

Hodnotenie expozície kadmiumom v podmienkach Slovenskej republiky

Slovensko i napriek svojej malej rozlohe patrí ku krajinám, ktoré majú regionálne veľmi znečistené životné prostredie. Poľnohospodárstvo sa výraznou mierou podieľa na kontaminácii vody, pôdy, zhoršení kvality ovzdušia, znížení biodiverzity, ako aj na erózii, acidifikácii a eutrofizácii. Prispieva k tomu najmä nesprávne používanie priemyselných hnojív, nevhodné nakladanie so živočíšnymi exkrementami, nesprávne obhospodarovanie pôdy. V 90. rokoch došlo k určitému zmierneniu tlaku poľnohospodárstva na životné prostredie, čo súvisí najmä so zmenou ekonomických podmienok. Tieto zmeny sa odrazili v prudkom znížení používania priemyselných hnojív, pesticídov či v celkovom znížení intenzity poľnohospodárstva. Napriek tomu negatívne vplyvy poľnohospodárstva na životné prostredie stále pretrvávajú.

Vývojové trendy emisií ťažkých kovov v Slovenskej republike potvrdzujú, že emisie kadmia majú klesajúci trend. Pokles emisií kadmia (rok 1990 – 9,9 ton, rok 2006 – 9,28 ton) okrem odstavenia niektorých zastaraných neefektívnych výrobných zariadení, rozsiahlejšieho rekonštrukcie odlučovacích zariadení a zmena používaných surovín. Hlavným zdrojom emisií kadmia u nás sú spaľovacie procesy v priemysle (hlavne výroba skla) a spaľovanie odpadu.

Kadmium patrí medzi toxické prvky, ktorým sa venuje značná pozornosť pre ich toxicitu a rozšírenosť v životnom prostredí. Ich koncentrácia v zložkách životného prostredia pri krátkodobej expozícii nemusí mať zdravotné následky, tieto sa však môžu prejaviť pri dlhodobej expozícii, hlavne u jedincov, ktorí sú z nejakého dôvodu citlivejší na toxické pôsobenie (napr. dojčatá a deti).

Kadmium sa v pôde kumuluje najviac vo vrstve 0 – 5 cm a s pribúdajúcou hĺbkou jeho koncentrácia klesá. Pri zvetrávaní hornín, kde jeho obsah nepresahuje 0,3 mg.kg⁻¹, ľahko prechádza do roztoku a vyskytuje sa ako kation Cd²⁺. Prijem kadmia rastlinami sa zvyšuje za prítomnosti chlóru v pôde. Kadmium s humínovými kyselinami vytvára komplexy, ktoré sú však menej stabilné ako komplexy týchto kyselín s meďou a olovom. Obsah kadmia v pôde ovplyvňujú významne tiež pôdne mikroorganizmy. Na prestup kadmia z pôdy do rastlín má

vplyv aj prostredie (klíma), spôsob obhospodarovania aj doba zberu pestovanej plodiny. Najintenzívnejšou kumuláciou kadmia sa vyznačujú pletivá koreňov, potom nasledujú listy, stonky, plody a zásobné orgány.

Všeobecne sa akceptuje, že ľudia sú najcitlivejšími receptormi na príjem kadmia z prostredia. Obsah kadmia v potravinách závisí od jeho obsahu v pôde. Korenie, koreniny, potravinárske farbivá a konzervačné látky, ktoré sa pridávajú do potravín, môžu obsahovať kadmium a byť nositeľmi kontaminácie. Hlavným zdrojom prívodu kadmia v strave sú obilniny, zelená listová zelenina a zemiaky. Kadmium sa ukladá v pôde a vo vode blízko priemyselných zdrojov. Je aj normálnou súčasťou rastlín a môže sa absorbovať cez listy a korene. Rastliny nemajú vylučovací mechanizmus pre kadmium. Obsah kadmia v potravinách je veľmi rozdielny, listy zeleniny a korene rastlín všeobecne majú vyšší obsah kadmia ako semená, hoci semená olejnin majú vysoký obsah kadmia. V literatúre sa uvádza, že obilniny a zelenina obsahujú 5-krát viac kadmia ako ovocie. Zvýšený obsah kadmia v pôde je výsledkom zvýšenej absorpcie kadmia rastlinami. Vysoký denný prívod kadmia sa vyskytuje medzi

vého reťazca od kontroly pôdy a vstupov do pôdy cez fytosanitárnu a veterinárnu kontrolu a kontrolu krmív až po monitoring ďalších faktorov potravinového reťazca, ktoré z bezpečnostou potravín úzko súvisia.

Vyhodnotili sa časové trendy príjmu kadmia prostredníctvom výsledkov 172 494 analýz vzoriek základných potravinárskych surovín, potravín, nápojov a vody, ktoré boli na území Slovenskej republiky odobierané od roku 1994. Vzorky analyzované na obsah kadmia sa odoberali z poľnohospodárskych podnikov, z podnikov potravinárskeho priemyslu, obchodnej siete i z domácností. Na odberoch vzoriek sa podieľali: Štátna veterinárna a potravinová správa SR, Výskumný ústav potravinársky v Bratislave, Výskumný ústav mliekarenského priemyslu v Žiline a Úrady verejného zdravotníctva a ich akreditované laboratóriá.

Zdravotné riziko z potravín sa posudzovalo na základe vypočítaných expozičných dávok kadmia, kde sa pri výpočtoch použili priemerné nálezy, dolné a horné priemery a 97,5 percentné percentily v jednotlivých skupinách potravín a ich spotreba v jednotlivých rokoch. Pri výpočte expozície sa používal tento vzorec:

záťaž [μg.kg ⁻¹ a týždeň] =	142	
	∑	spotreba _{1,142} [kg] . *koncentrácia _{1,142} [μg.kg ⁻¹] _{1,2,3} . *7 dní
	1	hmotnosť človeka [kg]

1 - 94 – číslovanie komodít a k nim patriacich nálezov

1,2,3 – priemerný nález, dolný a horný priemer, 97,5 percentný percentil

mládežou, ktorá má najvyšší kalorický príjem. Obavy zo zvýšeného prívodu kadmia môžu mať aj vegetáriani alebo tí, ktorí konzumujú vnútornosti či morské produkty. Chronická expozícia kadmiumom z akejkoľvek expozičnej cesty má nepriaznivé účinky na srdce, pľúca, kosti, gonády a osobitne na obličky. Hlavným dlhodobým efektom expozície nízkou koncentráciou kadmia sú všeobecne chronická obštrukčná choroba pľúc, emfyzém a chronická renálna tubulárna choroba. Možné sú taktiež dopady na kardiovaskulárny systém a kosti. Počiatkové symptómy chronickej inhalácie sú horúčka, bolesť hlavy, krku, bolesť na hrudi, kašeľ a rinítida. Štúdie na zvieratách dokázali teratogénny efekt kadmia, mutagénne experimenty sú nejednoznačné.

Rezort pôdohospodárstva zabezpečuje komplexnú kontrolu potravinového reťazca prostredníctvom dvoch rezortných organizácií – Ústredného kontrolného a skúšobného ústavu poľnohospodárskeho a Štátnej veterinárnej a potravinovej správy SR. Tieto organizácie zabezpečujú komplexnú kontrolu potravinového

Použila sa spotreba potravín spracovaná Štatistickým úradom SR v rokoch 1994 – 2006 na úrovni Slovenskej republiky, ktorá uvádza spotrebu základných skupín potravín získaných metódou HBS (household budget surveys – prieskum príjmov a výdavkov domácností). Celkovo boli potraviny a nápoje rozdelené do 142 rôznych skupín, pričom každej skupine bola priradená spotreba. Údaje o spotrebe za roky 2007 až 2009 sa odhadli metódou najmenších štvorcov a následne sa spotreba vyhladila exponenciálnym vyhladzovaním z dôvodu, že počas sledovaného obdobia došlo 2-krát k zmene metódy získavania údajov o spotrebe v domácnostiach. Pri výpočtoch príjmu sa počítalo s priemerným obyvateľom SR, pričom ako hmotnosť pre obyvateľa bola použitá hmotnosť 60 kg (European Commission, 2004).

Takto získané príjmy boli hodnotené vzhľadom k povolenému tolerovateľnému týždennému príjmu (PTWI) kadmia, ktorý má hodnotu 7 μg.kg⁻¹ telesnej hmotnosti a týždeň (JECFA, 1993). Následne sa vypočítala i prognóza záťaže kadmiumom na roky 2008 a 2009.

Hodnotil sa tretí krok hodnotenia rizika – Exposure assessment (USFDA/WHO, 1999), kde sa využila bohatá databáza cudzorodých látok a odborné skúsenosti pracovníkov vyplývajúce z riešenia rôznych projektov (Monitoring cudzorodých látok v potravinách a krmivách, Informačný systém o cudzorodých látkach a projekty Národného programu podpory zdravia). Kadmium bolo vybrané ako jeden z mnohých sledovaných parametrov na základe dlhodobých štúdií zameraných na ich toxicitu, literárnych údajoch o zdravotnom riziku,





medzinárodných odporúčaní, zamerania potravinového dozoru v SR a technických možností diagnostiky, pričom sa vychádzalo zo zoznamu prioritných látok v potravinách GEMS FOOD WHO, 2001 (USFDA/WHO, 1999).

Zo spracovaných výsledkov o spotrebe potravín (obr. č. 1, pozri prílohu s. 12) vyplýva, že sa spotreba potravín postupne zvyšuje, a to zo 100 % v roku 1994 na 174,6 % v roku 2009. Toto zvýšenie predstavuje nárast spotreby o 392 kg na osobu a rok a to z 525 kg na 917 kg. Takéto zvýšenie spotreby sa prejavilo i na expozícii človeka v SR. Najvýraznejšie sa zvýšila spotreba ochutených a prislázaných nápojov, minerálnych vôd, sirupových nápojov, kyslíkových výrobkov, zemiakov, pečiva, kuracieho mäsa a jablák. Výraznejšie poklesla spotreba chleba, hovädzieho mäsa, masť a masla a destilátov.

Odhad expozičných dávok s použitím reálnej spotreby predstavoval rozpätie hodnôt, ktorý sa získal výpočtom expozície prostredníctvom priemerných nálezov, dolných a horných priemerných nálezov a 97,5 percentného percentilu. Pri hodnotení sa použil i dolný a horný aritmetický priemer pre každú komoditu preto, že sa postupne od roku 1994 zlepšovala laboratórna technika a skvalitnením laboratórných analýz sa získavali aj presnejšie hodnoty. Hodnoty namerané pod LOQ (limit kvantifikácie) sa môžu vyhodnocovať tromi spôsobmi. Do nálezu sa priradí hodnota „0“ (dolný priemer), alebo 1/2 LOQ (priemer), alebo LOQ (horný priemer).

Z porovnania týždenných príjmov kadmia do organizmu človeka pri reálnej spotrebe vyplýva, že hodnoty týždenných príjmov pri použití priemerných nálezov v prvých rokoch sledovania (1994 - 2004) boli vyššie a pohybovali sa od 2,5 do 1,7 mikrogramu na kilogram telesnej hmotnosti a týždeň a v tomto období postupne klesali (obr. č. 2, pozri prílohu s. 12). Od roku 2005 hodnoty týždenného príjmu kadmia začali opätovne stúpať a pohybovali sa od 1,7 do 1,8 mikrogramu na kilogram telesnej hmotnosti a týždeň. Prognóza na ďalšie obdobie naznačuje postupný nárast týždenného príjmu kadmia až na 2,0 mikrogramy na kilogram telesnej hmotnosti a týždeň pre rok 2009. Obdobná situácia bola zistená i v prípade porovnania týždenných príjmov kadmia do organizmu človeka pri použití 97,5 % percentilu (obr. č. 3, pozri prílohu s. 13). Expozičné dávky sa pohybovali v rozmedzí od 11,3 do 8,0 mikrogramu na kilogram telesnej hmotnosti a týždeň, pričom najnižšia hodnota bola vypočítaná pre rok 2004. Za celé sledované obdobie sa príjem z komodít s použitím 97,5 % percentilu pohybuje nad hodnotou povoleného týždenného príjmu. Odhad záťaže populácie kadmium je hlavne v posledných rokoch sledovania stabilný, s tendenciou mierneho nárastu, čo je spôsobené hlavne stúpajúcou spotrebou potravín.

Z porovnania expozičných dávok s priemernými hodnotami PTWI v jednotlivých komoditách vyplýva, že hodnoty týždenného príjmu kadmia z potravín vyčerpávajú povolený tolerovateľný týždenný príjem stanovený JECFA FAO/WHO hlavne zelenina, chlieb a pečivo, ostatné potraviny (ryža, múky, soľ a iné), ovocie, nápoje a mäso a to do 36,3 % pri použití priemerných nálezov,

do 35,5 % pri použití dolných priemerných nálezov, do 36,4 % pri použití horných priemerných nálezov a do 132,4 % pri použití 97,5 percentného percentilu (obr. č. 4, pozri prílohu s. 13).

Na najvyššom príjme kadmia sa z komodity zelenina podieľa sušená zelenina a zemiaky. V prípade zemiakov je tento stav daný vysokou spotrebou (od 37 kg v roku 1994 do 53 kg v roku 2009). Priemerné nálezy v zemiakoch sa v priebehu rokov postupne znižovali z 0,019 mg.kg⁻¹ na 0,013 mg.kg⁻¹, ale pri výpočte expozície napriek vysokému príjmu a klesajúcim priemerným nálezom je trend stabilný (približne 0,22 µg.kg⁻¹ TH a týždeň). U zemiakov neboli počas celého sledovaného obdobia zistené extrémne vysoké nálezy, na čo poukazuje aj fakt, že v prípade 97,5 % percentilu sa zemiaky podieľajú na hodnote PTWI maximálne do 12,6 %. Na vysokom príjme kadmia zo sušenej zeleniny sa podieľa stúpajúci trend spotreby (z 0,7 kg za rok v roku 1994 na 2,0 kg v roku 2009) i stúpajúce priemerné nálezy (0,05 na 0,59 mg.kg⁻¹), čo predstavuje expozíciu v hodnotách od 0,011 do 0,383 µg.kg⁻¹ TH a týždeň. Na vysoké priemerné nálezy poukazuje aj to, že v prípa-



de 97,5 % percentilu v roku 2007 sa sušená zelenina podieľala na expozícii 14,2 % z povoleného tolerovateľného týždenného príjmu, pričom prognóza poukazuje na ďalší nárast až na 24,9 % PTWI. Tretou komoditou, ktorá sa podieľa na vysokom príjme kadmia zo zeleniny a výrobkov je mrkva, u ktorej bol zaznamenaný mierny nárast spotreby a pokles priemerných nálezov. Mrkva je na tretom mieste v spotrebe po zemiakoch a kapuste. Pri ostatných komoditách je expozícia nižšia ako 0,02 µg.kg⁻¹ TH a týždeň.

Chlieb a pečivo je druhou skupinou výrobkov, ktorá sa významnejšou mierou podieľa na expozícii obyvateľstva SR. Táto skupina sa skladá zo štyroch podskupín: chlieb, pečivo bežné, pečivo jemné a pečivo trvanlivé. Všetky tieto komodity, okrem chleba, majú stúpajúci trend spotreby, pričom najvyššiu spotrebu má chlieb (z 58 kg za rok v roku 1994 na 54 kg v roku 2009) a pečivo bežné (z 13,1 kg za rok v roku 1994 na 24,9 kg v roku 2009). Pri komodite chlieb výrazne poklesla expozícia, z 0,41 na 0,16 µg.kg⁻¹ TH a týždeň, čo je dané miernym poklesom spotreby a výrazným poklesom priemerných nálezov. Aj v prípade 97,5 % percentilu sa príjem kadmia postupne znižuje z 20,1% PTWI na 6,3 %. Spotreba pečiva bežného vzrástla skoro o 100

%, pričom sa expozícia znížila o viac ako 50 %, čo je spôsobené postupným znižovaním nameraných hodnôt kadmia v tejto komodite.

Pod inými komoditami sú zahrnuté potraviny ako ryža, med, múky, džemy, cestoviny, soľ a korenie. Pri počítaní príjmov kadmia z týchto komodít má táto skupina mierne stúpajúci trend (z 0,32 v roku 1994 na 0,38 µg.kg⁻¹ TH a týždeň v roku 2009, čo predstavuje 4,5 až 5,4 % PTWI pri použití priemerných nálezov). Pri použití 97,5 % percentilu je týždenný príjem výrazne vyšší. Pohybuje sa v rozpätí od 1,0 do 1,7 µg.kg⁻¹ TH a týždeň, čo predstavuje 14,1 až 23,9 % PTWI. Pri tejto skupine potravín má najvyššiu spotrebu pšeničná múka (v súčasnosti okolo 23 kg na osobu a rok), pričom sa na expozícii podieľa i najvyššou mierou v tejto skupine potravín. Príjem kadmia z pšeničnej múky predstavuje hodnoty od 1,8 % PTWI v roku 1994 do 1,3 % pre rok 2009. Druhou komoditou z tejto skupiny s vysokou spotrebou je ryža. Spotreba ryže v poslednom období stúpa. V roku 1994 sa ryže skonzumovalo 5,4 kg na osobu a rok a v roku 2007 až 10,5 kg na osobu a rok s prognózou zvyšovania spotreby i pre nasledujúce obdobie. Pričom so stúpajúcou spotrebou sa zaznamenal i mierne stúpajúci trend nálezov. V prípade cestovín je situácia za celé sledované obdobie stabilná a celková expozícia z tejto komodity predstavuje 1,4 % PTWI. Najvyšší nárast príjmu kadmia je v prípade omáčok a príchutí (z 0,3 % PTWI v roku 1994 na 7,8 % PTWI pre rok 2009), čo je dané zvyšovaním spotreby (z 1,4 kg na osobu a rok v roku 1994 až na 4,6 kg pre rok 2009).

Ostatné komodity: Do tejto skupiny sú zaradené mäso a vnútornosti, hydinové mäso, mäsové konzervy, mäsové výrobky, ryby a výrobky, mlieko, syry, mliečne výrobky, vajcia a výrobky, tuky a oleje, ovocie, cukor a cukrovinky, nápoje a voda. Všetky tieto komodity sa na celkovom príjme kadmia v jednotlivých rokoch podieľajú od 47,7 % v roku 1994 do 28,3 % pre rok 2009, čo predstavuje príjem od 1,21 do 0,55 µg.kg⁻¹ TH a týždeň (od 17,3 do 7,9 % PTWI) a majú klesajúci trend. Najvyšší príjem bol z mäsa, na čom sa podieľali zverina a vnútornosti. Na druhom mieste sú nápoje a voda. Najnižší príjem predstavovalo kadmium z rýb a rybích výrobkov, čo je dané ich malou spotrebou v SR.

Priemerná expozícia populácie SR kadmium z konzumácie potravín a nápojov nedosahuje hodnoty, ktoré by mohli súvisieť so zvýšením pravdepodobnosti poškodenia zdravia. Z porovnania expozičných dávok s priemernými hodnotami PTWI v jednotlivých komoditách vyplýva, že hodnoty týždenného príjmu kadmia z potravín vyčerpávajú povolený tolerovateľný týždenný príjem stanovený JECFA FAO/WHO hlavne zelenina, chlieb a pečivo, ostatné potraviny (ryža, múky, soľ a iné), ovocie, nápoje a mäso, a to do 36,3 % pri použití priemerných nálezov, do 35,5 % pri použití dolných priemerných nálezov, do 36,4 % pri použití horných priemerných nálezov a do 132,4 % pri použití 97,5 percentného percentilu. Na tom sa najväčšou mierou podieľajú tri z 12 skupín potravín.

Ing. Danka Šalgovičová
Výskumný ústav potravinársky
Brazilslava

