

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B 4131 Zemědělství

Studijní obor: Agroekologie

Katedra: Zootechnických a veterinárních disciplín a kvality produktů

Vedoucí katedry: doc. Ing. Miroslav Maršálek, CSc.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Význam a zdroje selenu ve výživě člověka

Vedoucí bakalářské práce: **Dr. Ing. Jaromír Kadlec**

Autor bakalářské práce: **Zuzana Kratochvílová**

České Budějovice, 2014

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Fakulta zemědělská
Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Zuzana KRATOCHVÍLOVÁ
Osobní číslo: Z11171
Studijní program: B4131 Zemědělství
Studijní obor: Agroekologie
Název tématu: Význam a zdroje selenu ve výživě člověka
Zadávající katedra: Katedra genetiky, šlechtění a výživy

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem bakalářské práce je zpracovat literární studii zabývající se významem a zdroji selenu ve výživě člověka a to z hlediska jeho zařazení do výživy jednotlivých skupin obyvatelstva.

Selen je ultramikroprvek, který hraje významnou úlohu ve výživě všech věkových skupin obyvatelstva. Selen má důležitou roli v celé řadě biochemických procesů v lidském organismu a je rovněž nezbytný v ochraně tkání před oxidačním poškozením buněk. Literární studie bude zahrnovat charakteristiku selenu, jeho význam pro zdraví, zlepšování kvality života člověka a prevenci civilizačních chorob u jednotlivých kategorií obyvatelstva. V bakalářské práci bude věnována pozornost potravinovým zdrojům selenu, potravinovým doplňkům na bázi různých forem selenu, ale i funkčním potravinám s vyšší hladinou selenu, nebo jeho lepší vstřebatelností.

Rozsah grafických prací: dle úvahy
Rozsah pracovní zprávy: cca 50 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

Kunová, V.: Zdravá výživa. Praha, Grada Publishing 2004, 136 s.
Racek, J.: Oxidační stres a možnosti jeho ovlivnění. Praha, Galén 2003, 89 s.
Piňha, J., Poledne, R.: Zdravá výživa pro každý den. Praha, Grada 2009, 144 s.
Müllerová, D.: Zdravá výživa a prevence civilizačních nemocí. Praha, Triton 2003, 100 s.
Časopis společnosti pro výživu: Výživa a potraviny. Czech Nutrition Society Praha
Velíšek J., 1999: Chemie potravin I., II., III. Osis, Tábor, 352 s., 304 s., 342 s.


Vedoucí bakalářské práce: Dr. Ing. Jaromír Kadlec
Katedra genetiky, šlechtění a výživy

Datum zadání bakalářské práce: 31. března 2013
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2014


prof. Ing. Milošlav Šoch, CSc.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Spálená 13
370 01 České Budějovice

L.S.


prof. Ing. Jindřich Čítek, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 31. března 2013

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 10.4.2014

Kratochvílová

Zuzana Kratochvílová

Abstrakt

Bakalářské práce je zaměřena na funkce selenu ve výživě člověka. Selen je esenciální stopový prvek důležitý pro lidské zdraví. Jeho dostupnost závisí na koncentraci selenu v půdě. Průměrné příjmy selenu u obyvatel České republiky jsou obvykle 36 µg/den na jednotlivce. Nadměrný nebo nedostatečný příjem selenu může vést k nepříznivým účinkům na lidské zdraví. K nejvýznamnějším zdrojům selenu ve stravě většiny lidí patří maso, ryby, vejce, mléko, obiloviny a ořechy. Selen hraje důležitou roli v řadě metabolických funkcí, včetně antioxidantních systémů, hormonů štítné žlázy, metabolismu, imunitní funkce a reprodukce. Nízké hladiny selenu jsou spojeny se zvýšeným rizikem mortality, špatnou funkcí imunitního systému a úbytkem kognitivních funkcí, zatímco vysoké hladiny selenu způsobují po česneku zapáchající dech, ztrátu vlasů a nehtů, poruchy nervového systému a kůže a kazivost zubů.

Množství selenu a jeho potřeba se mění v průběhu života. Doporučené dávky selenu pro ženy jsou 55 µg/den a pro muže 70 µg/den. Těhotné a kojící ženy potřebují v průměru 65-75 µg selenu/den. Nedostatek selenu u žen způsobuje problémy s otěhotněním, vývojové vady plodu či poporodní komplikace. Novorozenec přijme mateřským mlékem zhruba 10 µg selenu/den. Doporučené dávky pro děti se pohybují v rozmezí 20-30 µg selenu/den. U seniorů nedostatek selenu způsobuje úbytek svalové hmoty a síly. Naopak dostatečné dávky selenu mohou předejít vzniku osteoporózy a různým zdravotním komplikacím. Při sportovní činnosti vzniká v těle velké množství volných radikálů, a proto je potřeba tělu dodat dostatečné množství selenu, který pomáhá svými antioxidantními účinky předejít oxidačnímu poškození svalů. U obyvatel vystavených nízkým hladinám selenu může být případný nedostatek zvýšen užitím potravinových doplňků se selenem.

Klíčová slova: selen, výživa lidí, potraviny, potravinové doplňky

Summary

Bachelor's thesis concentrates on functions of selenium in human nutrition. Selenium is an essential trace element of importance to human health. Its availability depends on the concentration of selenium in the soil. The average intake of selenium in the Czech population are usually 36 µg/day per individuals. Excess or insufficient selenium intakes can result in adverse effects on human health. The most important sources of selenium in the diets of most people are meat, fish, eggs, milk, cereals and nuts. Selenium plays an important role in a number of metabolic functions including antioxidant systems, thyroid hormone metabolism, immune function and reproduction. Low selenium status are associated with increased risk of mortality, poor immune function, and cognitive decline, while high selenium status cause garlic breath, hair and nail loss, disorders of the nervous system and skin and poor dental health.

Amount of selenium and its need changes during life. Recommended doses of selenium for women are 55 µg/day and for men 70 µg/day. Pregnant and lactating women require an average of 65-75 µg selenium/day. Selenium deficiency in women causes problems with pregnancy, fetal malformations or postnatal complications. Newborn baby receives in breast milk about 10 µg selenium/day. The recommended doses for children are in the range of 20-30 µg selenium/day. The lack of selenium in seniors causes loss of muscle mass and strength. Conversely sufficient doses of selenium can prevent the development of osteoporosis and various health complications. During sport activity, in the body there arise a large amount of free radicals and that is why it is necessary to supply the body of a sufficient amount of selenium, which helps prevent with its antioxidant effect oxidative damage of the muscles. The population exposed to low levels of selenium, the lack can be increased by use of dietary supplements with selenium.

Keywords: selenium, human nutrition, foodstuffs, supplements

Obsah

1. Úvod	7
2. Historie selenu	8
3. Obecná charakteristika selenu.....	8
4. Nedostatek selenu	9
5. Nadbytek selenu	10
6. Výskyt selenu v lidském těle	10
7. Zdroje selenu	11
8. Obsah selenu v jednotlivých státech	15
9. Formy selenu.....	18
10. Selenoproteiny	20
11. Biochemické funkce selenu.....	23
11.1 Selen a hormony štítné žlázy.....	23
11.2 Antioxidační účinky selenu:.....	23
11.3 Selen a reprodukční funkce.....	25
11.4 Antikarcinogenní účinky selenu	26
12. Metabolismus	26
13. Výživa jednotlivých kategorií obyvatelstva.....	27
13.1 Stav selenu u obyvatel ČR	27
13.2 Výživa dětí	29
13.3 Výživa těhotných a kojících žen	32
13.4 Výživa seniorů	35
13.5 Výživa sportovců.....	37
13.6 Alternativní výživa	38
14. Potravinové doplňky.....	39
15. Závěr	43
16. Seznam použité literatury.....	44

1. Úvod

V dnešní uspěchané době přibývá stále více lidí trpících civilizačními chorobami. Může za to nedostatečný pohyb, stres a především nesprávné dodržování zásad racionální výživy. Zdravá výživa je předpokladem pro správný růst a vývoj člověka a to již od samotného embryonálního vývoje až do dospělosti. Aby organismus mohl správně fungovat, je zapotřebí dostatek vitamínů a stopových prvků, mezi nimiž se nachází i ultramikroprvek selen, který plní mnoho důležitých funkcí v lidském těle.

Selen se na Zemi vyskytuje v proměnlivém množství lišící se v závislosti na různých geografických oblastech. V důsledku toho významně ovlivňuje zdravotní stav obyvatel. S rostoucím věkem se koncentrace selenu začíná v těle postupně zvyšovat. Ve stáří pak tyto sérové koncentrace selenu zase ubývají. Selen má nezastupitelnou funkci v celé řadě biochemických procesů v lidském organismu, včetně ochrany buněčných tkání před oxidačním poškozením

Cílem bakalářské práce je vytvoření komplexního přehledu o nezbytnosti prvku selenu ve výživě obyvatelstva nejen ve všech věkových kategoriích, ale také ve výživě sportovců a vegetariánů. V literární studii je zahrnuta všeobecná charakteristika selenu, jeho výskyt v rostlinných a živočišných zdrojích a následná využitelnost jednotlivých forem selenu pro organismus. Také je zmíněn význam selenu ve zdraví člověka jako prevence před civilizačními chorobami a uveden přehled potravinových doplňků s obsahem selenu.

2. Historie selenu

Selen byl objeven v roce 1817 švédským chemikem Jönsem Jakobem Berzelieusem během výzkumu sirných sloučenin (Kvasničková, 1998). Tento nově objevený stopový prvek pojmenoval podle Měsíce – v řečtině selene. Berzelius tehdy netušil, jak moc velký význam bude mít selen ve výživě člověka. Poukazoval ale na možná nebezpečí selenu, která však nepodložil žádnými důkazy (Bankhofer, 1996). Zprávy o onemocnění koní, které se později charakterizovaly jako otravy selenem, pocházejí však již z dob Marco Pola, tj. z dob, kdy navštívil západní Čínu. Po dobu 140 se vědci zabývali výhradně toxickými vlastnostmi selenu (Kvasničková, 1998). Teprve v roce 1957 Klaus Schwarz a Foltz prokázali esencialitu stopového prvku selenu, kdy byla zjištěna přítomnost selenu v tzv. faktoru 3 zabraňujícím nekróze jater u krys. V roce 1973 byl objeven první enzym obsahující selen, glutathionperoxidáza. Jedná se o enzym katalyzující redukci lipoperoxidů a peroxidů vodíku, které jsou tvořeny v průběhu metabolismu (Mistry a kol., 2012, Velíšek, 1999).

3. Obecná charakteristika selenu

Atomové číslo selenu je 34 a atomová hmotnost je 78,96. Selen leží mezi sírou a telurem v VI. A skupině a mezi arsenem a bromem ve čtvrté periodě tabulky periodické soustavy prvků (Reilly, 2006). Vyskytuje se ve stejných oxidačních číslech jako síra. Selen s oxidačním číslem +IV je termodynamicky stabilnější za normálních podmínek na rozdíl od síry, která je za těchto podmínek stabilnější s oxidačním číslem +VI. Selen má však oxidační číslo –II v biologicky významných makromolekách (proteiny, tRNA). Selenoly jsou silná nukleofilní činidla a selen je v této formě přítomen v selenocysteinu v aktivním místě některých oxidoreduktas, které katalyzují biologicky významné oxidačně-radukční reakce. (Fuchs, 1996). Selen je jedním z asi devadesáti stabilních prvků obsažených v zemské kůře. Co se týká jeho častosti, stojí na šedesátém místě. Průměrně je obsaženo 0,09 miligramu selenu v 1 kg zeminy. Vyskytuje se asi tak vzácně jako zlato. Je však nejrozšířenější na povrchu země (Bankhofer, 1996).

Selen se vyskytuje ve dvou různých strukturách, jako anorganická a organická sloučenina. Ve formě anorganické se selen vyskytuje v půdách, horninách

a vodách. Příjmutím rostlin se anorganická forma mění na organickou a selen se tak stává pro lidský organismus upotřebitelný. Nejenom z rostlin získáváme organický selen. I zvířata konzumují rostliny a tak se organický selen ukládá především do vnitřních orgánů, jako např. játra nebo ledviny. Protože i mořská voda obsahuje značné množství selenu, tak i mořské ryby kumulují značné množství tohoto prvku a to v celém těle. Selen je tak přítomen v bílkovinném spojení jako selenmethionin a selencystein. Rozdělí se během velmi krátké doby do celého organismu (Bankhofer, 1996).

Selen je esenciální stopový prvek, který je nezbytný pro výživu člověka. V těle se vyskytuje v nepatrném množství a denně je přijímán v μg . Úzce spolupracuje s vitaminem E a oba tak zesilují ochranu před civilizačními chorobami, jako jsou kardiovaskulární choroby, nádorová, zánětlivá či neurodegenerativní onemocnění. Poskytuje antioxidační ochranu před volnými radikály, posiluje imunitu, má antikarcinogenní účinky, zmírňuje vliv těžkých kovů rtuti, kadmia, thalia, arsenu a telluru a reguluje účinky thyroideálních hormonů tvorbou a deaktivací aktivního hormonu T_3 (Heczková, 2009, Velíšek, 1999).

4. Nedostatek selenu

Mezi nemoci způsobené nedostatkem selenu patří Keshanova choroba a Kashin-Beckova nemoc. Keshanova choroba byla popsána a pojmenována v roce 1935. Tato choroba se objevuje zejména u dětí, mladistvých a těhotných žen v oblastech s deficitem selenu. Keshanova choroba byla zaznamenána v určitých horských oblastech centrální Číny. Typickými projevy byly srdeční poruchy, srdeční selhání, plicní edémy a otoky v obličeji. Dalším projevem selenového deficitu je Kashin-Beckova nemoc. Jedná se o edemickou osteoartritidu vyznačující se nekrózou chrupavek. V Číně trpí touto nemocí více než 2,5 milionu lidí a asi 30 milionu lidí je v ohrožení. U dětí ve věku 3 – 15 let se Kashi-Beckova nemoc projevuje malou postavou a jejími deformacemi. Subklinický deficit selenu se vyskytuje také v České republice (Bankhofer, 1996, Zadáč, 2002, Zhang a kol., 2012). Nedostatek selenu je spojován nejenom s rakovinou a srdečními potížemi, ale též souvisí s vyčerpáním, poruchami růstu, vysokou hladinou cholesterolu, infekcemi, poruchami jater, nedostatečnou funkcí slinivky břišní a neplodností (Balch a kol., 1998). Nedostatek může vést také k předčasnému stárnutí. Je to proto,

že selen chrání pružnost tkání (Dunne a Kirschmann, 1990). Nízká hladina selenu byla také uvedena u Alzheimerovy choroby. To souvisí především se škodlivými vlivy volných radikálů na mitochondrie (Frączek a Pasternak, 2013).

5. Nadbytek selenu

V oblastech s vysokým obsahem selenu v půdě přijímají lidé nadměrné množství selenu potravou (kolem 38 mg/den) a dochází tak k otravám zvaným selenózy. Holeček (2010) uvádí jako toxickou dávku již při 1 mg denně anorganicky vázaného selenu nebo při 5 mg organicky vázaného selenu. Typickými projevy selenóz jsou křehkost, lámavost a ztráta vlasů a nehtů, poškození kůže zejména na končetinách, svalová citlivost, deprese, únava, nervozita, zvýšený výskyt zubního kazu, zánět kloubů, trávicí poruchy, předrážděnost, bledost, nauzea a zvracení. Charakteristický je po česneku zapáchající dech, jehož nositelem je dimethyldiselenid ($\text{CH}_3\text{SeSeCH}_3$) a kovová chuť v ústech. Při vysokém příjmu selenu se mohou projevit příznaky už za 3 – 4 dny. Konkrétně se jedná o vypadávání vlasů, nauzeu, zvracení či zvýšenou nervovou dráždivost (Balch a kol., 1998, Heczková, 2009, Velíšek, 1999, Zadák, 2002). Těžké předávkování selenem vyvolává horečku, může se objevit myelitida, cirhóza jater, žloutenka a může vést až ke smrti člověka (Dunne a Kirschmann, 1990, Velíšek, 1999).

6. Výskyt selenu v lidském těle

Obsah selenu v organismu je ovlivněn kvalitativním a kvantitativním potravinovým složením přijímané stravy, chemickou formou selenu a fyziologickým stavem konzumenta (Halamičková a kol., 2009).

Tělo dospělého člověka obsahuje asi 15 mg selenu. Nejvyšší koncentrace selenu se nacházejí v kostech (1 – 9 mg/kg), ledvinách (0,2 – 1,5 mg/kg), játrech (0,24 – 0,4 mg/kg) a vlasech (0,6 – 6 mg/kg). Svalstvo pak představuje nižší obsah a to 0,07 – 0,1 mg/kg. Krev obsahuje nejnižší množství selenu řádově v desítkách až stovkách $\mu\text{g/l}$ krve (Velíšek, 1999). Množství selenu ve vlasech a nehtech souvisí s množstvím přijatého selenu. Hodnoty nižší než 0,25 $\mu\text{g/g}$ ve vlasech značí nedostatečný přísun. Používáním šampónů obohacených selenem může dojít ke zkreslení hodnot, proto se ke zjištění obsahu selenu v organismu používají spíše vzorky krve. Průměrný obsah selenu v nehtech je 0,58 – 0,65 $\mu\text{g/g}$. U kuřáků bývají

tyto hodnoty často nižší. Příjmutím potravy se hladiny selenu v krvi liší u jednotlivých obyvatel v závislosti na lokalitě, ve které žijí. Heczková (2009) uvádí, že optimální sérová hladina selenu je 100 – 140 µg/l krve. Ale podle Velíška (1999) se hodnota pohybuje v rozmezí 40 – 350 µg/l. Obsah selenu v erythrocytech je o 60 % vyšší než v samotném séru, ale za to pomaleji odpovídá na změny selenového zásobení. Do krevního oběhu je selen transportován ve formě selenoproteinu P. V erythrocytech je selen nejvíce vázán na hemoglobin a pouze 10 – 15 % je zabudováno v glutathionperoxidáze. Tělo, které je vystaveno tělesné zátěži, může vykazovat změny hladin selenu v krvi a to v závislosti na intenzitě výkonu. Například při fyzickém či psychickém stresu dochází k poklesu hladiny v plazmě a vyrovnaní hladiny nastává až po odeznění stresu, tj. za sedm dnů. Aby tělo správně fungovalo a hladina selenu byla v rovnováze, musí část selenu odejít do moči. U dospělých jedinců odchází močí asi 50 až 60 % selenu (Heczková, 2009, Velíšek, 1999, Zadák, 2002). Z rozborů vzorků lidské moči bylo prokázáno, že obsah selenu v moči odpovídá stejnému množství selenu, který byl přijat potravou. Ve vzorcích moči odebraném již tři hodiny po požití selenového preparátu byl prokázán velký nárůst selenanu, který se v nezátížených vzorcích moči vůbec nevyskytoval. U pacientů léčených přípravky na bázi selenu nedošlo při stejných denních dávkách k žádné radikální změně v obsahu a speciaci selenu v moči a lze tedy předpokládat, že organismus těchto nemocných pacientů vškerý přijatý selen začlenil do svého metabolismu (Eichler a Mestek, 2011). Podle aktivity glutathionperoxidázy lze snadno zjistit, kolik selenu se vyskytuje v krevním séru. Při vysokém příjmu selenu do organismu dosahuje aktivita glutathionperoxidázy rovnováhy, která s dalším příjmem selenu již nestoupá. Vzhledem k tomu, že je selen z větší části vázaný na bílkoviny, dochází při zvýšeném či sníženém obsahu selenu k okamžitým změnám hladin plazmatických bílkovin (Zadák, 2002).

7. Zdroje selenu

Obsah selenu v živočišných a rostlinných produktech je dán především koncentrací selenu v půdě (Huang a kol., 2013). Biopřístupnost selenu rostlinami závisí na typu půdy a jejím pH, na množství organické hmoty v půdě, na srážkách, hnojení a dalších faktorech (Poláková, 2010). U potravin živočišného původu se obsah selenu odvíjí od výživy zvířete a jeho případné zvýšení může být zajištěno

obohacením krmiv selenovými preparáty. K nejvýznamnějším zdrojům selenu ve výživě člověka patří maso, vnitřnosti, mořské produkty, vejce, mléko, ořechy a celozrnné výrobky (Velíšek, 1999). Živočišné produkty jsou obecně cennějším zdrojem selenu než rostlinné produkty a to díky vysokému obsahu bílkovin. Játra a ledviny obsahují čtyřikrát až pětkrát více selenu než svaly a jiné tkáně. Je v nich obsaženo více jak 1 mg Se/kg. Obsah selenu v rybách a korýších je do 1 mg/kg. I přesto, že jsou ryby dobrými zdroji selenu (40-150 µg/100 g), využitelnost selenu může být nízká díky zvýšenému množství těžkých kovů v rybích tkáních (Dunne a Kirschmann, 1990, Heczková, 2009). V mase se pak obsah selenu pohybuje v rozmezí od 0,1 do 0,4 mg/kg. U vejce se vyskytuje selen převážně ve žloutku (Velíšek, 1999). V rostlinách je většinou obsah selenu velmi nízký. Existují ale některé druhy rostlin např. česnek a brukev, které jsou schopny akumulovat mnohonásobně větší množství selenu (Thiry a kol., 2012). Z ořechů nejvíce obsahují selen para ořechy, vlašské ořechy a kešu. Sezam pak obsahuje o něco menší množství selenu (Müllerová, 2003). Nejvyšší přínos selenu ze všech potravin představují právě para ořechy a to o obsahu více než 5 mg/kg. Dva para ořechy denně dodají tělu až 100 µg selenu. Značný obsah selenu se nachází také v celozrnných výrobcích, kde je koncentrace selenu o něco málo vyšší než u zeleniny. Zelenina obsahuje méně jak 0,01 mg Se/kg (Thiry a kol., 2012). Ze všech druhů zeleniny se nejvíce selenu nachází v mrkvi, petrželi, kadeřávku, pastináku, ředkvi, celeru, salátu, špenátu, česneku a hrášku (Müllerová, 2003). Obiloviny se zpracovávají na řadu výrobků, jejichž výživová hodnota závisí na stupni vymílání. Z výživového hlediska jsou více ceněny celozrnné mouky, které obsahují více obalových vrstev zrna a tím i více selenu (Pit'ha a Poledne, 2009). K významným ztrátám dochází i při zpracování obilí. Mletím pšeničného zrna se ztrácí až 50 % selenu, odstraněním povrchové vrstvy pšeničného zrna se ztrácí až 75 %, vařením pšeničného zrna 45 % a výrobou bílé průmyslové mouky či bílého chleba se ztratí až 80 % selenu (Bankhofer, 1996). Během vaření může dojít ke snížení obsahu selenu v potravinách o 10 až 30 % (Agerbo a Andersen, 1997). V mořské vodě se pohybuje koncentrace od 0,04 do 0,12 g/l. V podzemních vodách je koncentrace kolem 0,12 µg/l. Ideální koncentrace v pitné vodě je podle Světové zdravotnické organizace 10 µg/l (Mehdi a kol., 2013).

Tab. č. 1: Obsah selenu v potravinách v jednotlivých státech (Velíšek, 1999)

Potravina	Obsah Se v mg/kg					
	USA ^{a)}	Kanada ^{a)}	Venezuela	Finsko ^{b)}	Německo	ČR a SR
Maso vepřové	0,04-0,24	0,31	0,83	0,01-0,09	0,19	0,02-0,07 ^{d)}
Maso hovězí	0,06-0,27	-	0,17	0,01-0,03	-	0,02
Maso kuřecí	0,10-0,12	-	-	0,08-0,14	-	0,07-0,11
Játra vepřová	0,64-0,70	0,36	0,36	0,34-0,51	0,17	0,09-0,34
Játra hovězí	0,43	0,50	0,69	0,03-0,13	0,09	0,02-0,14
Ledviny vepřové	1,90-2,21	3,22	-	1,54-1,76	0,78	0,97-1,84
Ledviny hovězí	1,45-1,70	2,31	-	0,62-0,78	0,95	0,20-1,02
Ryby sladkovodní	0,34-0,37	0,59	-	0,12-0,53	0,38	0,05-0,38
Ryby mořské	0,12-1,41	0,75-1,48	-	0,11-0,80	-	-
Mléko plnotučné ^{c)}	0,06	0,15	-	0,001-0,004	0,20	0,003
Tvaroh	-	0,07	-	0,02-0,03	-	-
Sýry	0,09	-	0,43	0,01-0,06	-	0,02-0,04 ^{d)}
Jogurt	0,05	-	-	0,003	-	0,004-0,008 ^{d)}
Vejce slepičí	0,10	0,39	1,52	0,02-0,16	-	0,18-0,24
Vaječný bílek	0,03-0,05	0,12-0,15	-	-	-	0,06
Vaječný žloutek	0,13-0,18	0,13-0,69	-	0,30	-	0,53
Pšenice	0,20-0,61	0,58-1,09	0,25	0,004-0,025	0,34-0,88	-
Mouka pšeničná	0,18-0,52	0,28-0,64	-	0,010-0,12	-	0,016
Chléb celozrnný	0,33-0,41	0,59-0,68	-	0,003-0,01	-	0,015-0,026 ^{d)}
Rýže loupaná	0,21-0,38	-	0,46	0,01-0,03	-	0,024-0,034 ^{d)}

Žito	0,36	-	-	0,01	-	-
Čočka	-	0,61	-	-	0,10	0,03-0,08 ^{d)}
Hrách	-	-	-	0,01	-	0,02
Fazole	0,02-0,13	0,06	0,07	-	-	0,09
Sója	0,08-0,48	0,09	0,01	-	-	-
Zelí	0,023	0,03	-	0,001-0,02	0,014	0,003
Květák	0,007	0,004	0,01	< 0,002	0,014	0,005
Špenát	0,012	-	-	< 0,002	0,018	-
Hlávkový salát	< 0,001-0,011	0,008	-	< 0,002	0,006	0,001 ^{d)}
Rajčata	0,005	0,001	0,014	< 0,002	0,007	< 0,001 ^{d)}
Mrkev	0,022	0,006	-	< 0,002	0,004	0,001-0,003 ^{d)}
Hrášek	-	-	-	0,001-0,002	-	0,005
Cibule	-	-	-	< 0,002	-	0,003
Česnek	0,014-0,26	0,07	-	-	-	0,03-0,14
Brambory	< 0,002-0,055	0,023	0,016	0,001-0,002	0,017	0,003-0,018
Jablka	0,005	0,004	0,006	0,001-0,003	0,01	0,001-0,003 ^{d)}
Pomeranče	0,013	0,015	0,008	< 0,002	0,029	-
Banány	0,01	-	0,005-0,06	0,001-0,01	-	-
Ořechy vlašské	0,08	-	-	-	-	-
Kakaový prášek	0,21	-	-	-	-	-
Čaj černý	0,01-0,06	-	0,04	-	-	-
Káva pražená	0,07-0,09	-	-	-	-	-

a) Vzorčky jsou z oblastí se středním obsahem selenu v půdě. b) V tabulce jsou uvedeny výsledky ze 70. let, v současné době jsou koncentrace selenu ve většině finských potravin podstatně vyšší díky používání hnojiv s přídavkem selenu. c) V mateřském mléce je obsah Se 0,006-0,028 mg/kg. d) Údaje ze Slovenské republiky.

Z potravy se absorbuje přibližně 80% selenu v závislosti na druhu potravin. Biologická dostupnost bývá významně vyšší u organických forem selenu. Mezi sloučeniny selenu identifikované v rostlinách patří např. selenan, seleničitan,

selenocystein, selenomethionin, selenohomocystein, Se-methylselenocystein, Se-Met selenoxid, γ -glutamyl-Se-methylselenocystein, dimethyl diselenid, Se-methylselenomethionin. Na druhé straně sloučeniny selenu v živočišných tkáních jsou např. selenocystein, selenan, seleničitan (Navarro-Alarcon a Cabrera-Vique, 2008). U výrobků z pšeničné mouky převažuje rostlinami syntetizovaný selenomethionin, další organické sloučeniny se vyskytují v nutričně nesignifikantních množstvích. Organické formy selenu bývají lidským organismem resorbovány z 85 až 95%, zatímco přítomné anorganické sloučeniny pouze ze 40 až 70%. Pro selen z pšeničné mouky je biodostupnost pro různé tkáně včetně krve a také selen-dependentní enzymy téměř stoprocentní. Významný podíl na vysoké využitelnosti selenu z pšeničné mouky může mít také přítomné droždí, které je bohatým zdrojem velmi dobře využitelného selenu. Názory na rozdíly v biologické využitelnosti selenu z masa a masných výrobků ve srovnání s potravinami rostlinného původu se různí. Podle některých autorů je využitelnost snížena vlivem zhoršené resorpce v masě převažujícího selenocysteinu (Halamíčková a kol, 2009). Diaz-Alarcón a kol. (1996) uvádí biologickou dostupnost selenu u masa a masných výrobků menší než 25%. Také u ryb je biologická využitelnost velmi dobrá, ale nižší než u mouky (Halamíčková a kol, 2009). Z mléka a mléčných výrobků se resorbuje selen v rozmezí 61 až 97% (Chen a kol., 2004). Využitelnost selenu z vajec kolísá od 54 do 78% v závislosti na množství přítomné anorganické formě selenu z krmiv (Halamíčková a kol, 2009).

8. Obsah selenu v jednotlivých státech

Selen se vyskytuje na Zemi v různých koncentracích. Existují oblasti s extrémně vysokými koncentracemi selenu, s normálními koncentracemi nebo oblasti s deficitem selenu (Kieliszek a Błazejak, 2013). Průměrný obsah selenu v zemské kůře je 0,09 mg/kg. Průměrná koncentrace selenu v půdách se pohybuje v rozmezí 0,1-0,7 mg/kg (Mehdi a kol., 2013). V ČR je koncentrace selenu od 0,07 do 0,12 μ g/kg (Heczková, 2009). Obsah selenu v půdě je závislý na struktuře a typu půdy, na organické hmotě a srážkách, na pH půdy atd. (Mehdi a kol., 2013). V kyselých půdách je selen přítomen především jako seleničitan, který má velmi nízkou rozpustnost a dostupnost rostlinami. V alkalických půdách se selen oxiduje na

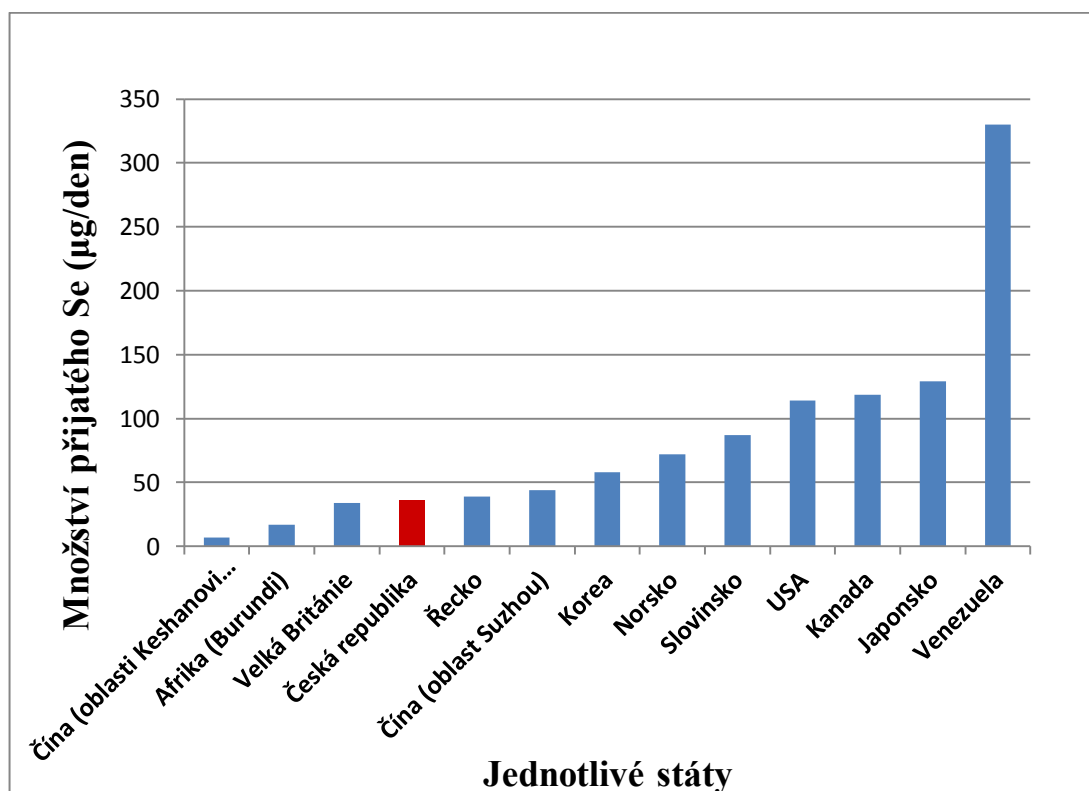
selenan, který je rozpustný a více k dispozici pro absorpci plodinami (Navarro-Alarcon a Cabrera-Vique, 2008).

Nízký obsah selenu byl zaznamenán ve východní a západní části USA, ve východní Kanadě, v některých částech jižní Ameriky, v západní a jižní části Austrálie, na Novém Zélandu a v Polsku. V Indii v oblasti Harayana, ve Walesu a Irsku byly pozorovány toxické hladiny selenu. Optimální hodnoty selenu byly hodnoceny v severní Evropě (Čuvarčić, 2003). Thiry a kol. (2012) uvádí, že v Evropě je koncentrace selenu celkově nižší než v USA. V oblasti Suzhouv Číně se vyskytuje mírný deficit selenu v půdě. Místní obyvatelé zde přijímají potravou v průměru $43,9 \pm 3,8 \mu\text{g Se/den}$. Lidé trpící na nedostatek selenu v této oblasti mohou onemocnět tzv. Keshanovou nebo Kashin-Beckovou nemocí. Obyvatelé v oblasti Suzhou dosahují denního příjmu méně jak $55 \mu\text{g Se/den}$. V oblastech, kde se vyskytuje Keshanova nemoc, obyvatelé přijímají pouhých $7 \mu\text{g Se/den}$. Obyvatelé Číny přijmou denně oproti obyvatelům západních zemí méně selenu, protože jejich strava je z větší části rostlinného složení, zatímco u obyvatel západních zemí převažuje maso (Gao a kol., 2011). V Číně však existuje i město Shadi, kde jsou koncentrace selenu v půdě stále extrémně vysoké i přes to, že za 40 let se koncentrace selenu v půdě snížila v průměru o 2 mg/kg . V důsledku toho se zde i v celé oblasti Enshi mohou vyskytovat selenózy. Konkrétně ve městě Shadise denní příjem selenu potravou odhaduje na $550 \pm 307 \mu\text{g}$ na osobu, což představuje toxickou dávku pro organismus (Huang a kol., 2013). Nejvyšší tolerovaný příjem pro dospělé osoby činí $400 \mu\text{g/den}$ (Kieliszek a Błazejak, 2013). V oblastech vykazujících deficit selenu je možno aplikovat hnojiva obohacená o selen a tím zvýšit obsah selenu v půdě (Pyrzynska, 2009). Finsko patřilo k zemím s velmi nízkými hodnotami selenu v půdě. Po přidání selenu do hnojiv se tak zlepšil výživný stav obyvatel ve Finsku (Kieliszek a Błazejak, 2013). Denní příjem selenu obyvateli v Evropě činí $30\text{-}100 \mu\text{g/den}$, v Severní Americe $60\text{-}220 \mu\text{g/den}$, v Japonsku $140\text{-}178 \mu\text{g/den}$ a v oblasti Punjab v Indii $475\text{-}632 \mu\text{g/den}$ (Huang a kol., 2013). Dovážením surovin ze zahraničí z oblastí bohatých na selen, např. obilím z Kanady, lze zvýšit obsah selenu v jídelníčku (Heczková, 2009).

Tab. č. 2: Denní příjem selenu ($\mu\text{g}/\text{den}$) v jednotlivých státech

Použitá literatura	Stát	Denní příjem selenu (μg)
Gao, 2011	Čína (oblasti Keshanovi nemoci)	7
	Afrika (Burundi)	17
	Velká Británie	34
Heczková, 2009	Česká republika	36
Gao, 2011	Řecko	39
	Čína (oblast Suzhou)	44
	Korea	58
	Norsko	72
	Slovinsko	87
	USA	114
	Kanada	113-124 (průměr 118,5)
	Japonsko	129
Velíšek, 1999	Venezuela	330

Graf č. 1: Denní příjem selenu v různých státech



Koncentrace selenu v půdách jsou na Zemi velmi rozdílné a podle toho se odvíjí denní příjem selenu potravou (Heczková, 2009, Velišek 1999). Na grafu jsou dobře vidět patrné rozdíly v jednotlivých státech. K zemi s nejnižším obsahem selenu v půdě patří např. Čína, kde se v určitých oblastech vyskytuje díky extrémnímu nedostatku selenu Keshanova nemoc. Nejvyšších koncentrací dosahuje např. Venezuela. Česká republika se řadí k zemím s velmi nízkým obsahem selenu v půdě.

9. Formy selenu

Přirozeně se vyskytující formy selenu:

Anorganické formy:

- elementární selen (Se^0)
- selenan (SeO_4^{2-}), Se + VI
- seleničitan (SeO_3^{2-}), Se + IV
- hydrogen selenid (Se^{2-})

Organické formy:

- methyلسelenol (MeSeH)
- dimethyلسelenid (Me_2Se)
- dimethyldiselenid (Me_2Se_2)
- trimethyلسelenoniový kation (Me_3Se^+)
- dimethyلسelenon (Me_2SeO_2)
- dimethyلسelenoxid (Me_2SeO)
- anion methyلسeleniniové kyseliny (MeSe(O)O^-)
- dimethyلسelenosulfid (MeSSeMe)
- selenokyanatan (SeCN^-)
- selenomočovina ($\text{Se} = \text{C}(\text{NH}_2)_2$)

Aminokyseliny s nízkou molekulovou hmotností:

- selenomethionin
- selenocystin
- selenocystein
- Se-methyلسelenocystein
- selenocysteinová kyselina

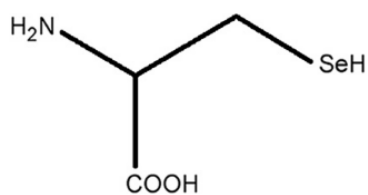
Se-methylselenomethionin
S-(methylseleno)cystein
Selenomethioninselenoxidhydrát
selenohomocystein
 γ -glutamyl-se-methylselenocystein
Se-adenosylselenohomocystein
selenocholin
selenobetain
selenogluthation

Ostatní sloučeniny:

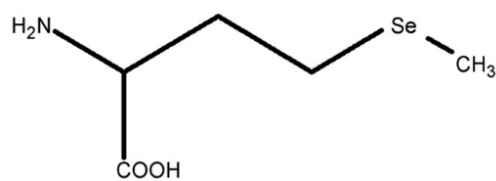
selenopeptidy
selenoproteiny
selenoenzymy
selenocukry
Se-metal metallothioniny

(Kieliszek a Błażej, 2013).

Obr. č. 1: Selenocystein (Kieliszek a Błażej, 2013)



Obr. č. 2: Selenomethionin (Kieliszek a Błażej, 2013)



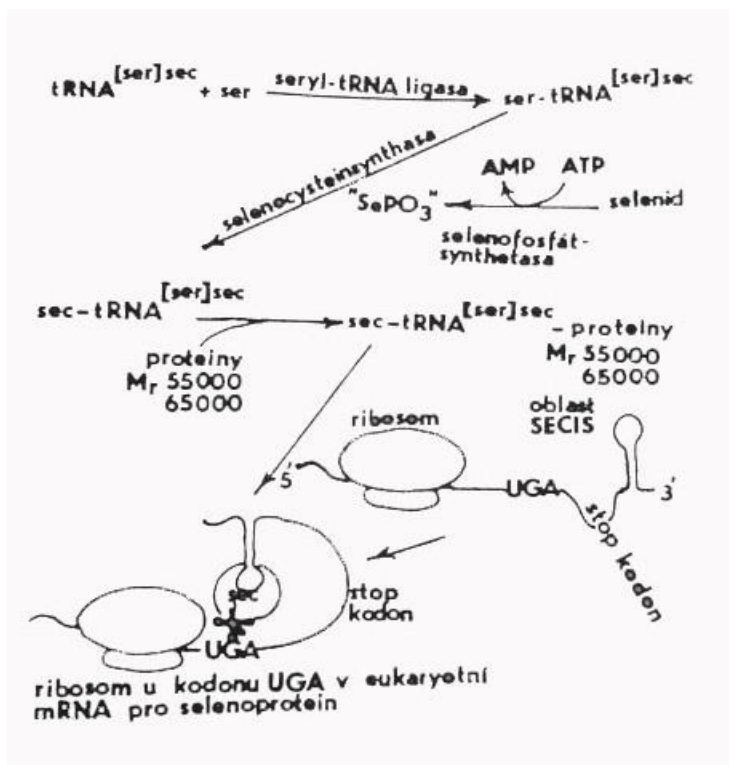
Všechny formy selenu, které jsou přijaty potravou, jsou převedeny na selenid. Bílkoviny obsahující ve své molekule selenocystein označujeme jako selenoproteiny, eventuálně selenoenzymy. Ale bílkoviny obsahující jiné formy selenu označujeme pouze jako proteiny (Kvíčala, 2003a). Pro lidské tělo jsou anorganické formy selenu mnohem obtížněji vstřebatelné v trávicím traktu než organické formy a jsou i více toxičtější (Ferenčík a Ebringer, 2003). Mezi nejdůležitější organické formy selenu pro živé organismy patří selenocystein, methylselenocystein, selenomethionin, methylselenomethionin, selenocystyn, selenomočovina, selenoniocholin, selenobetain (Frączek a Pasternak, 2013).

10. Selenoproteiny

V roce 1973 byl objeven první enzym obsahující selen zvaný glutathionperoxidáza. Od té doby bylo zjištěno mnoho enzymatických funkcí selenoproteinů, kde je vázán v aktivním centru selenocystein mající funkci redoxně-oxidačního centra. V současné době je izolováno a blíže specifikováno 18 selenoproteinů. Dalších asi 30 selenoproteinů bylo nalezeno kombinací biochemických, analytických a radioanalytických metod. Funkce ani reakční mechanismy nebyly však u těchto selenoenzymů specifikovány (Kvíčala 2003a, Velíšek, 1999).

Selen je v lidském těle vázán v selenoproteinech nejčastěji jako selenoaminokyselina Se-cystein a Se-methionin. Tyto dvě selenoaminokyseliny a další formy selenu přijaté potravou jsou využity k tvorbě selenoproteinů. Přijatý selen je převeden na selenid, dále je fosforylován selenoenzymem selenofosfátsyntetázou na monoselenofosfát, který je využit k selenizaci serin-tRNA a ten se pak účinkem specifického elongačního faktoru a specifické struktury mRNA zvané SECIS váže na triplet UGA přepisované mRNA. Tento proces proteosyntézy byl prokázán zatím u všech biologicky aktivních selenoproteinů (Kvíčala, 2003a).

Obr. č. 3: Schéma syntézy selenocysteinu a jeho inkorporace do selenoproteinů u eukaryotních organismů (Fuchs, 1996).



Mezi nejdůležitější selenoproteiny patří glutathionperoxidázy, thioredoxin reduktázy, selenoprotein P, selenoprotein W, jodthyronindejodázy, 18 kDaselenoprotein, 15 kDaselenoprotein a selenofosfátsyntáza (Kvíčala, 2003a).

Glutathionperoxidázy (GPx) chrání buňku i celý organismus před oxidačním poškozením a z toho pramenícími nemocemi a poruchami, jako jsou bakteriální a virové nákazy, svalové dystrofie, artopatie, tvorba arteriálních plátů či malignity a další. Také regulují tvorbu prostaglandinů, prostacyklinů, leukotrienů a tromboxanů (Kvíčala, 1999). Nejvyšší aktivita GPx byla nalezena v játrech, krvi, v plicích a nejnižší aktivita byla objevena v mozku a očních čočkách (Frączek a Pasternak, 2013). GPx se vyskytují se v několika formách. Cytosolová glutathionperoxidáza (cGPx) se vyskytuje v cytoplasmě buněk. Intracelulární glutathionperoxidáza (eGPx) se vyskytuje v krevní plazmě. Fosfolipidová glutathionperoxidáza (phGPx) se nachází v buněčné membráně, redukuje peroxid vodíku a hydroperoxydy, které přeměňuje na hydroxylové deriváty lipidů (Racek, 2003). Gastrointestinální

peroxidáza (GiGPx) je charakteristická pro trávicí trubici (Fuchs, 1996). Spermální jaderná GPx je přítomná v jádru spermie. Tato GPx je nezbytná pro vyžívání spermií a mužskou fertilitu, neboť stabilizuje chromatin síťováním protaminových thiolů (Kvíčala, 2004).

Thioredoxin reductázy se vyskytují ve třech formách. Thioredoxin reductáza (T) reguluje aktivitu různých enzymů a působí proti oxidačnímu stresu. Cytoplasma a mitochondrie obsahují thioredoxinový systém a je-li inhibován, dochází k aktivaci apoptózy. Mnohá chemoterapeutika obsahují inhibitory thioredoxinu a vyvolávají apoptózu neboli zánik karcinomových buněk. Tento selenoprotein se uplatňuje při ochraně kůže před UV paprsky (Holeček, 2010)

Selenoprotein P je ze všech selenoproteinů hlavním selenoproteinem vyskytujícím se v plazmě o obsahu nejméně 40%. Asi chrání endoteliální buňky před poškozením peroxinitrem a patrně bude mít i funkci antioxidantu. Obsahuje ve své molekule nejvíce selenocysteinů (až 10) a pravděpodobně zodpovídá za transport selenu do tělesných tkání. (Kvíčala, 2004, Rayman, 2010). Fuchs (1996) také uvádí, že selenoprotein P chrání jaterní tkáň před oxidačním poškozením

Selenoprotein W se vyskytuje hlavně ve svalech, slezině, srdci a mozku (Frączek a Pasternak, 2013). Jeho funkce je zatím neznámá, pravděpodobně se podílí na metabolismu kosterního a srdečního svalu (Kvíčala, 2003a).

Jodthyronindejodázy se od sebe liší místem výskytu, kinetikou, substrátovou preferencí i odezvou na různé podněty. Zajišťují regulaci buňky tvorbou a rozkladem biologicky aktivního hormonu trijodtyroninu. Vyskytují se ve třech formách (dejodáza I, II a III) (Kvíčala, 1999, Kvíčala, 2003b). Dejodáza I se vyskytuje v játrech, ledvinách, svalech a štítné žláze. Dejodáza II je přítomna v mozku, hypofýze a nadledvinkách. V aktivním centru může obsahovat jak selenocystein, tak cystein – v závislosti na tkáni a živočišném druhu. Dejodáza III se nachází téměř ve všech buňkách, nevyskytuje se ale v tkáních, produkujících T3 do krevního oběhu (štítné žláze, játrech, ledvinách) (Kvíčala, 2003b).

18 kDa selenoprotein je mitochondriální selenoprotein, který se vyskytuje v ledvinách, játrech a mozku. Jeho funkci zatím neznáme (Kvíčala, 2004).

15 kDa selenoprotein se nachází v endoplazmatickém retikulu. Důkazy naznačují, že tento selenoprotein je nezbytný pro eliminaci buněk zhoubného onemocnění (Rayman, 2010).

Selenofosfát syntáza (SPS2) katalyzuje syntézu monoselenofosfátu ze selenidu a ATP za uvolnění AMP a fosforečnanu (Kvíčala, 2004).

11. Biochemické funkce selenu

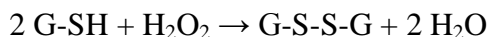
11.1 Selen a hormony štítné žlázy

Aby metabolismus hormonů štítné žlázy správně fungoval, je k němu zapotřebí dostatečné množství selenu. Dejodázy jsou odpovědné za regulaci potřebné koncentrace thyroideálních hormonů a tím umožňují udržování katabolicko-anabolické rovnováhy, regulaci energetického a teplotního systému a ostatních funkcí thyroideálních hormonů v organismu (Kvíčala, 2003b). Dejodázy katalyzují dejodaci hormonu štítné žlázy thyroxinu na metabolicky aktivnější trijodthyronin (Velíšek, 1999). Silný nedostatek selenu vede ke snížení syntézy dejodázy I v játrech, ledvině a svalech. Ačkoliv se v těchto případech zvýší uvolňování T3 ze štítné žlázy, v důsledku nižší dejodace T4 dochází ke zvýšení poměru T4/T3, tj. rovnováha se mění v neprospěch fyziologicky účinného trijódtyroninu. Tento nedostatek selenu může vést až k vývoji myxedematózního kretenismu (Kvíčala 2003b). Při nízké hladině hormonů štítné žlázy je nepříznivě ovlivněno fungování nervové tkáně, snižuje se duševní výkonnost a objevuje se deprese (Frączek a Pasternak, 2013).

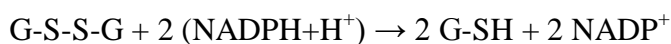
11.2 Antioxidační účinky selenu:

V lidském těle vzniká v průběhu metabolismu velké množství volných radikálů a další část volných radikálů se do organismu dostane z vnějšího prostředí. Volné radikály mají pro organismus důležité funkce, ale jejich množství nesmí převažovat nad antioxidanty. Volné radikály a antioxidanty jsou v rovnováze, pokud jsou v poměru 1:3. Při nerovnováze nastává tzv. oxidační stres. Antioxidanty nezvládají likvidovat nadbytek volných radikálů a dochází tak k poškození buněk a vzniku některých onemocnění (Hřebíčková, 2009, Racek, 2003). Nepostradatelnou

složkou antioxidačního systému je enzym glutathionperoxidáza. Katalyzuje redukci peroxidu vodíku a hydroperoxidů mastných kyselin glutathionem (GSH):



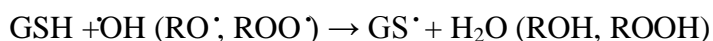
Tyto reakce probíhají např. v erythrocytech a zajišťují odstraňování hydroperoxidů lipidů (lipoproteinů) z poškozených biologických membrán. Po odstranění hydroperoxylové skupiny mohou být hydroxylované lipidy normálně metabolizovány β -oxidací. Redukovaný glutathion je regenerován pyridinovým koenzymem NADPH za katalýzy glutathionreduktasy (GR):



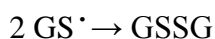
Při nízkém nedostatku selenu dochází k poklesu aktivity GSHPx.

Špatnou činností enzymů GSHPx a GR nastává poškození buněčných membrán, které nejsou chráněny před lipoperoxidací. To má za následek mírnou až středně těžkou hemolytickou anémii (Racek, 2003, Velíšek, 1999).

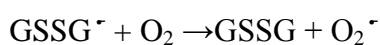
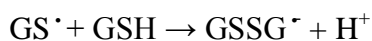
Glutathion je nejvýznamnější intracelulárníenzymový antioxidant. Vyskytuje se v redukované (thiol, GSH) či oxidované formě (disulfid, GSSG). Funkcí GSH je ochrana DNA v buněčném jádře před oxidačním poškozením. Při oxidaci GSH vzniká glutathiolový radikál GS^\cdot :



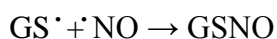
Radikál GS^\cdot zaniká reakcí s dalším GS^\cdot radikálem za vzniku GSSG.



Reakcí s molekulou GSH však může produkovat radikál oxidovaného glutathionu (GSSG^\cdot), který je schopen redukovat kyslík na superoxid O_2^\cdot .



Radikál GS^\cdot může reagovat i s radikálem oxidu dusnatého $\cdot\text{NO}$ za vzniku reaktivního nitrosothiolu GSNO.



Nedostatek GSH a snížení aktivity GSHPx, které byly pozorovány u dialyzovaných nemocných a u kuřáků, může vést k hromadění peroxidu vodíku a jeho další přeměně na nebezpečný hydroxylový radikál. Pokles koncentrace redukováného glutathionu, resp. poměru GSH/GSSG, byl popsán u celé řady stavů s prokázanou či předpokládanou nadprodukcí volných radikálů. Patří k nim např. kouření, ischemie s následnou reperfuzí, maligní nádory, intoxikace alkoholem, ulcerózní kolitida, akutní pankreatitida, diabetes mellitus, sepse, infarkt myokardu, Parkinsonova choroba, nižší hladina byla pozorována i po vysilujícím sportovním tréninku (Racek, 2003).

Pravděpodobně i selenoprotein P má funkci extracelulárního antioxidantu (Zadák, 2002).

11.3 Selen a reprodukční funkce

Selen je nezbytný pro reprodukci z hlediska obou pohlaví. Je potřebný pro biosyntézu testosteronu a pro tvorbu, zrání a normální vývoj spermií. Testikulární tkáň obsahuje vysoké koncentrace selenu, převážně jako phGPx (Mistry a kol., 2012). Selenoproteiny se nachází ve spermii v jádře. Značné množství GPx ochraňuje spermii během jejího vývoje a s dozráváním se síťuje na strukturální protein s funkcí pohybovou a schopností fixovat k sobě bičík a spermii. Integrita a pohyblivost spermie je ohrožena při nedostatku selenu pro syntézu této GPx (Kvíčala, 2003a). Snížení fertility u mužů je spojeno s oxidačním poškozením spermií. Lidské spermie jsou zranitelné, protože mají vysoký obsah nenasycených mastných kyselin, které jsou nezbytné k usnadnění spojení s oocytom. Nenasycené mastné kyseliny jsou bohaté na dvojně vazby a jsou náchylné k oxidaci. Některé studie ukazují, že funkce spermií může být zlepšena přidáním antioxidantů (Poston a kol., 2001). Během těhotenství dochází k placentárnímu převodu selenu z matky do plodu. U žen byl zjištěn se sníženým stavem selenu zvýšený počet potratů v prvním trimestru těhotenství. Předpokládá se, že snížená antioxidantní ochrana membrán a DNA nízkými aktivitami GPx v počátku těhotenství může mít za následek rané potraty (Kvíčala, 1999, Kvíčala 2003a).

11.4 Antikarcinogenní účinky selenu

Vinceti a kol. (2013) uvádí, že selen má schopnost inhibovat růst nádorových buněk. Nádorová buňka přednostně vstřebává z extracelulární tekutiny sloučeniny selenu, v buňce selen reaguje s glutathionem, dochází k poškození glutathionu, což může vyústit v smrt nádorové buňky (Holeček, 2010).

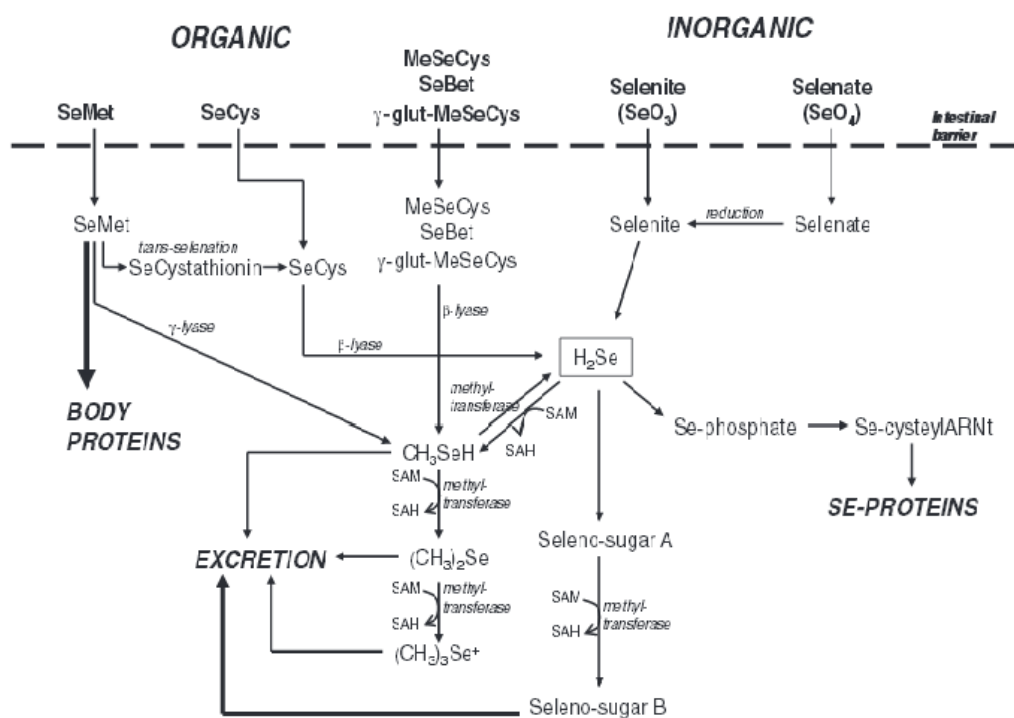
Existuje velké množství studií, které zkoumají účinky selenu proti rakovině. Jeho účinky jsou specifické pro daný druh rakoviny. Záleží na dávce selenu, na jeho biologické dostupnosti a typu rakoviny, která může být ovlivněna genotypem (Fairweather-Tait a kol., 2011). Některé studie poskytly důkazy o příznivém vlivu selenu na riziko rakoviny plic, močového měchýře, tlustého střeva, jater, jícnu a štítné žlázy. (Rayman, 2012). Také bylo zjištěno, že koncentrace selenu v séru nad 151 ng/ml byla spojena se sníženým rizikem rakoviny prostaty. (Fairweather-Tait a kol., 2011). Nedávná studie SELECT naopak ukázala, že suplementace selenem u výskytu rakoviny prostaty neposkytla žádný okamžitý prospěch a ve skutečnosti může mít za následek její zvýšení (Lener a kol., 2013). Fairweather-Tait (2011) ve své práci uvádí, že suplementace selenem byla spojena s 25-60 % snížením gastrointestinálních nádorů.

12. Metabolismus

Selen se dostává do lidského organismu přes potravu nebo dýchací ústrojí. Účinnost resorpce selenu v gastrointestinálním traktu člověka je dosti vysoká, ale závislá na přítomné formě selenu. U selenomethioninu byla zjištěna resorpce z 95-97 %, zatímco seleničitanu se vstřebává 44-76 %. Selenomethionin je resorbován mechanismem aktivního transportu, který využívá aktivních míst pro methionin. Naproti tomu seleničitan a také selenocystin se resorbují pasivně (pouze ve směru koncepního gradientu). Vstřebaný selen se v krvi připojí na erytrocyty a plazmatické bílkoviny (albuminy a globuliny), a pak je transportován do všech tkání. Při resorpci a metabolismu sloučenin selenu hraje důležitou úlohu redukovaný glutathion (G-SH) a cystein. Anorganické sloučeniny selenu jsou v organismu metabolizovány za vzniku tzv. selenotrisulfidů R-S-Se-S-R. Reakcí G-SH se seleničitanem vzniká např. selenotrisulfid nazývaný selenodiglutathion G-S-Se-S-G. Při nadbytku glutathionu vzniká nestálá sloučenina G-S-SeH, která se rozkládá na

selan (selenovodík, H_2Se) a glutathion. Aminokyseliny obsahující selen se metabolizují methylačními reakcemi. Např. methylacíselenocysteinu vzniká sloučenina $(CH_3)_2Se^+-CH_2-CH(NH_2)COOH$, která se rozkládá na alanin a těkavý dimethylselenid $(CH_3)_2Se$. Další methylacídimehylselenidu vzniká trimethylselenoniový ion $(CH_3)_3Se^+$. Z těla je selen vylučován nejvíce močí (cca 60 %). Hlavní sloučenina selenu v moči je trimethylselenonium. Část selenu je vylučována také plicemi ve formě těkavých sloučenin (dimethylselenid, dimethyldiselenid, selan) a část potem (Frączek a Pasternak, 2013, Velíšek, 1999).

Obr. č. 4: Metabolismus selenu u člověka (Thiry a kol., 2011)



13. Výživa jednotlivých kategorií obyvatelstva

13.1 Stav selenu u obyvatel ČR

Normální hladiny selenu v půdě se pohybují od 0,1 do 2,0 mg/kg sušiny (Velíšek, 1999). Česká republika patří ale k zemím s velmi nízkými koncentracemi selenu v půdě. Podle Heczkové (2009) se jedná o hodnoty v rozmezí 0,07 – 0,12

mg/kg. V podmínkách České republiky je přívod v průměru 36 μg selenu na jedince a den (Heczková, 2009). V závislosti na dané lokalitě se stav selenu snižuje ve směru od severu k jihu ČR, přičemž nejnižší hodnoty byly naměřeny na Znojemsku, Jindřichohradecku a Klatovsku. Průměrná koncentrace pro více než 2900 obyvatel 11 regionů je 56 ± 15 μg Se/l séra, průměr pro 1300 dětí ve věku 6, 10 a 13 let je 50 ± 12 μg Se/l séra a pro dospělé (1400 probandů ve věku 18-65 let) je 60 ± 14 μg Se/l. Rozdíly mezi mužskými a ženskými pohlavími byly sice v některých regionech zaznamenány, ale při celkových statistických výpočtech se nijak neprojeví. Téměř polovina obyvatel ČR spadá do limitu mezi 20 a 55 μg Se/l séra, tj. do rozmezí silného deficitu se zvýšeným rizikem výskytu kardiovaskulárních, zánětlivých a neurodegenerativních onemocnění (Kvíčala, 2003b).

Na základě sledování potřeb organismu a příjmu selenu bylo vypracováno několik národních i nadnárodních systémů doporučení denního příjmu selenu. WHO (světová zdravotnická organizace) stanovila denní doporučený příjem selenu v množství 50 – 200 $\mu\text{g}/\text{den}$. Za optimální považuje příjem 1 $\mu\text{g}/\text{kg}$ tělesné hmotnosti. V ČR byly v roce 1989 stanoveny hodnoty doporučené denní dávky pro selen, a to 70 μg selenu/den u dospělých mužů a 55 μg selenu/den u dospělých žen. Je však podán návrh výživových doporučených dávek pro selen, který se připojil k doporučením WHO, což činí 55 μg selenu/den pro muže i ženy (Heczková, 2009).

Tab. č. 3: Výživové doporučené dávky USA (RDA) (Ošancová,1998)

Kategorie	Věk	Selen (µg)
Děti	0,0 – 0,5	10
	0,6 – 1,0	15
	1 – 3	20
	4 – 6	20
	7 – 10	30
Muži	11 – 14	40
	15 – 18	50
	19 – 24	70
	25 – 50	70
	50 +	70
Ženy	11 – 14	45
	15 – 18	50
	19 – 24	55
	25 – 50	55
	50 +	55
Těhotné ženy Kojící ženy	0 – 6 měs.	75
	+ 6 měs.	75

Recommended Dietary Allowances (RDA) patří k nejznámějším doporučeným dávkám, které byly převzaty i jinými zeměmi. Poslední revidované vydání vyšlo v roce 1989, které je znázorňuje tabulka č.1.

13.2 Výživa dětí

Výživu dětí v prvním období kojeneckého věku zahrnuje pouze mléčná strava. Dítě je kojeno mateřským mlékem do konce 6. měsíce, kojení však může pokračovat do dvou let i více. Pokud nemůže být dítě z určitých důvodů kojeno mateřským mlékem, musí se přejít na umělou kojeneckou výživu, tzv. počáteční mléko (Nevoral a kol., 2003).

Tab. č. 4: Doporučené dávky pro kojence a batolata (Nevoral a kol., 2003)

Živina	0 – 6 měs. (na kg/den)	6 – 12 měs. (na kg/den)	1-3 roky (na kg/den)
Selen (µg)	1,67	1,67	1,54

Celkové složení mateřského mléka je závislé na výživovém stavu matky a její aktuální denní výživě. Proto musí dbát matka na dostatečný přísun selenu prostřednictvím pestré stravy. Mateřské mléko se vyvíjí v závislosti na akutních

výživových potřebách adaptujícího se novorozence. Složení mateřského mléka se mění nejen v průběhu kojení, ale i během celého laktačního období (Müllerová, 2003). Koncentrace selenu v mléce se pohybují v rozmezí 0,013 až 0,053 µg/ml (Hronek, 2004).

V následující tabulce jsou patrné rozdíly v obsahu selenu u mateřského mléka a umělé kojenecké výživy. Děti kojené umělou kojeneckou výživou přijímají denně méně selenu než děti kojené mateřským mlékem (Smith a kol., 1982).

Tab. č. 5: Průměrný denní příjem selenu ve 3 měsících (Smith a kol., 1982)

Skupina	Dietní příjem	Příjem selenu
	ml/den	µg/den
Mateřské mléko	683±94	10,08±2,96
Umělá kojenecká výživa	845±147	7,22±1,26

V další tabulce jsou uvedeny podle vyhlášky č. 54/2004 Sb., o potravinách určených pro zvláštní výživu a o způsobu jejich použití, § 5, doporučené výživové hodnoty pro umělou kojeneckou výživu, mezi nimiž se nachází i prvek selen.

Tab. č. 6: Obilné a ostatní příkrmy pro kojence a malé děti

Minerální látka	Jednotka	Referenční hodnota pro označování
Selen	mikrogram	10

Tab. č. 7: Počáteční a pokračovací kojenecká výživa

Minerální látka	Jednotka	Referenční hodnota pro označování
Selen	mikrogram	20

Podle obsahu jednotlivých složek se mléko dělí na kolostrum, mléko přechodné a mléko zralé (Müllerová, 2003). Smith a kol. (1982) uvádí, že mezi mlezivem, přechodným a zralým mateřským mlékem je výrazný rozdíl v obsahu selenu. Nejvyšší obsah selenu se nachází v mlezivu a nejnižší obsah ve zralém mléce. Li a kol. (1999) provedli výzkum týkající se rozboru mateřského mléka rakouských žen v prvních deseti měsících laktace. Po porodu se snížila průměrná koncentrace selenu v mateřském mléce z 23,9±12,0 µg/l v mlezivu na 11,4±3,0 µg/l ve zralém

mléce. Kojenci přijímali v průběhu prvních třech měsíců života dostatečné množství selenu a to více než 8,2 µg/den. Smith a kol. (1982) ve své práci zmiňují, že změny v obsahu selenu v mateřském mléce odebraném před a po kojení nebyly pozorovány.

Tab. č. 8: Průměrná koncentrace selenu v předním a zadním mléce v různých fázích laktace (Smith a kol., 1982)

Mléko	Fáze laktace			
	2 týdny	1 měsíc	2 měsíce	3 měsíce
	ng/ml	ng/ml	ng/ml	ng/ml
Přední	15,7±4,9	14,4±1,6	14,1±3,2	13,9±3,2
Zadní	16,3±4,8	15,2±3,2	15,9±3,4	16,4±3,1

Po přepočtu nanogramů na miligramy a denně vypitého mléka se dostáváme přibližně na příjem 10 µg Se/den jak je uvedeno i v tabulce č. 5.

V období od jednoho roku do šesti let se zpomaluje růst, snižuje se chuť k jídlu, ztrácí se zájem o jídlo a zvyšuje se zájem o okolní svět. Dítě může být také závislé na jedné potravíně. To však může vést k nerovnováze ve výživě a proto by si na to rodiče měli dát pozor. Vzhledem k takto nevyzpytatelnému chování dětí se doporučuje nabízet dětem rozmanitá jídla s různou chutí, konzistencí a teplotou. Nesmíme zapomenout na pestrost stravy a do jídelníčku bychom měli zařadit maso, ryby, drůbež, luštěniny, zeleninu, ovoce, cereálie a v dostatečném množství mléko a mléčné výrobky (Nevoral a kol., 2003).

Tab. č. 9: Výživové doporučené dávky a referenční hodnoty (množství na den) (Kudlová a Mydlilová, 2005)

	Doporučené dávky minerálů a vitaminů FAO/WHO, 2002		Referenční hodnoty D-A-CH 2000		Referenční hodnoty pro značení potravin	
	7-11 měsíců	1-3 roky	4-11 měsíců	1-3 roky	ČR vyhl. 54/2004 Sb.	Navržené EU 2003
Věk	7-11 měsíců	1-3 roky	4-11 měsíců	1-3 roky	6 měsíců -3 roky	6 měsíců -3 roky
Selen (µg)	10	17	7-40 ^A	10-40 ^A	10	20

A = odhadovaná hodnota, která nebyla stanovena se žádnou přesností

U adolescentů a dětí školního věku se často objevují nesprávné stravovací návyky, které mohou mít za následek též nedostatečný příjem selenu, který může

vést k projevům různých onemocnění, jako např. cyklická fibróza, celiakie, idiopatická zánětlivá střevní onemocnění atd. Dostatečným příjmem selenu děti předejdou snížení fragility kostí a jejich imunita bude posílena (Nevoral a kol., 2003). Selen může hrát roli v progresi respiračních infekcí v dětství a může být rizikovým faktorem pro rozvoj dušnosti (Kocabas a kol., 2006). Selen také ovlivňuje hematologické parametry. Hemoglobin obsahující železitou formu Fe^{3+} se nazývá methemoglobin. Tato forma hemoglobinu nemá schopnost přenášet kyslík. Díky svému antioxidačnímu působení přispívá glutathion peroxidáza k prevenci tvorby methemoglobinu, při jehož nadměrném množství vzniká u dětí anémie (Gürgöze a kol., 2004). Nedostatek selenu vyvolává zpomalení růstu. Retardace růstu a osteopenie jsou také charakteristické u dětí trpících fenylketonurií. Při nedostatečném příjmu je selen přednostně dodáván do mozku, reprodukčních a endokrinních orgánů. V důsledku toho dochází nejprve k poškození srdce, kosterních svalů a jater (Moreno-Reyes a kol., 2001). Konzumace alkoholu mezi dospívajícími může vést k nedostatku stopových prvků, včetně selenu. Škodlivé účinky alkoholu na náladu, chování a poznání mohou být částečně zprostředkovány biologickými změnami spojenými s nedostatkem selenu. Vyšší příznaky deprese také vykazují jedinci krmění stravou s nízkým obsahem selenu. Preventivní a terapeutické sloučeniny obsahující selen mohou být prospěšné pro tyto psychiatrické a neurologické stavy (Donma a Donma, 2010). Doporučené výživové dávky selenu pro tuto kategorii jsou uvedeny také v tabulce č. 3.

13.3 Výživa těhotných a kojících žen

Selen hraje velmi důležitou roli už v období těhotenství. Proto by se měla žena, která se rozhodne počít dítě, zaměřit na pestrou stravu dodávající tělu dostatečný příjem minerálních látek. Matka by měla být připravena na vyváženou stravu minimálně v posledních 3 měsících před plánovaným těhotenstvím (Müllerová, 2004). Jedná se o tzv. prekoncepční výživu, která je důležitou součástí prekoncepční péče předcházející vzniku řady patologických stavů nejen u plodu ale i u budoucí matky a má také za úkol zabezpečit správný průběh těhotenství (Hronek, 2004). Jídelníček by měl obsahovat v dostatečném množství celozrnné obiloviny, zeleninu a ovoce, libové maso, ryby, ořechy, luštěniny a mléčné výrobky. Zvýšená opatrnost by měla být zaměřena při konzumaci vnitřností, i přes to, že jsou bohatých zdrojem selenu. Mohou totiž obsahovat v tučích rozpuštěné kontaminující látky.

Vnitřnosti také obsahují vysoké koncentrace vitamínu A, který může poškodit plod (Müllerová, 2004).

Během těhotenství, po porodu a v období kojení dochází ke zvýšeným nárokům na metabolismus matky. V době gravidity musí být zabezpečeny zvýšené nutriční potřeby jak vyvíjejícího se plodu, tak nově vznikajících funkčních orgánů či zvětšujících se podpůrných tkání zabezpečujících těhotenství a následnou laktaci. V období kojení jsou pak tyto nároky ještě vyšší při tvorbě mateřského mléka k výživě kojence. Selen se do plodu dostává přes transplacentární bariéru a jeho množství je odvislé od příjmu potravy matkou. To samé platí i u tvorby mateřského mléka, které může být ochuzeno o tento stopový prvek a ovlivnit tak vývoj novorozence (Müllerová, 2004).

Při nedostatečném příjmu nutrientů není organismus matky schopen kompenzovat nedostatečnou výživu zvýšenou účinností a růst a vývoj plodu trpí závažnými vrozenými malformacemi. Při vysokých dávkách působí selen teratogenně. Může u plodu vyvolat vznik vrozených vývojových vad a defektů. Předpokládá se, že výživa plodu během gravidity může ovlivňovat výskyt kardiovaskulárních onemocnění v dospělém věku (Hronek, 2004, Müllerová, 2004). Aby se předešlo různým zdravotním komplikacím během těhotenství a po porodu, je zapotřebí u deficitního výživového stavu matky zvýšit příjem potravin s vysokým obsahem potřebných látek nebo požívat potravinové doplňky na bázi selenu (Hronek, 2004).

Glutathionperoxidázy mají zvláštní význam pro reprodukci a těhotenství. Hrají klíčovou roli při snižování peroxidu vodíku a peroxidů lipidů na neškodné produkty, čímž se tlumí šíření škodlivých reaktivních forem kyslíku (ROS). GPx pomáhají udržovat integritu membrány, omezovat šíření oxidačního poškození lipidů, lipoproteinů a DNA. Četné studie uvádějí, že nedostatek selenu je spojen s reprodukčními a porodnickými komplikacemi, včetně ženské neplodnosti, potratu, fetální růstové retardace, gestačního diabetu a porodnické cholestázy (Mistry a kol., 2012). Nízké koncentrace selenu v plazmě a placentě v raném těhotenství jsou spojeny také s gestační hypertenzí a preeklampsií, které způsobují předčasný porod (Rayman a kol., 2011).

Dostatečné koncentrace selenu jsou důležité při oplodnění vajíček. Oxidační stres může ovlivnit kvalitu oocytů. Při nadměrné syntéze ROS (volných kyslíkových radikálů) se zhoršuje zrání oocytů a nedostatečná intracelulární antioxidační kapacita (zejména nízké koncentrace redukováného glutathionu) může omezit úspěšnost ovulace a oplodnění. Problém může nastat také u obézních žen. Tyto ženy mají vysokou míru neplodnosti, která je často spojena s nižším úspěchem oplodnění oocytů nebo s poruchami embryonálního vývoje. Je to způsobeno zvyšováním biomarkerů oxidačního stresu v krvi (Poston a kol., 2011).

Důležitý je dostatečný příjem selenu v průběhu nitroděložního růstu, tj. v období prudkého růstu, vývoje a diferenciací tkání, kdy se selen nejen potřebuje pro buněčné funkce, ale i pro nově se tvořící buňky. Nejvyšší orgánovou preferenci má při nedostatku selenu mozek. Vývoj mozku je spojen s aktivitou dejodázy a následným zásobením všech orgánů, ale zejména mozku, thyromimeticky aktivním hormonem. Již na počátku 2. trimestru gravidity si začíná plod syntetizovat vlastní thyroideální hormony, zejména tetrajódtironin T4. Jako hormon je však využíván trijódtironin T3, který musí být vyroben z T4 dejodací a tuto reakci katalyzuje výhradně skupina selenoenzymů dejodáz. Další důležitou skupinou selenoenzymů nutných zejména v obdobích prudkého dělení buněk jsou thioredoxin reduktázy (Kvíčala, 2004). Nedostatek iodthyronin 5'dejodázy u těhotných matek vyvolaný deficitem selenu způsobí snížení katabolismu tyroxinu na trijódtironin a tím se zvýší dostupnost mateřského tyroxinu pro plod a jeho mozek (Delange, 2001). Osman a kol. (2000) zjistili, že koncentrace selenu v placentě byla téměř třikrát vyšší než v séru matky a čtyřikrát vyšší než ve fetálním séru. Vysoké koncentrace selenu v placentě pravděpodobně odráží potřebu vysoké úrovně glutathionperoxidázy s cílem zabránit prooxidantům (látkám vytvářejícím volné radikály) při průchodu placentou. To může vysvětlit, proč se díky nízkým hladinám selenu zvyšuje zranitelnost vůči toxickým látkám.

Spotřeba selenu u kojících žen je o 37% více než u nekojících žen, protože spotřebují v průměru o 45% více kalorií. Kojící matky přijímají též v průměru o 54% více bílkovin oproti nekojícím ženám. Kojící a nekojící matky spotřebují méně selenu během prvních tří měsíců po porodu než během posledních týdnů těhotenství, jak je tomu znázorněno v tabulce č. 10 (Levander a kol., 1987).

Tab. č. 10: Příjem selenu (v $\mu\text{g}/\text{den}$) kojícími a nekojícími matkami během těhotenství a 1, 3 a 6 měsíců po porodu (Levander a kol., 1987)

Období	Kojící matky	Nekojící matky
Těhotenství (37 týdnů)	97 \pm 4	73 \pm 6
1 měsíc po porodu	84 \pm 4	63 \pm 6
3 měsíce po porodu	84 \pm 4	56 \pm 6
6 měsíců po porodu	87 \pm 4	69 \pm 6

Tab. č. 11: Americké výživové doporučené dávky (Müllerová, 2004)

	Dospělé ženy	Těhotné	Kojící ženy (0.-6. měsíc)
Selen ($\mu\text{g}/\text{den}$)	55	60	70

Tab. č. 12: Výživová doporučení podle Evropské unie (Müllerová, 2004)

	Ženy	Těhotné	Kojící v prvních 6 měsících po porodu
Selen ($\mu\text{g}/\text{den}$)	55	55	70

Podle Veliška (1999) by se denní dávka selenu u těhotných a kojících měla pohybovat v rozmezí 65-75 μg .

Zvláštní pozornost a péče by měla být věnována těhotným ženám trpícím již před otěhotněním poruchami metabolismu (diabetes mellitus 1. typu) či závažným chronickým onemocněním zažívacího traktu, jater, ledvin apod. Pozornost by měla být také zaměřena na těhotné ženy trpící celiakií, alergií na kravskou bíkovinu, fenylketonurií, preeklampsii, těhotenskou cukrovkou a další. Za rizikové se během těhotenství pokládá i alternativní výživa. Matky by si měly uvědomit, že své dítě tak vystavují zbytečným rizikům, které mohou nastat z nedostatečného příjmu bílkovin a minerálů (Müllerová, 2004).

13.4 Výživa seniorů

V naší populaci se začíná stále více šířit obezita, ze seniorů je obézních 60 až 70%. Se stoupající hmotností tak dochází ke zvyšování výskytu srdečních a nádorových onemocnění. Právě na tyto kardiovaskulární choroby umírá v České republice nejvíce lidí a to přibližně polovina z celkového počtu mrtvých. Může za to nedostatečně pestrá strava, snížená pohybová aktivita, výrazný vzestup podílu

tělesného tuku a také kombinace různých druhů onemocnění. Nedostatečný příjem minerálních látek může být způsoben dodržováním různých dietních omezení a doporučení, která vyplývají buď z důvodu podstaty onemocnění, nebo jsou potřebná vzhledem k používaným lékům nebo se jedná o kombinaci obojího (Pit'ha a Poledne, 2009). U seniorů může také nastat podvýživa z nedostatečného nebo nevyrovnaného příjmu živin. Příčinou je špatná kvalita chrupu, paradontóza, zubní náhrady, zhoršení chuti a vnímání vůní, snížená tvorba slin, poruchy polykání a trávení, problémy s přípravou a konzumací stravy, psychické poruchy a také socio-ekonomické důvody. Důsledkem podvýživy je snížení tělesné hmotnosti. Úbytek svalové hmoty může být urychlen řadou faktorů včetně nedostatku selenu, inaktivity či chronických onemocnění. S podvýživou je spojeno množství komplikací vedoucích ke zvýšení nemocnosti a úmrtnosti. Mezi komplikace se řadí zpomalené hojení ran, zvýšené riziko infekcí oslabením imunitního systému, hypoproteinémie vedoucí ke vzniku edémů, sklon k trombózám, emboliím atd. (Rambousková a kol., 2013). Z důvodu horší stravitelnosti u seniorů ubývá z jídelníčku zejména drůbeží maso a mléčné výrobky. Tyto kvalitní bílkoviny bohaté na selen jsou pak nahrazovány např. uzeninami.

V tomto věku je také výrazně omezen pohyb, který může být zapříčiněn bolestí v kloubech nebo přítomností několika onemocnění. Vyšší nutriční dávky selenu mohou částečně odpovídat za možnou ochranu před revmatickou artritidou, osteoartritidou nebo osteoporózou (Zeng a kol., 2013). Při nedostatečném pohybu a nedostatečném příjmu kvalitních bílkovin dochází k rychlému úbytku svaloviny a ke snížení bazálního metabolismu (Pit'ha a Poledne, 2009). Stárnutí je také charakterizováno ztrátou svalové síly. S věkem se postupně zvyšuje poškození DNA, proteinů a lipidů účinkem oxidačního stresu a to může vést ke ztrátě svalových buněk a tím ohrozit funkci kosterního svalstva. Selenoenzymy jako je glutathionperoxidáza a glutathion reduktáza chrání svalové buňky před reaktivními formami kyslíku (Lauretani a kol., 2007). Při nedostatku selenu je snížena funkce glutathionperoxidázy, což má za následek oxidační poškození svalů, jak již bylo zmíněno dříve (Ishihara a kol., 1999). V některých výzkumech bylo uvedeno, že po léčbě selenem u dospělých osob se silným nedostatkem selenu došlo ke zlepšení proximální svalové síly. Není ale zcela jasné, zda vyšší příjem selenu stravou zlepši nebo udrží svalovou sílu u starších lidí s nízkými koncentracemi selenu v plazmě

(Lauretani a kol., 2007). Kosterní svalové poruchy spojené s nedostatkem selenu byly také nalezeny u pacientů živených parenterální nebo enterální výživou, nebo v případě malabsorpce (Chariot a Bignani, 2003). Oxidace proteinů poškozuje paměť. Zvláště neurony jsou extrémně citlivé na volné radikály, deficit glutathionu vede k poklesu kognitivních funkcí mozku (Holeček, 2009).

V této věkové kategorii je doporučený denní příjem selenu u žen nad 50 let 55 µg a u mužů nad 50 let je to 70 µg (Ošancová, 1998). Fao uvádí doporučenou dávku selenu u žen nad 65 let 25 µg/den a u mužů nad 65 let 33 µg/den (FAO, 2002). Společná komise expertů WHO a FAO určila nejnižší příjem selenu zaručující zachování pro život nezbytných funkcí selenoproteinů pro muže na 21 µg/den a pro ženy na 16 µg/den. Halamíčková a kol. (2009) provedli výzkum, který byl zaměřen na sledování příjmu selenu ve stravě seniorů u onkologických pacientů a pacientů s diabetickou dietou. U obou diet bylo podle WHO a FAO toho bazální minimum ve všech analyzovaných dnech překročeno. Pouze strava onkologických pacientů nenaplnila denní doporučené dávky selenu, ale také se nelišila od hodnot uváděných pro průměrného konzumenta v mnoha evropských zemích. Tento získaný údaj koresponduje se závěrem expertního odhadu expoziční dávky u starších osob v České republice, která nepřesahuje 0,5 µg Se/kg t. hm./den (Halamíčková a kol, 2009)

13.5 Výživa sportovců

Při sportovní činnosti je třeba zajistit, aby byly svaly dobře zásobené minerálními látkami (Agerbo a Andersen, 1997). Je známo, že vyčerpávající tělesné cvičení zvyšuje produkci volných radikálů a vede k oxidačnímu poškození v mnoha tkáních, mezi nimiž jsou i svaly (Akil a kol., 2011). Kosterní svalstvo při těžké práci vyprodukuje až 50x více ROS (volných kyslíkových radikálů). Ty mohou negativně ovlivňovat výkon sportovců (Agerbo a Andersen, 1997, Holeček, 2009). Namáhavý výkon vede k poklesu redukovaného glutathionu a glutathionperoxidázy, takže se zvyšuje hladina peroxidu vodíku a kyseliny chlorné, které snadno pronikají skrze membrány. Nedostatek glutathionu vede k nekróze svalových fibril a do svalu pronikají fagocytární buňky. Mitochondrie však neumí syntetizovat glutathion a tedy poškození mitochondriálních membrán vede k neschopnosti přenášet glutathion z cytoplazmy do mitochondrií. Radikálové poškození vnitřních membrán způsobí i

pokles tvorby ATP (snížení energie) (Holeček, 2009). Během tělesné zátěže a po ní se mohou vyskytnout změny parametrů krevního selenu, v závislosti na intenzitě výkonu (Heczková, 2009). Některé výzkumy naznačují, že suplementace selenem neovlivní tělesnou výkonnost (Akil a kol., 2011). Nedostatek antioxidantů může snížit fyzický výkon až o 40% (Holeček, 2009).

13.6 Alternativní výživa

O alternativní výživu se zájem v celém západním světě pomalu zvyšuje. Mezi alternativní styly výživy patří vegetariánství a makrobiotika. Vegetariánství dělíme do několika podskupin podle toho, na které skupiny potravin jsou zaměřené. Jedná se o způsob stravování, které odmítá částečně či úplně potraviny živočišného původu. Řadíme sem semivegetariánství, laktoovovegetariánství, laktovegetariánství, veganství a fruitariánství. Semivegetariánství je nejmírnější formou vegetariánství a odmítá pouze tmavé druhy masa a uzeniny. Laktoovovegetariánství neuznává maso, uzeniny ani ryby. Laktovegetariánství přijímá ze živočišných potravin pouze mléko a mléčné výrobky. Veganství nepřipouští žádné živočišné potraviny ani jiné výrobky živočišného původu. Do veganství můžeme zařadit vitariánství, které spočívá v konzumaci syrové stravy, nejčastěji rostlinného původu. Někteří pijí syrové mléko a jedí mléčné výrobky. Většina vitariánů nekonzumuje syrové maso a vejce. Fruitariánství zahrnuje pouze ovoce a v menším množství i ořechy. Makrobiotika je složena ze 40 až 60% z obilovin. Zbytek tvoří zelenina, luštěniny, ryby, ovoce mírného pásma a některé doplňky. Makrobiotika nedoporučuje potraviny živočišného původu a tropické ovoce. (Illková, 2005, Kunová, 2011)

Velké rozdíly existují v odhadovaném denním příjmu selenu mezi vegetariány z různých zemí. Např. ve Švédsku byla naměřena nejnižší hodnota selenu a to 7 µg/den a naopak nejvyšší hodnota byla zaznamenána v Kanadě s denním příjmem 113 µg (Rauma a Mykkänen, 2000). V Německu byl proveden výzkum, zda vegetariáni netrpí nedostatkem selenu. Koncentrace selenu a selenoproteinu P byla snížena zhruba na 80%, zatímco aktivita intracelulární glutathionperoxidázy se nezměnila (Hoeflich a kol., 2010). V jedné americké studii byly měřeny koncentrace selenu v krvi u vegetariánů žijících v Brazílii. Zjištěné hodnoty byly vyhodnoceny jako dostatečné (de Bortoli a Franciscato Cozzolino, 2009).

Alternativní strava přináší ve srovnání s běžnou stravou jisté zdravotní výhody. Výsledky epidemiologických studií ukazují, že vegetariáni mají oproti lidem konzumujícím běžnou stravu nižší úmrtnost na ischemické choroby srdeční, cerebrovaskulární onemocnění a diabetes mellitus 2. typu. Nicméně existují obavy, že špatně sestavený jídelníček veganů a vegetariánů může být v důsledku nedostatku živin spojen se zdravotními riziky (Li, 2014). Tyto skupiny lidí se ochuzují o živočišné potraviny, které jsou na selen bohaté, jako je např. maso a vnitřnosti, s obsahem v rozmezí od 0,1 až přes 1 mg Se/kg (Dunne a Kirschmann, 1990). Naopak v zelenině a ovoci je obsah selenu velmi nízký, nepřekračující hodnoty 0,01 mg Se/kg (Heczková, 2009). Za vhodný doplňkový zdroj se mohou považovat např. para ořechy s obsahem více než 5 mg Se/kg (Thiry a kol., 2012).

14. Potravinové doplňky

Po celém světě je k dispozici mnoho různých formulací potravinových doplňků s různými dávkami a formami selenu. Selen je často zahrnut v multivitaminových nebo minerálních doplňcích. Obsah selenu u potravinových doplňků analyzovaných ve Spojených státech ukazuje, že poskytují mezi 10 až 200 μg Se/den. (Fairweather-Tait a kol., 2011). Dostupnost selenových produktů na trhu je snadná, avšak jejich nekontrolovaná spotřeba může pro spotřebitele představovat nebezpečí v důsledku předávkování. Záleží také na dodávané chemické formě tohoto prvku. Potravinové doplňky obvykle neuvádějí formy selenu, ale jeho celkový obsah. Mezi nejčastěji používané formy selenu v potravinových doplňcích patří selenan Se (VI), seleničitan Se (IV), selenomethionin nebo kvasnice, většinou obohacené selenem (Zembrzuska a kol., 2014). Vale a kol. (2010) naopak uvádí jako nejčastěji se vyskytující formy selenu v doplňcích Selenocystein, Se-methylselenocystein, selenomethionin a Se-methylselenomethionin. Absorpce selenu ve formě seleničitanu je více než 80%, ale u selenomethioninu nebo selenanu je absorpce vyšší, až 90% (FAO, 2002). Fairweather-Tait a kol. (2010) uvádí téměř shodné údaje, absorpci selenanu na 100 %, absorpci selenomethioninu na 90 % a absorpci seleničitanu více jak na 50 %. Na základě výzkumu podle Zembrzuska a kol. (2014) byl u všech tablet podrobených rozborům stanoven mnohem nižší obsah selenu než bylo uvedeno výrobcem na obalu. U tablet obsahujících i vitamin C byla většina anorganických forem snížena z části (selenan) nebo úplně (seleničitan) vysokým

přebytkem vitamínu C (tento přebytek byl v porovnání se selenanem a seleničitanem 2400-5000 krát vyšší). I když se očekává, že bude hlavní složkou většiny potravinových doplňků selenomethionin, v převážné většině chybí. Také údaje na obalech produktů o detailních znalostech přítomných forem selenu nejsou často uvedeny. Některé potravinové doplňky obsahují takové formy selenu, které neodpovídají používaným standardům. Vyskytují se i nepravdivá tvrzení o formách údajně přítomných, které jsou zastoupeny úplně jinými formami (Vale a kol., 2010). Z potravinových doplňků je k dispozici na českém trhu cca 10 výrobků celkem od 24 českých i zahraničních firem, které jsou obvykle běžně k dostání v dobře zásobených lékárnách. Většina výrobků obsahuje jako zdroj selenu kvasnice obohacené selenem. Výrobky s obsahem anorganického selenu pochází obvykle z USA a Kanady. Průměrný obsah selenu na denní dávku se dle produktu pohybuje kolem 30 µg/den, nejvyšší sledovaná dávka je 100 µg/den a nejnižší u sledovaných výrobků 8,4 µg/den (Řepík a kol., 2005).

Tab. č. 13: Přehled potravinových doplňků obsahující selen

Název výrobku	Název výrobce	Složení, Forma selenu	Lékárna	Počet tablet	Cena
Bioaktivní Selen + Zinek Forte	Pharma Nord	Vit. C, vit. A, vit. E, vit. B6, Zn, Se (kvasnice s organicky vázaným Se)	lekarna.cz	60 tbl.	342 Kč
Selzink Plus	Pro. Med. CS Praha a. s.	Vit. C, Zn, Se (pentahydrát seleničitanu sodného)	lekarna.cz	50 tbl.	131 Kč
Silymarin selen	Favea	1 tbl. fytoosteroly (10 mg), Se (selenomethionin, 25 µg)	gigalekarna.cz	40 tbl.	177 Kč
Bioaktivní Selenoprecise	Pharma Nord	přes 30 organicky vázaných slouč. Se včetně L-selenomethionin, 1 tbl. 50 µg	lekarna.cz	60 tbl.	216 Kč
Harmony Line Selen + Zinek	Teva pharmaceuticals Cr s.r.o. Praha	Zn, Se (kvasnice obohacené selenem, 1 tbl. 30 µg)	lekarna.cz	30 tbl.	76 Kč
Selen	Medpharma s.r.o	selenan sodný, 1 tbl. 100 µg	lekarna.cz	107 tbl.	92 Kč
Selenium Star	Starlife	selen vázaný na bílkoviny kvasinek, 1 tbl. 50 µg	001shop.cz	90 tbl.	279 Kč
Selen	Solgar	L-selenomethionin, 100 µg	001shop.cz	100 tbl.	330 Kč
Edenpharma Zinek Selen	Vitamax	Zn, Se (selen ve formě L-selenomethioninu, 1 tbl. 50 µg)	lekarna.cz	100 tbl.	122 Kč
Selen 100 µg	Walmark	kvasnice obohacené selenem	manitera.cz	100 tbl.	145 Kč
Selen	Nature's Bounty	kvasnice obohacené selenem, 1 tbl. 100 µg	klubzdravi.cz	100 tbl.	154 Kč
Dia Plus stabil-forte	Mega	Cr, Zn a Se (seleničitan sodný)	24-lekarna.cz	50 tbl.	82 Kč

U vypsáných potravinových doplňků bylo uvedeno dávkování 1-2 tablety denně.

Zdroje:

<http://www.lekarna.cz/bioaktivni-selen-zinek-forte-tbl-60/>,

<http://www.lekarna.cz/selzink-plus-tbl-50/>,

<http://www.gigalekarna.cz/produkt/silymarin-selen-40-tablet/>,

<http://www.lekarna.cz/bioaktivni-selenoprecise-tbl-60/>,

<http://www.lekarna.cz/harmony-line-selen-zinek-tob-30/>,

<http://www.lekarna.cz/medpharma-selen-100-mcg-tbl-107/>,

<http://www.001shop.cz/p/selenium-star/>,

<http://www.001shop.cz/p/selen/>,

<http://www.lekarna.cz/edenpharma-zinek-selen-tbl-100/>,

<http://www.manitera.cz/vitaminy/mineraly/selen/walmart-selen-0-100-mg-100-tablet-p-42292>,

http://www.klubzdravi.cz/produkty/selen-100-mcg_765.aspx,

<http://www.24-lekarna.cz/Potravni-doplňky/Pro-diabetiky/DIA-PLUS-stabil-forte-tbl-50>.

15. Závěr

Selen je stopový prvek, který plní řadu biochemických funkcí v lidském organismu. Ještě do nedávné doby se o selenu mnoho nevědělo. Díky modernizaci technologií a internetovým médiím dochází ke snadnějšímu přístupu informací a tím se zvyšuje informovanost obyvatelstva o selenu. V současnosti se jeho výzkumem zabývá mnoho studií. Některé funkce selenu však nejsou ještě zcela objasněny. Uvádí se, že dostatečné množství selenu v těle působí jako prevence před vznikem různých onemocnění a typů rakovin. Dostatečné dávky selenu mohou naopak vyřešit problémy s neplodností a posílit celkovou imunitu. U dětí při nedostatku selenu hrozí riziko vzniku vrozených vad a vývojových poruch. Děti mohou také trpět dušností či depresí. U seniorů je nedostatek selenu spojen s revmatickou artritidou, osteoporózou nebo ztrátou svalové hmoty.

V České republice byly u obyvatelstva naměřeny velmi nízké hladiny selenu v krevním séru. Denní příjem selenu se pohybuje v průměru 36 µg a je srovnatelný s okolními zeměmi. Současné denní doporučené dávky selenu jsou stanoveny na 55 µg a v našich podmínkách jsou těžko dosažitelné normální stravou. Tento nedostatek lze řešit případnou konzumací ryb, vnitřností nebo para ořechů, které představují nejbohatší zdroj selenu ze všech potravinových zdrojů. Zvýšením obsahu selenu v potravinách se dá docílit po jeho přidání do hnojiv či podáním obohacených kvasnic selenem hospodářským zvířatům. Další způsob jak zvýšit suplementaci selenem je použití potravinových doplňků selen obsahujících, kterých je na trhu celá řada. Problém ale nastává u poskytování informací týkajících se forem selenu. Více jak polovina těchto výrobků formy selenu neuvádí a podle nejnovějších výzkumů se na obalech občas vyskytují lživé informace. Pokud by i přes to chtěl člověk začít užívat potravinové doplňky, měl by raději dát přednost organickým formám selenu před anorganickými, které jsou pro organismus lépe využitelné. Ve stravě ale existuje velmi lehká rovnováha mezi jednotlivými minerály, která by mohla být velkými dávkami selenu porušena, proto doporučuji spíše pestrou a vyváženou stravu s dostatečným obsahem selenu.

Budoucí studie zabývající se selen by se mohli zaměřit na jeho ztráty při úpravě potravin a taktéž by měly tabulky obsahovat kromě obsahu selenu v potravinách i jeho ztráty při zpracování potravin.

16. Seznam použité literatury

Agerbo, Pia & Hanne Fejer Andersen. *Vitaminy a minerály pro zdravý život*. 1. vyd. Přeložil Lubomír Soukup. Praha: Ferrosan A/S, 1997, 146 s. ISBN 80-7169-489-4.

Akil, M., Gurbuz, U., Bicer, M., Sivrikaya, A., Mogulkoc, R., Batlaci, A. K. (2011): *Effect of selenium supplementation on lipid peroxidation, antioxidant enzymes, and lactate levels in rats immediately after acute swimming exercise*. Biological Trace Element Research. 142(3): 651-659.

Balch, J. F., P. A. Balch a P. Kaas. *Bible předpisů zdravé výživy*. Praha: Pragma, 1998, 564 s. ISBN 80-7205-637-9.

Bankhofer, Hademar. *Bio-selen: přirozená obrana vašeho imunitního systému*. 1. vyd. Olomouc: Fin, 1996. 151 s. ISBN 80-7182-029-6.

ČUVARDIĆ, Maja S. (2003): *Selenium in soil*. Zbornik Matice Srpske za Prirodne Nauke. 2003(104): 23-37.

de Bortoli, Maritsa Carla a Silvia Maria Franciscato Cozzolino. (2009): *Zinc and selenium nutritional status in vegetarians*. Biological Trace Element Research. 127(3): 228-233.

Delange, F. (2001): *Iodine deficiency as a cause of brain damage*. Postgraduate Medical Journal. 77(906): 217-220.

Díaz-Alarcón, J. P., Navarro-Alarcón, M., López-García de la Serrana, H., López-Martínez, M. C. (1996): *Determination of selenium in meat products by hydride generation atomic absorption spectrometry – selenium levels in meat, organ meats, and sausages in Spain*. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 44(6): 1494-1497.

Donma, M. Metin a Orkide Donma. (2010): *Trace elements and physical activity in children and adolescents with depression*. Turkish Journal of Medical Sciences. 40(3): 323-333.

Dunne, Lavon J a John D Kirschmann. *Nutrition almanach*. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 1990, 340 s. ISBN 0-07-034912-6.

Eichler, Štěpán a Oto Mestek. *Specializační analýza selenu s využitím HPLC a ICP/MS pro výzkum distribuce selenu v bariérách jaderného úložiště*. Chemické listy. 2011, s. 24-26.

Fairweather-Tait, S. J., Bao, Y., Broadley, M. R., Collings, R., Ford, D., Hesketh, J. E., Hurst, R. (2011): *Selenium in human health and disease*. Antioxidants & Redox Signaling. 14(7): 1337-1383.

Fairweather-Tait, S. J., Collings, R., Hurst, R. (2010): *Selenium bioavailability: current knowledge and future research requirements*. American Journal of Clinical Nutrition. 91(5): 1484S-1491S.

FAO: *Vitamin and mineral requirements in human nutrition*. 2002. ISBN 92 4 154612 3. Dostupné z: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/004/y2809e/y2809e00.pdf>.

Ferenčík, M. a L. Ebringer. (2003): *Modulatory effects of selenium and zinc on the immune system*. Folia Microbiologica. 48(3): 417-426.

Frańczek, Anna a Kazimierz Pasternak. (2013): *Selenium in medicine and treatment*. Journal of Elementology. 18(1): 145-163.

Fuchs, Ota. *Selenoproteiny*. Chemické listy. 1996, č. 7, s. 444-450. ISSN 0009-2770.

Gao, J., Liu, Y., Huang, Y., Lin, Z., Bañuelos, G. S., Lam, M. H., Yin, X. (2011): *Daily selenium intake in a moderate selenium deficiency area of Suzhou, China*. Food Chemistry. 126(3): 1088-1093.

Gürgöze, M. K., Aygün, A. D., Ölçücü, A., Doğan, Y., Yılmaz, E. (2004): *Plasma selenium status in children with iron deficiency anemia*. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. 18(2): 193-196.

Halamíčková, A., Stavělová, H., Malota, L., Kopřiva, V. *Dietní dávka selenu u seniorů s onkologickým a diabetickým onemocněním*. 2009, č. 2, s. 52-56. ISSN 1802-6281.

Heczková, K. *Vliv selenu na kolorektální karcinom*. *Výživa a potraviny*. Praha: Společnost pro výživu. 2009, č. 1. ISSN 1211-846X.

Hoeflich, J., Hollenbach, B., Behrends, T., Hoeg, A., Stosnach, H., Schomburg, L. (2010): *The choice of biomarkers determines the selenium status in young German vegans and vegetarians*. *British Journal of Nutrition*. 104(11): 1601-1604.

Holeček, Václav. *Metody fort a ford, jejich interpretace a možnosti uplatnění v praxi*. 2009. Dostupné z:
http://dotdiag.cz/img/prednasky/Interpretace_FORT__FORD.pdf

Holeček, Václav. *Oxidační stres u nádorových onemocnění*. *Klinická biochemie a metabolismus*. 2010, č. 4, s. 225-230. ISSN 1210-7921.

Hronek, Miloslav. *Výživa ženy v obdobích těhotenství a kojení*. Praha: Maxdorf. c2004, 309 s. ISBN 80-7345-013-5.

Hřebíčková, Šárka. *Výživa a potraviny, antioxidanty a volné radikály*. *Výživa a potraviny*. 2009, č. 2, s. 30-32. ISSN 1211-846X.

Huang, Y., Wang, Q., Gao, J., Lin, Z., Bañuelos, G. S., Yuan, L., Yin, X. (2013): *Daily Dietary Selenium Intake in a High Selenium Area of Enshi, China*. *Nutrients*. 5(3): 700-710.

Chariot, Patric a Olivier Bignani (2003): *Skeletal muscle disorders associated with selenium deficiency in humans*. *Muscle & Nerve*. 27(6): 662-668.

Chen, J., Lindmark-Månsson, H., Drevelius, M., Tidehag, P., Hallmans, G., Hertervig, E., Nilsson, Å., Åkesson, B. (2004): *Bioavailability of selenium from bovine milk as assessed in subjects with ileostomy*. European Journal of Clinical Nutrition. 58(2): 350-355.

Illková, Olga. *Zdravá výživa malých dětí: [od narození do 6 let]*. Vyd. 1. Praha: Portál, 2005, 200 s. ISBN 80-7367-030-5.

Ishihara, H., Kanda, F., Matsushita, T. S., Chihara, K. (1999): *White muscle disease in humans: myopathy caused by selenium deficiency in anorexia nervosa under long term total parenteral nutrition*. Journal of Neurology Neurosurgery and Psychiatry. 67(6): 829-830.

Kieliszek, Marek a Stanislaw Blazejak. (2013): *Selenium: Significance, and outlook for supplementation*. Nutrition. 29(5): 713-718.

Kocabas, C. N., Adalioglu, G., Coskun, T., Tuncer, A., Sekerel, B. E. (2006): *The relationship between serum selenium levels and frequent wheeze in children*. Turkish Journal of Pediatrics. 48(4): 308-312.

Kudlová, Eva a Anna Mydlilová. *Výživové poradenství u dětí do dvou let*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2005, 148 s. ISBN 8024710390.

Kunová, Václava. *Zdravá výživa*. 2., přeprac. vyd. Praha: Grada, 2011, 140 s. ISBN 978-80-247-3433-0.

Kvíčala, Jan. *Selen a organismus*. Časopis lékařů českých. 1999, č. 4, s. 99-106. ISSN 0008-7335.

Kvíčala, Jan. *Úloha selenoproteinů v organismu*. Vox paediatricae. 2004, č. 9, s. 36. ISSN 1213-2241.

Kvíčala, Jan. *Zvýšení příjmu mikronutrientu selenu - utopie, fikce, prozřetelnost či nutnost? – I. část.* Interní medicína pro praxi. 2003a. Dostupné z: <http://www.internimedicina.cz/pdfs/int/2003/06/06.pdf>.

Kvíčala, Jan. *Zvýšení příjmu mikronutrientu selenu – utopie, fikce, prozřetelnost či nutnost? – II. část.* Interní medicína pro praxi. 2003b. Dostupné z: <http://www.internimedicina.cz/pdfs/int/2003/07/07.pdf>.

Lauretani, F., Semba, R. D., Bandinelli, S., Ray, A. L., Guralnik, J. M., Ferrucci, L. (2007): *Association of low plasma selenium concentrations with poor muscle strength in older community-dwelling adults: the InCHIANTI Study.* American Journal of Clinical Nutrition. 86(2): 347-352.

Lener, M. R., Gupta, S., Scott, R. J., Tootsi, M., Kulp, M., Tammesoo, M.-L., Viitak, A., Metspalu, A., Serrano-Fernández, P., Kładny, J., Jaworska-Bieniek, K., Durda, K., Muszyńska, M., Sukiennicki, G., Jakubowska, A., Lubiński, J. (2013): *Can selenium levels act as a marker of colorectal cancer risk?* BMC Cancer. 13:214.

Letsiou, S., Nomikos, T., Panagiotakos, D., Pergantis, S. A., Fragopoulou, E., Antonopoulou, S., Pitsavos, C., Stefanadis, C. (2010): *Dietary habits of Greek adults and serum total selenium concentration: the ATTICA study.* European Journal of Nutrition. 49(8): 465-472.

Levander, O. A., Moser, P. B. a V. C. Morris.(1987): *Dietary selenium intake and selenium concentrations of plasma, erythrocytes, and breast-milk in pregnant and postpartum lactating and nonlactating women.* American Journal of Clinical Nutrition. 46(4): 694-698.

Li, Duo. (2014): *Effect of the vegetarian diet on non-communicable disease.* Journal of The Science of Food and Agriculture. 94(2): 169-173.

Li, F., Rossipal, E., Irgolic, K. J. (1999): *Determination of selenium in human milk by hydride cold-trapping atomic absorption spectrometry and calculation of daily selenium intake.* Journal of Agricultural and Food Chemistry. 45(8): 3265-3268.

Mehdi, Y., Hornick, J.-L., Istasse, L., Dufrasne, I. (2013): *Selenium in the environment, metabolism and involvement in body functions*. *Molecules*. 18(3): 3292-3311.

Mistry, H. D., Pipkin, F. B., Redman, Ch. W. G., Poston, L. (2012): *Selenium in reproductive health*. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 206(1): 21-30.

Moreno-Reyes, R., Egrise, D., Nève, J., Pasteels, J-L., Schoutens, A. (2001): *Selenium deficiency-induced growth retardation is associated with an impaired bone metabolism and osteopenia*. *Journal of Bone and Mineral Research*. 16(8): 1556-1563.

Müllerová, Dana. *Výživa těhotných a kojících žen*. 1. vyd. Praha: Mladá fronta, 2004, 119 s. ISBN 80-204-1023-6.

Müllerová, Dana. *Zdravá výživa a prevence civilizačních nemocí ve schématech*. 1. vyd. Praha: Triton, 2003, 99 s. ISBN 80-7254-421-7.

Navarro-Alarcon, Miguel a Carmen Cabrera-Vique. (2008): *Selenium in food and the human body: A review*. *Science of The Total Environment*. 400(1-3): 115-141.

Nevoral, Jiří, a kolektiv. *Výživa v dětském věku*. 1. vyd. Jinočany: H & H, 2003, 434 s. ISBN 80-86-022-93-5.

Osman, K., Åkesson, A., Berglund, M., Bremme, K., Schütz, A., Ask, K., Vahter, M. (2000): *Toxic and essential elements in placentas of swedish women*. *Clinical Biochemistry*. 33(2): 131-138.

Ošancová, Kateřina. *O výživě aktuálně a se zárukou*. Praha: Společnost pro výživu, 1998, 69 s.

Piňha, Jan a Rudolf Poledne. *Zdravá výživa pro každý den*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2009, 143 s. ISBN 978-80-247-2488-1.

Poláková, Šárka. *Obsah selenu v zemědělských půdách ČR*. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský v Brně. 2010. Dostupné na: http://eagri.cz/public/web/file/240243/Obsah_selenu__Se__v_zemedelskych_pudach_CR.pdf. Staženo dne 15. 11. 2013.

Poston, L., Igosheva, N., Mistry, H. D., Seed, P. T., Shennan, A. H., Rana, S., Karumanchi, S. A., Chappell, L. C. (2011): *Role of oxidative stress and antioxidant supplementation in pregnancy disorders*. American Journal of Clinical Nutrition. 94(6): 1980S-1985S.

Pyrzynska, Krystyna. (2009): *Selenium speciation in enriched vegetables*. Food Chemistry. 114(4): 1183-1191.

Racek, Jaroslav. *Oxidační stres a možnosti jeho ovlivnění*. Praha: Galén, 2003. ISBN 80-7262-231-5.

Rambousková, J., Anděl, M. a M. BINDER. *Podvýživa u seniorů*. Výživa a potraviny. 2013, č. 2, s. 51-52. ISSN 1211-846X.

Rauma, Anna-Liisa a Hannu Mykkänen. (2000): *Antioxidant status in vegetarians versus omnivores*. Nutrition. 16(2) 111-119.

Rayman, Margaret P. (2012): *Selenium and human health*. Lancet. 379(9822): 1256-1268.

Rayman, Margaret, P. (2010): *Selenoproteins and human health: Insights from epidemiological data*. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects. 1790(11): 1533-1540.

Rayman, M. P., Wijnen, H., Vader, H., Kooistra, L., Pop, V. (2011): *Maternal selenium status during early gestation and risk for preterm birth*. Canadian Medical Association Journal. 183(5): 549-555.

Rederstorff, M., Krol, A., Lescure, A. (2066): *Understanding the importance of selenium and selenoproteins in muscle function*. Cellular and Molecular Life Sciences. 63(1): 52-59.

Reilly, Conor. *Selenium in food and health*. 2n Edition. New York: Springer 2006. ISBN 13: 978-0387-33243-7.

Řepík, L., Šmíd, J., Černá, M., Batáříová, A. *Saturace české populace selenem*. Česká a slovenská hygiena. 2005, č. 2, s. 50-51. ISSN 1214-6722.

Smith, A. M., Picciano, M. F., Milner, J. A. (1982): *Selenium intakes and status of human milk and formula fed infants*. American Journal of Clinical Nutrition. 35(3): 521-526. Dostupné z: <http://ajcn.nutrition.org/content/35/3/521.short>.

Thiry, C., Ruttens, A., Temmerman, L. D., Schneider, Y.-J., Pussemier, L. (2012): *Current knowledge in species-related bioavailability of selenium in food*. Food Chemistry. 130(4): 767-784.

Vale, G., Rodrigues, A., Rocha, A., Rial, R., Mota, A. M., Gonçalves, M. L., Fonseca, L. P., Capelo, J. L. (2010): *Ultrasonic assisted enzymatic digestion (USAED) coupled with high performance liquid chromatography and electrothermal atomic absorption spectrometry as a powerful tool for total selenium and selenium species control in Se-enriched food supplements*. Food chemistry. 121(1):268-274.

Velíšek, Jan. *Chemie potravin*. 2. Vyd. 1. Tábor: OSSIS, 1999. 304 s. ISBN 80-902391-4-5.

Vinceti, M., Crespi, C. M., Malagoli, C., Del Giovane, C., Krogh, V. (2013): *Friend or foe? The current epidemiologic evidence on selenium and human cancer risk*. Journal of Environmental Science and Health Part C-Environmental Carcinogenesis & Ecotoxicology Reviews. 31(4): 305-341.

Vyhláška č. 54/2004 Sb., o potravinách určených pro zvláštní výživu a o způsobu jejich použití, § 5. In: *Sbírka zákonů*. 2004, částka 14, s. 810.

Zadák, Zdeněk. *Výživa v intenzivní péči*. 1. vyd. Praha: Grada, 2002, 487 s. ISBN 80-247-0320-3.

Zamora, A. J., Tessier, F., Marconnet, P., Margaritis, I., Marini, J.-F. (1995): *Mitochondria changes in human muscle after prolonged exercise, endurance training and selenium supplementation*. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 71(6): 505-511.

Zembrzuska, J., Matusiewicz, H., Polkowska-Motrenko, H., Chajduk, E. (2014): *Simultaneous quantitation and identification of organic and inorganic selenium in diet supplements by liquid chromatography with tandem mass spectrometry*. *Food chemistry*. 142:178-187.

Zeng, H., Cao, J. J., Combs, G. F. (2013): *Selenium in Bone Health: Roles in Antioxidant Protection and Cell Proliferation*. *Nutrients*. 5(1): 97-110.

Zhang, F., Guo, X., Wang, W., Wu, S., Ma, W., Yan, H. (2012): *Expression profile analysis of mycotoxin-related genes in cartilage with endemic osteochondropathy kashin-beck disease*. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 13(1): 130.