoré sú súčasťou antioxidačných enzýmov). Stopový prvok selén je jedným z kľúčových nutričných antioxidantov a jeho esencialita bola potvrdená tým, že nutričný deficit Se u ľudí spolupôsobí pri rozšírení srdcového svalu, degeneratívnom postihnutí kostí a kĺbov a poruchách funkcií štítnej

---

Ing. Alexander MAĎARIČ, CSc., RNDr. Jana KADRABOVÁ, CSc., Ústav preventívnej a klinickej medicíny, Limbová 14, 833 01 Bratislava.

žľazy. Epidemiologické štúdie potvrdzujú nepriamy vzťah medzi príjmom Se a výskytom onkologických a kardiovaskulárnych ochorení. Selén je nevyhnutný pre ľudský imunitný obranný systém [1,2].

Funkčnou formou Se sú biologicky aktívne selenoproteíny: enzýmy glutathionperoxidáza, jódotyronín-5-deiodináza a ďalšie, ktoré obsahujú aminokyselinu selenocysteín. Uvedené enzýmy chránia bunky pred oxidatívnym poškodením resp. menia hormón štítnej žľazy tyroxín na biologicky aktívny trijódotyronín, čím zasahujú do metabolizmu a vývoja organizmu [3-5].

Množstvo Se v organizme ľudí (status) je dané prioritne jeho príjmom z potravín a sekundárne fyziologickým stavom organizmu. Za optimálnu koncentráciu selénu v plazme sa považuje hodnota okolo 100  $\mu\text{g.l}^{-1}$ . Priemery koncentrácií Se v plazme u 1056 vyšetrených osôb vo veku 19 - 82 rokov v rôznych oblastiach Slovenska sa pohybovali v rozsahu 46 - 77  $\mu\text{g.l}^{-1}$ , čím sa radíme ku krajinám s nízkym statusom selénu [6,7]. Vo vybranej skupine vegetariánov, sledovanej u nás v roku 1993, sa zistil znížený status selénu v porovnaní s nevegetariánmi [8].

Odpoveď na otázku, či máme v potravinách dostatok selénu, je skrytá v pôsobení človeka na prírodu, v príčinách a dôsledkoch civilizačných chorôb a v životnom štýle. Veľké rozdiely v hladinách Se v potravinách vyplývajú z rôzneho obsahu Se v pôde, ktorý determinuje množstvo Se v celom potravinovom reťazci. Príjem Se sa v európskych krajinách pohybuje v rozmedzí 25 - 150  $\mu\text{g/deň}$  [9]. Dostatočné zásobovanie organizmu selénom z hľadiska fyziologických potrieb je závislé hlavne od konzumácie potravín živočíšneho pôvodu.

Suboptimálne hladiny selénu u populácie Slovenska sú spôsobené jeho nízkym obsahom v pôde a tým aj v rastlinách, obilí, zvieratách a následne vo všetkých potravinách, vyprodukovaných z našich poľnohospodárskych produktov. Úrodu obilovín dopestovaných u nás v roku 1993 sme analyzovali na obsah selénu v priemerných vzorkách z 33 poľnohospodárskych nákupných stredísk Slovenska, zodpovedajúcich 30 000 tonám obilia. Hladiny selénu sa pohybovali v rozsahu 10 - 120  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  s priemerom 24  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ , ktorý v porovnaní s údajmi väčšiny krajín Európy patrí medzi nízke hodnoty. V dvoch lokalitách (okolie Modry, Senca, Galanty a Michaloviec, Trebišova, Vranova), je koncentrácia selénu v obilí 3 až 4-krát vyššia ako priemer na Slovensku [6]. Obsah selénu v 320 vzorkách potravín vyrobených a konzumovaných na Slovensku sme použili na výpočet denného príjmu selénu, ktorý podľa štatistických údajov vychádzajúcich z konzumácie potravín na obyvateľa dosahuje v priemere 40  $\mu\text{g/deň}$  [10].

Svetová zdravotnícka organizácia stanovila doporučený denný príjem selénu v množstve 50 - 200  $\mu\text{g}$ . Napr. Dánsky úrad pre kontrolu potravín

doporučuje 125  $\mu\text{g}$  Se na deň. Za optimálny sa považuje príjem 1  $\mu\text{g}$ /deň na kg hmotnosti. Z našich výsledkov je zrejmé, že túto hodnotu u nás nedosahujeme [11].

Podiel rôznych druhov potravín na celodennom príjme selénu je pre bravčové mäso a výrobky z mäsa 20 %, hydinu 9 %, vajčka 18 %, ryby a výrobky z rýb 9 %, hovädzie mäso 2 %, obilniny a výrobky z obilnín 14 %, mlieko a mliečne výrobky 7 %, strukoviny, zemiaky, zelenina a ovocie 7 %. Zvyšok do 100 % tvorí príjem selénu z polievok a iných zdrojov [10]. Z toho je zrejmé, že denný príjem selénu do ľudského organizmu závisí vo veľkej miere od konzumácie potravín živočíšneho pôvodu, pričom jeho najväčšími prispievateľmi sú bravčové mäso a vajčka, čo je menej vhodné z hľadiska racionálnej výživy. Tento fakt potvrdzujú rozsahy hladín selénu v niektorých našich potravinách, ako sú ryby (200 - 270  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ), bravčové mäso (60 - 160  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ), hydina (90 - 220  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ), vajčka (190 - 240  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ), mlieko (5 - 15  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ), strukoviny (30 - 80  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ), cesnak (5 - 130  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ), zemiaky, zelenina a ovocie (1 - 15  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ) [12].

Z hľadiska príjmu selénu pre ľudský organizmus sa v podstate využívajú tri spôsoby suplementácie selénu:

1. Zakomponovanie selénu do hnojivových prípravkov. Tento spôsob obohatenia potravinového reťazca selénom využili napr. vo Fínsku (Se prechádza do celého potravinového reťazca).
2. Pridávanie selénových solí do kŕmnych zmesí pre chov hydiny, nosníc, ošípaných, oviec a pod. sa u nás využíva iba v poslednom období (predstavuje zásah do určitej časti potravinového reťazca).
3. Dovozy potravín z oblastí s vysokým obsahom selénu. Napríklad kanadské obilie a strukoviny (šošovica) obsahujú 10 až 20-krát viac selénu ako dopestované u nás.

Na Slovensku sa niekoľko rokov využíva pridávanie minerálnych, vrátane selénových, solí do kŕmnych zmesí pre hydinu, nosnice, ošípané a ovce [13]. Uvedený zásah do potravinového reťazca môže ovplyvniť status selénu u ľudí, avšak z hľadiska konzumovaných potravín je nevýhodný (bravčové mäso, vajčka). Tieto spôsoby suplementácie potravín selénom neumožňujú cieľené individuálne zvýšenie jeho denného príjmu u ľudí.

Jedným z možných individuálnych spôsobov suplementácie selénu u ľudí je využitie metabolizmu laktobacilov na jeho zabudovanie do bielkovinového aparátu mikroorganizmov. Zistila sa vysoká korelácia medzi koncentráciou selénu v biomase *Lactobacillus delbrückii* subsp. *bulgaricus*, *Lactobacillus plantarum* a *Lactobacillus casei* subsp. *casei* a koncentráciou selénu v médiu (sušená mliečna srvátka s prídavkom kvasničného výťažku). Pri koncentracii

1 mg.l<sup>-1</sup> Se v médiu obsahovali uvedené druhy laktobacilov 253±50, 375±33 a 407±108 µg Se na 1 g sušiny biomasy. Dokázalo sa, že pri *Lactobacillus delbruckii* subsp. *bulgaricus* sa selén nešpecificky inkorporoval vo forme seleno-cysteínu do bielkovín baktérií. Na rozdiel od selenizovaných kvasníc sa v nich selén nenachádzal vo forme selenometionínu [14].

Zvýšenie hladín selénu v potravinovom reťazci je možné dosiahnuť prostredníctvom rôznych kyslomliečnych potravín obohatených selénom, vyznačujúcich sa tým, že obsahujú pridaný (Se<sup>4+</sup>) biologicky zabudovaný v biomase bielkovín baktérií mliečného kvasenia v prírodnej, biologicky dobre dostupnej organickej forme. Tieto produkty umožňujú individuálnu selénovú podporu ľudskej populácie a sú vhodné najmä pre organizmus detí. Uvedené výrobky sú chránené osvedčením o zápise úžitkového vzoru Úradmi priemyselného vlastníctva Slovenskej republiky a Českej republiky. Pri ich výrobe sa využíva metabolizmus baktérií mliečného kvasenia v technologických postupoch priemyselnej fermentácie mlieka respektíve z neho odvodených vstupných surovín. Podstata technického riešenia spočíva v tom, že fermentované mliečne produkty obohatené selénom obsahujú antioxidačný nutrient selénu (Se<sup>2-</sup>) viazaný v bielkovinách v prírodnej forme, ktorý je zabudovaný v biomase bielkovín laktobacilov zo selénových solí, pridaných pred začiatkom fermentácie [15,16].

Experimentálne sme suplementovali selénové soli v rozsahu do 1 mg Se na 1 l mlieka. Po pridaní mliečného zákvasu, dokončení fermentácie a vyzrážaní biomasy zostalo v odfiltrovanej srvátke 8 - 12 % disociovaného selénu. Pri suplementácii soľami selénu v uvedených koncentráciách až po dokončení fermentácie mlieka a vyzrážaní biomasy zostalo v odfiltrovanej srvátke 58 - 75 % Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>, zvyšok sa adsorboval v biomase mliečnych bielkovín (tabuľka 1.). Podľa nášho technického riešenia vyrobilo oddelenie vývoja mliekárenského podniku Laktis a.s. Žilina v dvoch experimentoch so svojimi kultúrami baktérií mliečného kvasenia nízkoúčinné jogurty suplementované Se v množstve 100 µg.l<sup>-1</sup> mlieka. Analýzou z 20 priemerných vzoriek sme stanovili hladiny selénu 98,7±3,9 resp. 104,2±5,1 µg.kg<sup>-1</sup> jogurtu. Senzorické vlastnosti takto fermentovaných mliečnych produktov boli nezmenené.

Prítomnosť antioxidačného nutrientu selénu vo fermentovaných mliečnych produktoch nevylučuje pridávanie ďalších bioaktívnych a iných látok resp. stopových prvkov do týchto produktov, rovnako nemá vplyv na bežnú technologickú úpravu na konzumné účely. Na zabudovanie selénu (Se<sup>4+</sup>) vo forme redukovaného (Se<sup>2-</sup>) je vhodný akýkoľvek druh laktobacilu, pričom pod pojmom fermentovaný mliečny produkt obohatený organicky viazaným a ľudským organizmom dobre využiteľným selénom sa rozumie

TABULKA 1. Suplementácia mlieka  $\text{Na}_2\text{SeO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  pri fermentovaní laktobacilmi.  
TABLE 1. Supplementation of milk  
with  $\text{Na}_2\text{SeO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  in the process of fermentation with lactobacilli.

Mlieko suplementované pred fermentáciou <sup>1</sup>	Se v srvátke <sup>2</sup>
Se [ $\mu\text{g.l}^{-1}$ ]	[%]
50	11,0
100	10,5
200	11,1
500	11,4
1000	7,8
Mlieko suplementované po fermentácii <sup>3</sup>	Se v srvátke
Se [ $\mu\text{g.l}^{-1}$ ]	[%]
50	58,0
100	55,0
200	71,3
500	72,0
1000	75,0

1 - milk supplemented before fermentation, 2 - Se content in whey,  
3 - milk supplemented after fermentation.

ktorýkoľvek produkt priemyselnej fermentácie mlieka a od neho odvodené suroviny (napr. mliečne potravinárske výrobky skupiny kyslých syrov a kyslomliečnych nápojov, ako sú rôzne upravované druhy tvarohu, jogurty, acidofilné mlieko, mliečny zákvas, kyslá smotana a ďalšie). Priemyselné využitie tohoto technického riešenia pre uvedené potravinárske produkty zahŕňa ich technologické spracovanie a úpravu na konzumné a komerčné účely.

Takouto intervenciou zvýšeného množstva selénu v prírodnej forme je možné individuálne zlepšiť nielen nepriaznivý selénový status našej populácie, ale zároveň využiť kladné vlastnosti kyslomliečnych výrobkov ako napr. uľahčené vstrebávanie a tvorba vitamínov B-komplexu, vstrebávanie esenciálnych makro-prvkov hlavne vápnika, fosforu a mikro-prvkov železa, zinku a medi, z ktorých posledné dva sú dôležité pre správne fungovanie imunitného systému. Veľmi dôležitá je schopnosť kyslomliečnych produktov znižovať zvýšené hladiny cholesterolu a triacylglycerolov v krvi a tým prispieť v synergii s pôsobením selénu k zníženiu rizika srdcovo-cievnych ochorení.

## Literatúra

1. SALONEN, J. T. - ALFHTAN, G. - HUTTUNEN, J. K. - PUSKA, P.: Association between cardiovascular death and myocardial infarction and serum selenium in matched-pair longitudinal study. *Lancet*, 2, 1982, č. 2, s. 175-179.
2. SALONEN, J. T. - ALFHTAN, G. - HUTTUNEN, J. K. - PUSKA, P.: Association between serum selenium and the risk of cancer. *Journal of Epidemiology*, 120, 1984, č. 2, s. 342-349.
3. URSINI, F. - BINDOLI, A.: The role of selenium peroxidases in the protection against oxidative damage of membranes. *Chemistry and Physics of Lipids*, 44, 1987, č. 2-4, s. 255-276.
4. BOCK, A. - FORCHHAMMER, K. - HEIDER, J. - LEINFELDER, W. - SAWERS, G. - VEPREK, B. - ZINONI, F.: Selenocysteine the 21st amino acid. *Molecular Microbiology*, 5, 1991, č. 3, s. 515-520.
5. ARTHUR, J. R. - NICHOL, F. - BECKET, G. J.: Hepatic iodothyronine-5-deiodinase. The role selenium. *Biochemical Journal*, 272, 1990, č. 2, s. 537-540.
6. KADRABOVÁ, J. - MAĎARIČ, A. - GINTER, E.: Obsah selénu v obilninách - jeden z faktorov ovplyvňujúcich status selénu u ľudí. *Hygiena*, 41, 1996, č. 2, s. 123-128.
7. KADRABOVÁ, J. - MAĎARIČ, A. - GINTER, E.: Suboptimálny status selénu u populácie v bratislavskom regióne. *Klinická biochemie a metabolismus*, 3, 1995, č. 3, s. 175-177.
8. KADRABOVÁ, J. - MAĎARIČ, A. - KOVÁČIKOVÁ, Z. - GINTER, E.: Selenium status, plasma zinc, copper and magnesium in vegetarians. *Biological Trace Element Research*, 50, 1995, č. 1, s. 13-24.
9. THORLING, E. B. - OVERVAD, K. - GEBOERS J.: Selenium status in Europe. Human Data. A multicenter study. *Annals of Clinical Research*, 18, 1996, č. 1, s. 3-7.
10. KADRABOVÁ, J. - MAĎARIČ, A. - GINTER, E.: Determination of the daily selenium intake in Slovakia. *Biological Trace Element Research*, 61, 1998, č. 3, s. 277-286.
11. RDA. 10th Edition. National Research Council. Washington DC, National Academy Press 1989. 285 s.
12. KADRABOVÁ, J. - MAĎARIČ, A. - GINTER, E.: The selenium content of selected food from the Slovak republic. *Food Chemistry*, 58, 1997, č. 1/2, s. 29-32.
13. LICHVÁR, I. - POLACEK, I. - JANISOVÁ, K. - GUSPAN, G.: Databáza komponentov kŕmnych zmesí v SR. [Záverčná výskumná správa.] Ivanka pri Dunaji, Výskumný ústav krmivárskeho priemyslu a služieb 1992. 87 s.
14. CALOMME, M. R. - VAN DEN BRANDEN, K. - VAN DEN BERGHE, D. A.: Selenium and *Lactobacillus* species. *Journal of Applied Bacteriology*, 79, 1995, č. 3, s. 331-340.
15. MAĎARIČ, A. - KADRABOVÁ, J.: Fermentované mliečne produkty, obohatené selénom. Osvedčenie o zápise úžitkového vzoru. Číslo zápisu: 1379. Úrad priemyselného vlastníctva SR, 1996.
16. MAĎARIČ, A. - KADRABOVÁ, J.: Fermentované mliečne produkty, obohatené selénom. Osvedčení o zápise užitého vzoru. Číslo zápisu: 6144. Úrad průmyslového vlastnictví ČR, 1997.

Do redakcie došlo 18.2.1998.

**Selenium in foodstuffs  
and the possibility of its supplementation to humans in Slovakia**

MAĐARIČ, A. - KADRABOVÁ, J.: Bull. potrav. Výsk., 37, 1998, p. 11-17.

**SUMMARY.** Selenium is considered as an antioxidative nutrient because of being a cofactor of the antioxidant enzyme glutathioneperoxidase. Biologically active selenoproteins, enzymes glutathioneperoxidase and type I iodothyronine-5-deiodinase, as well as selenoproteins where selenium is present in the form of aminoacid - selenocysteine, are functional forms of selenium.

Mean selenium concentration in cereals in Slovakia  $24 \mu\text{g.kg}^{-1}$ , is low. There are two regions in Slovakia where selenium content in cereals is 3 - 4 times higher than of the average value. The selenium status of Slovak population is suboptimal due to low selenium content in soil and as follows in plants, cereals, animals and all foodstuffs produced from local agricultural raw materials.

Recommended daily selenium intake is  $1 \mu\text{g}$  per kg body weight (generally  $70 \mu\text{g/day}$  for men and  $50 \mu\text{g/day}$  for women). Intake of selenium in our population is in average only  $40 \mu\text{g/day}$ . Increase of selenium level in the food chain can be reached via various fermented milk products enriched with selenium. Those foods contain added  $\text{Se}^{4+}$ , which is biologically incorporated in the protein biomass of bacteria in a natural, biologically well available organic form. The products provide the individual selenium support of human population and they are suitable mostly for children organism.

**KEYWORDS:** selenium, foodstuffs, lactobacilli, selenocysteine, supplementation