

VÝSKYT VYBRANÝCH KONTAMINANTŮ V HOŘKÝCH ČOKOLÁDÁCH

OCCURRENCE OF SELECTED CONTAMINANTS IN DARK CHOCOLATES

Jana Řeháková¹ – Zuzana Holubová¹ – Jana Hornová¹ – Dana Matulová¹
Irena Řehůřková¹ – Jiří Ruprich¹

¹Centrum zdraví, výživy a potravin, SZÚ, Palackého tř. 3a, 612 42 Brno

<https://doi.org/10.11118/978-80-7509-996-9-0303>



ABSTRAKT

Státním zdravotním ústavem (SZÚ CZVP Brno) byla provedena studie, v rámci které byla měřena a hodnocena kontaminace hořkých čokolád (HČ) vybranými těžkými kovy se zaměřením především na Cd a Pb, dále pak As, Hg, Ni, Al, Cr. Cílem studie bylo ověřit a popsat situaci na trhu v ČR a konfrontovat se závěry studie prezentované v americkém časopisu Consumer Reports, hodnotící situaci v USA (kontaminace Cd a Pb). Pro studii SZÚ CZVP bylo na trhu v ČR odebráno 29 vzorků čokolád bez příměsí, byl respektován legislativní požadavek na klasifikaci hořkých čokolád. K analytické přípravě bylo využito mikrovlnné mineralizace, stanovení prvků bylo prováděno akreditovanými metodami ICP-MS, AAS-AMA. Z porovnání naměřených koncentrací jednotlivých kontaminantů (s výjimkou rtuti) byl zřejmý nárůst se zvyšujícím se obsahem kakaové sušiny. Konfrontace s legislativou EU (Nařízení EK 2023/915) byla provedena pouze pro Cd (maximální limit v HČ: 0,80 mg/kg čerstvé hmoty). Tento limit nebyl překročen u žádné z čokolád v obou studiích (ČR a USA). Pro Pb není maximální limit v HČ stanoven. Porovnání s USA studií bylo provedeno s použitím kalifornských limitů MADL (pro Cd: 4,1 µg/den a pro Pb: 0,5 µg/den), posuzováno bylo čerpání limitů pro Cd a Pb. Naměřené hodnoty byly hodnoceny i z hlediska dietární expozice kadmia (TWI = 2,5 µg/kg t.hm/týden EFSA). Expoziční limity pro olovo pro posouzení komplexní dietární expozice, jako v případě kadmia, stanoveny nejsou.

Klíčová slova: kakao, čokoláda, kadmium, olovo, dietární expozice, limit

ABSTRACT

The National Institute of Public Health (NIPH Brno) conducted a study in which the contamination of dark chocolates (DCH) with selected heavy metals was measured and evaluated, with a focus mainly on Cd and Pb, then As, Hg, Ni, Al, Cr. The aim of the study was to verify and describe the situation on the market in the Czech Republic and to confront the conclusions of the study presented in the American magazine Consumer Reports, evaluating the situation in the USA (Cd and Pb contamination). For the NIPH study, 29 samples of chocolates without additives were taken from the market in the Czech Republic, the legislative requirement for the classification of dark chocolates was respected. Microwave mineralization was used for analytical preparation, determination of elements was carried out by accredited ICP-MS, AAS-AMA methods. A comparison of the measured concentrations of individual contaminants (with the exception of mercury) showed an increase with increasing content cocoa solids. Confrontation with EU legislation (EC Regulation

2023/915) was only carried out for Cd (maximum limit in DCH: 0.80 mg/kg fresh mass). This limit was not exceeded for any of the chocolates in both studies (Czech Republic and USA). For Pb, the maximum limit in DCH is not established. The comparison with the USA study was carried out using the Californian MADL limits (for Cd: 4.1 µg/day and for Pb: 0.5 µg/day), the drawing of the limits for Cd and Pb was assessed. The measured values were also evaluated in terms of dietary exposure to cadmium (TWI = 2.5 µg/kg bw/week EFSA). Exposure limits for lead for comprehensive dietary exposure assessment, as in the case of cadmium, are not established.

Keywords: cocoa, chocolate, cadmium, lead, dietary exposure, limit

ÚVOD / INTRODUCTION

Historie zpracování kakaových bobů sahá až do doby kolem roku 1000 př.n.l. Archeologické průzkumy prováděné v oblastech Střední Ameriky potvrdily, že Aztékové i Mayové dokázali kakaové boby zpracovávat a z kakaového prášku připravovat nápoj určený ke konzumaci. V 16. století v období kolonizace oblastí Jižní Ameriky španělskými dobyvateli byla původní hořko-kyselá chuť postupně vylepšována, např. přidávkem medu. Vznikl tak „první čokoládový nápoj“, který byl následně přivezen do Španělska. První tabulková hořká čokoláda spatřila světlo světa teprve v polovině 19. století, mléčná čokoláda dokonce až o 30 let později.

V současné době je čokoláda celosvětově konzumována pro svoji lahodnou chuť a jak bylo prokázáno v mnoha zpracovaných studiích, také pro její potenciální přínos pro zdraví. Výsledky studií naznačují, že její bohatá zásoba antioxidantů, především polyfenolů, konkrétněji – flavonoidů, může zlepšit zdraví srdce a další onemocnění, omezuje zánětlivé procesy v těle a snižuje hladinu cholesterolu v krvi (1,2) Pozitivní je také její relativně nízký obsah cukru, více vlákniny, hořčíku a draslíku. Hořká čokoláda je obvykle složena z celkové kakaové sušiny/kakaového prášku, kakaového másla a cukru. Základní surovina pro výrobu čokolády – kakao je produktem průmyslově vyráběným fermentováním, mletím a pražením kakaových bobů. Kakao je však také jedním z nejvýznamnějších expozičních zdrojů kadmia a olova. Proto čím více kakaa čokoláda obsahuje, tím je sice „kvalitnější“, ale také se tím více řadí mezi významné expoziční zdroje těchto těžkých kovů v dietě. K řadě vážných zdravotních problémů může vést i dlouhodobá expozice malým množstvím těžkých kovů. Největšímu riziku jsou vystaveny především děti a těhotné ženy, protože tyto těžké kovy mohou způsobit vývojové problémy, ovlivnit vývoj mozku dětí a mohou vést k nižšímu IQ. Expozice kadmiu může způsobit rakovinu plic, rakovinu ledvin, prostaty a prsou (1,3). Častá expozice olovu u dospělých lidí může například vést k problémům s nervovým systémem, hypertenzí, potlačením imunitního systému, poškození ledvin a reprodukčním problémům (1,4).

Kadmium a olovo se do kakaových bobů dostávají různými mechanismy. U kadmia se jedná primárně o absorpci z půdy kořeny kakaovníků. Čím jsou stromy starší, tím více kadmia akumulují a dále ho distribuují do kakaových bobů. Kakaovníky jsou pěstovány zejména v Západní Africe, Jižní Americe a Asii. Nejvíce jsou postiženy zvýšenými koncentracemi kadmia kakaové boby z Latinské Ameriky vzhledem k vulkanickému podloží, na němž kakaovníky rostou. Dalším faktorem, který ovlivňuje dostupnost a příjem

kadmia rostlinami, je kyselost půdy. Pokud je půda kyselejší, jsou kakaovníky schopny přijímat vyšší množství kadmia. Svou roli hraje také množství jílů a organického materiálu obsaženého v půdě, tyto látky dokáží kadmium na sebe navázat a snížit tak v půdě koncentraci kadmia dostupného pro příjem kakaovníků. Na základě těchto skutečností a znalostí mechanismů kumulace a distribuce kontaminujících látek v kakaových bobech a výrobcích z nich jsou činěny kroky vedoucí ke snížení zátěže těmito kovy. Využívá se např. ovlivnění pH půdy, aplikace organického materiálu v půdě, který je schopen vyvázat kadmium z půdy, pěstování mladých stromů apod. (1,5,6,7).

Olovo se dostává se do kakaových bobů pravděpodobně až po sklizni, při sušení v prašném prostředí. Kontaminace olovem je tak na povrchu bobů a eliminovat ji lze dohledem nad posklizňovou manipulací (nesušit boby na zemi, používat čisté plachty apod.) (1,6).

Vedle kadmia a olova stojí za pozornost i další těžké kovy hlavně hliník, nikl, arsen, rtuť, chrom, jejichž koncentrace v čokoládách, ale i čokoládových výrobcích obsahujících kakao, mohou být významné. Distribuce a transport těchto prvků ve zdrojové surovině nebyl detailně studován, nabízí se možnost kombinace obou možností, tj. primární kontaminace rostlin z podloží při pěstování nebo následně při vlastním zpracování (technologie výroby).

Legislativní základ hodnocení čokolády

Čokoláda (hořká čokoláda) je definována platnou evropskou i českou legislativou jako výrobek, který musí obsahovat nejméně 35 % celkové kakaové sušiny, 18 % kakaového másla a 14 % tukuprosté kakaové sušiny. Hořká čokoláda „vyšší jakosti“ obsahuje nejméně 43 % celkové kakaové sušiny a nejméně 26 % kakaového másla. Celková kakaová sušina je souhrnný název pro kakao spolu s kakaovým máslem.

Definice a pravidla, pokud jde o složení, výrobní specifikace a označování kakaových a čokoládových výrobků, jsou uvedeny ve Směrnici Evropského parlamentu a rady 2000/36/ES (8). Na národní úrovni stanovuje požadavky, mj. i na čokoládu, Vyhláška 76/2003 Sb. (9). Požadavky na složení jsou definovány v příloze č. 9 této vyhlášky.

V Nařízení Komise (EU) 2023/915 (10) je pro kategorii hořkých čokolád (Čokoláda s obsahem kakaové sušiny nejméně 50 %) stanoven maximální limit pouze pro kadmium (0,80 mg Cd / kg).

Cíl zpracování studie na SZÚ – CZVP Brno

V roce 2022 byla v USA prostřednictvím časopisu **Consumer Reports** (dále jen CR) prezentována studie (1), která hodnotila výsledky stanovení obsahu kadmia a olova v souboru 28 tabulek hořkých čokolád s obsahem kakaové sušiny v rozmezí 70 % - 88 % (viz tab. č. 1).

Bylo konstatováno, že 23 z nich obsahovaly „poměrně vyšší hladiny“ těžkých kovů. Posuzovány byly kadmium a olovo. Závěry studie naznačují, že konzumací pouhé unce (cca 28 g) těchto čokolád denně dospělou osobou, by byla překročena úroveň alespoň jednoho z těchto těžkých kovů, o které úřady veřejného zdraví a odborníci z CR tvrdí, že může být škodlivá. Pro stanovení rizika, které čokolády představují, byly

použity kalifornské maximální povolené dávky MADL. Pro kadmium tato hodnota činí 4,1 µg/den a pro olovo 0,5 µg/den (11,12,13).

Tabulka 1: Sortiment čokolád testovaných v USA

Skupina	I		II	
Počet vzorků	14		14	
Obsah kakaa % (skupiny)	70-72 %		80-88 %	
	Obsah kakaa %	Výrobce	Obsah kakaa %	Výrobce
	70	Taza Chocolate	80	Mast
	70	Beyond Goog	80	Beyond Goog
	70	Lindt	80	Equal Exchange
	70	Dove	82	Scharffen
	70	Tony's	85	Valrhona
	70	Lily's	85	Pascha
	70	Chocolove	85	Alter Eco
	70	Hu	85	Lindt
	70	Theo	85	Trader Joe's
	70	Green & Black's	85	Lily's
	72	Ghirardelli	85	Theo
	72	Trader Joe's	86	Ghirardelli
	72	Endangered Species	88	Chocolove
	72	Godiva	?	Hershey's

Cílem studie zpracované na SZÚ – CZVP Brno bylo podchytit a ověřit situaci týkající se kontaminace hořkých čokolád běžně dostupných v tržní síti České republiky těžkými kovy, tzn. vyhodnotit a posoudit jakých výsledků bylo dosaženo, jak je naplněna legislativa (limity pro kontaminanty) platná v EU, zda lze porovnat výsledky v USA a ČR (kadmium, olovo).

Celkem se jednalo o stanovení 19 prvků (kontaminanty i nutrienty) v 29 odebraných vzorcích hořkých čokolád. Hodnocení výsledků bylo zaměřeno především na posouzení obsahu kadmia a olova, pozornost byla věnována i ostatním kontaminujícím kovům (As, Hg, Ni, Al, Cr).

MATERIÁL A METODIKA / MATERIAL AND METHODS

Odběr a popis vzorků

Na základě průzkumu trhu byly vybrány hořké čokolády nejběžněji dostupné v distribuční síti různých prodejen (homogenní – bez přísad, bez náplní, ne na vaření). Byly zakoupeny vzorky spadající do definice hořkých čokolád, tedy čokolády obsahující 35–100 % celkové kakaové sušiny. 29 odebraných vzorků čokolád bylo rozčleněno do 5 skupin. První skupinu s obsahem kakaa 43–56 % tvořilo 7 vzorků, druhou skupinu obsahující 60–68 % kakaa 6 vzorků, ve třetí skupině s obsahem kakaa 70–74 % bylo odebráno 7 vzorků, ve čtvrté skupině s obsahem kakaa 80-90 % také 7 vzorků a pátou skupinu s obsahem kakaa 100 % tvořily 2 vzorky (viz tab. č. 2.). Při odběru bylo využito postupů uplatňovaných v rámci realizace projektu monitoringu dietární expozice (MDE) (14). U všech vzorků byly podchyceny veškeré údaje na obalu a zaznamenány do databáze.

Tabulka 2: Sortiment testovaných čokolád z ČR

Skupina	1		2		3		4		5	
Počet vzorků	7		6		7		7		2	
Obsah kakaa % (skupiny)	43-56 %		60-68%		70-74%		80-90%		100%	
	Obsah kakaa %	Výrobce	Obsah kakaa %	Výrobce	Obsah kakaa %	Výrobce	Obsah kakaa %	Výrobce	Obsah kakaa %	Výrobce
	43	Figaro	60	J.D.Gross-směs čokolád	70	J.D.Gross-směs čokolád	80	Nestlé	100	Zaini
	50	Ritter SPORT	60	Schwarze Herren Schokolade Edelbitter	70	Alnatura	85	J.D.Gross-směs čokolád	100	Lindt Excellence
	50	Schogetten	60	Meybona	70	Zaini	85	J.D.Gross		
	50	Fin Carré	60	J.D.Gross	70	Lindt Excellence	85	Lindt Excellence		
	50	K Classic	65	Figaro	70	Fairglobe	85	Sarotti		
	50	Karina	68	Orion Atelier	70	J.D.Gross	86	Cote Dor		
	56	J.D.Gross-směs čokolád			74	Fin Carré	90	Orion Atelier		

Laboratorní úprava a analýzy vzorků

Vzorky homogenního charakteru byly analyticky zpracovány a analyzovány přímo bez předchozí kulinární úpravy (vzorky byly cíleně odebírány bez přísad – technologie výroby čokolády zahrnuje finální krok vlévání homogenní tekoucí hmoty do forem).

Vzorky pro měření byly připraveny ve čtyřech replikách solubilizací (mikrovlnný rozklad na mokré cestě v uzavřeném systému – Milestone) v prostředí kyseliny dusičné a peroxidu vodíku. Pro analytickou koncovku byla využita metoda hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-MS – Agilent 7900). Rtuť byla stanovena bez předchozí mineralizace metodou atomové absorpční spektrometrie (AAS – AMA 254). Obě použité metody jsou akreditovány ČIA podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2018.

VÝSLEDKY A DISKUZE / RESULTS AND DISCUSSION

U naměřených výsledků (především u koncentrace kadmia/olova) byl ve všech skupinách zaznamenán značný rozptyl. Příčinou je skutečnost, že se vždy jedná o jedinečné vzorky (unikátní šarže v rámci výrobního procesu u různých výrobců), kde obsah jednotlivých prvků (úroveň kontaminace) závisí na kvalitě vstupní suroviny (kakaá).

Pro prezentaci výsledků kadmia a olova jsou v tabulkách 3,4 uvedeny minimální a maximální koncentrace, průměrná hodnota a medián souboru dat v rámci daných skupin. Je vždy uveden počet odebraných vzorků příslušných do jednotných skupin. V dalších krocích hodnocení je, pro objektivní posouzení výsledků, vhodnější používat hodnoty mediánů.

KADMIUM

Porovnání obou studií (ČR a USA), čerpání maximálního limitu EU

V tabulce č. 3 jsou uvedeny koncentrace kadmia naměřené ve vzorcích nakoupených v ČR a současně koncentrace kadmia zjištěné u vzorků studie prezentované v USA.

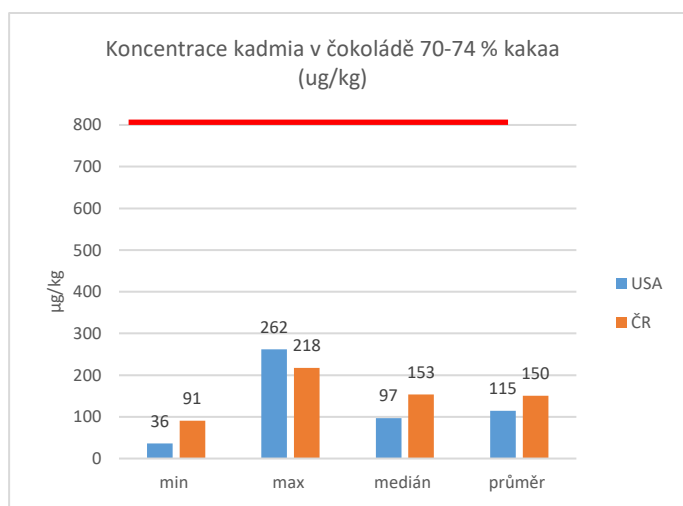
Tabulka 3: Koncentrace kadmia naměřené v jednotlivých skupinách čokolád z ČR i USA (µg/kg)

Země odběru	ČR					USA	
Skupina	1	2	3	4	5	I	II
Počet vzorků	7	6	7	7	2	14	14
Obsah kakaové sušiny (%)	43-56 %	60-68 %	70-74 %	80-90 %	100 %	70-72 %	80-88 %
min	27,31	48,40	90,68	57,05	66,64	36,16	43,39
max	230,17	140,73	217,53	203,03	233,80	261,76	365,89
medián	49,33	114,46	153,36	166,20	150,22	96,90	159,81
průměr	102,90	100,90	150,36	142,71	150,22	114,77	177,16

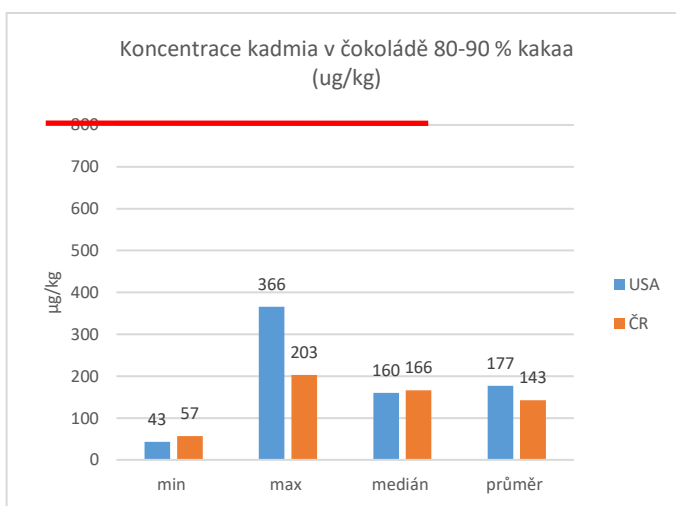
Při posuzování mediánů vypočtených se souboru dat v jednotlivých skupinách je u obou studií patrný vzrůstající trend kontaminace čokolád kadmiem se vzrůstajícím obsahem celkové kakaové sušiny. Poslední skupina (ČR) je reprezentována pouze dvěma vzorky, u nichž je patrný diametrální rozdíl v koncentraci kadmia. Pro objektivní posouzení by bylo užitečné mít k dispozici výsledky pro více vzorků v příslušné skupině.

Pro vzájemné porovnání obou studií byly z českých dat použity pouze výsledky dvou skupin čokolád s obsahem celkové kakaové sušiny (dále jen kakaa) tvořícím průnik vzorků odebraných v ČR a USA (v tabulce označeno červeně). Z čokolád odebraných v ČR se jedná o skupinu č. 3 (7 vzorků, obsah kakaa 70–74%) a o skupinu č. 4 (7 vzorků, obsah kakaa 80–90%). Z čokolád odebraných v USA se jedná o skupinu č. I (14 vzorků, obsah kakaa 70–74%) a skupinu č. II (14 vzorků, obsah kakaa 80–90 %).

Pro obě porovnatelná koncentrační rozmezí kakaa (skupiny ČR-3/USA-I, ČR-4/USA-II) jsou v grafech na obrázcích 1a, 1b vyjádřeny statistické parametry naměřených koncentrací kadmia v přímém porovnání s legislativně stanovenou hodnotou 800 µg Cd / kg čokolády. Lze konstatovat, že všechny čokolády v obou studiích tento právní předpis EU splňují.



Obrázek 1a: Porovnání hodnot koncentrací kadmia obou studií pro skupinu obsahující 70–74 % kakaa

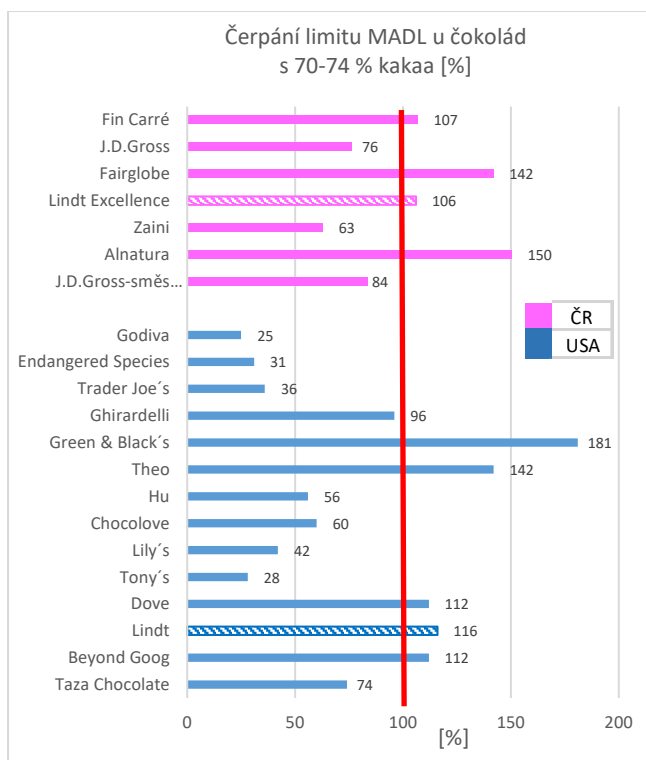


Obrázek 1b: Porovnání hodnot koncentrací kadmia obou studií pro skupinu obsahující 80–90 % kakaa.

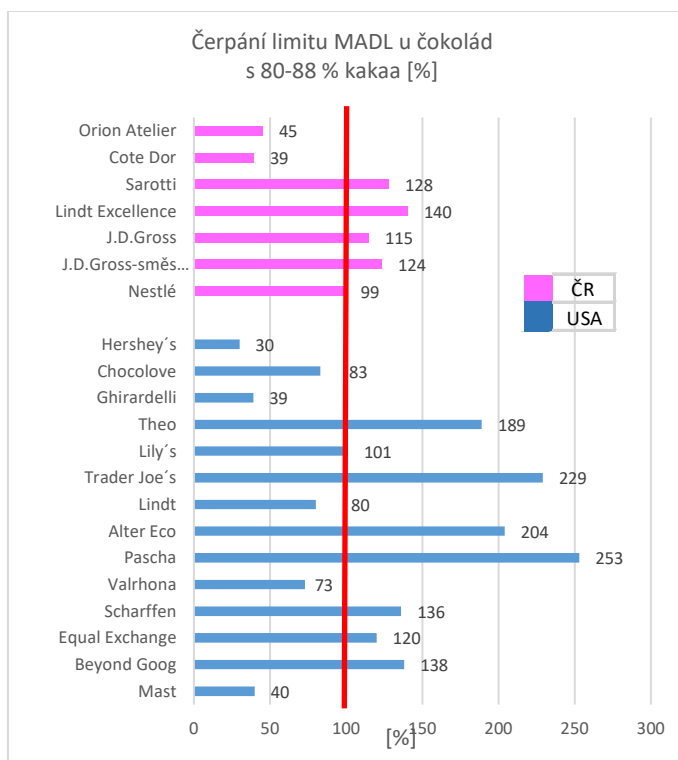
Minimální koncentrace, medián i průměrná koncentrace kadmia (skupiny ČR-3/USA-I) jsou vyšší v čokoládách z ČR přibližně o třetinu (Obrázek 1a). Maximální koncentrace 262 µg/kg byla ale zaznamenána v čokoládě z USA, konkrétně v čokoládě Green & Black's 70 %. Ve skupinách s 80–90 % kakaa (ČR-4/USA-II) (Obrázek 1b) se minimální hodnota koncentrace a medián v obou studiích shodují. Méně výrazný rozdíl je zřejmý při porovnání průměrných hodnot koncentrace. Výrazný rozdíl byl zaznamenán v maximálních změřených koncentracích kadmia, kde čokoláda z USA Pascha 85 % vykazuje téměř dvojnásobnou hodnotu oproti nejvíce kontaminované čokoládě z ČR.

Porovnání čerpání limitu MADL u obou studií (ČR a USA)

Kalifornský limit MADL je, v porovnání s evropskou legislativou, velice přísný (4,1 µg Cd / den). Koncentrace kadmia naměřené v čokoládách z ČR byly přepočteny a byl stanoven obsah kadmia v 1 unci (28 g) dané čokolády. Stejný mechanismus posuzování byl použit ve studii USA. Pro obě studie pak bylo vyjádřeno procentuální vyčerpání/překročení limitu MADL při konzumaci právě 1 unce (28 g) takové čokolády (viz Obrázky 2 a, 2b).



Obrázek 2a: Porovnání hodnot kadmia obou studií pro skupinu obsahující 70–74 % kakaa z hlediska čerpání limitu MADL.



Obrázek 2b: Porovnání hodnot kadmia obou studií pro skupinu obsahující 80–90 % kakaa z hlediska čerpání limitu MADL.

Při posuzování čokolád ve skupinách ČR-3/USA-I (70–74 % kakaa) dle kriteria MADL bylo jisté, že 4 české čokolády z celkového počtu 7 by kalifornský limit překonaly (Obrázek 2a). V americké studii přesáhlo tento limit 5 čokolád ze 14. V obou zemích jsou specifictví (lokální) producenti čokolád, je proto velmi obtížné zajistit pro přímé porovnání stejné značky čokolád prodávané v ČR i USA. Přesto se v této kategorii jedna čokoláda vyskytla. Jedná se o čokoládu od firmy Lindt se 70 % kakaa. Česká varianta této čokolády přesáhla limit MADL se 106 % a americká varianta této čokolády přesáhla limit se 116 % (na obrázku 2a jsou vyznačeny pruhovanými sloupci). Nejvyšší zaznamenaná hodnota v rámci skupin ČR-3/USA-I byla 181 % čerpání MADL (vzorek Green & Black's 70 %, USA).

Podstatně horší situace byla zjištěna ve skupinách ČR-4/USA-II u čokolád s vyšším obsahem kakaa (80–90 %). V této kategorii by 4 čokolády z ČR ze sedmi testovaných překonaly stanovený limit MADL (Obrázek 2b), hodnoty čerpání MADL se nacházely v rozmezí 115–140 %, jedna skončila těsně pod limitní hranicí s hodnotou 99 %. V americké studii překonalo limitní hodnotu 8 čokolád ze 14 testovaných, jejich rozptyl se pohyboval mezi 101–253 %. Absolutně nejvyšší zaznamenaná hodnota činila 253 % čerpání limitu MADL (vzorek Pascha 85%, USA) při konzumaci pouhé 1 unce (28 g) této čokolády.

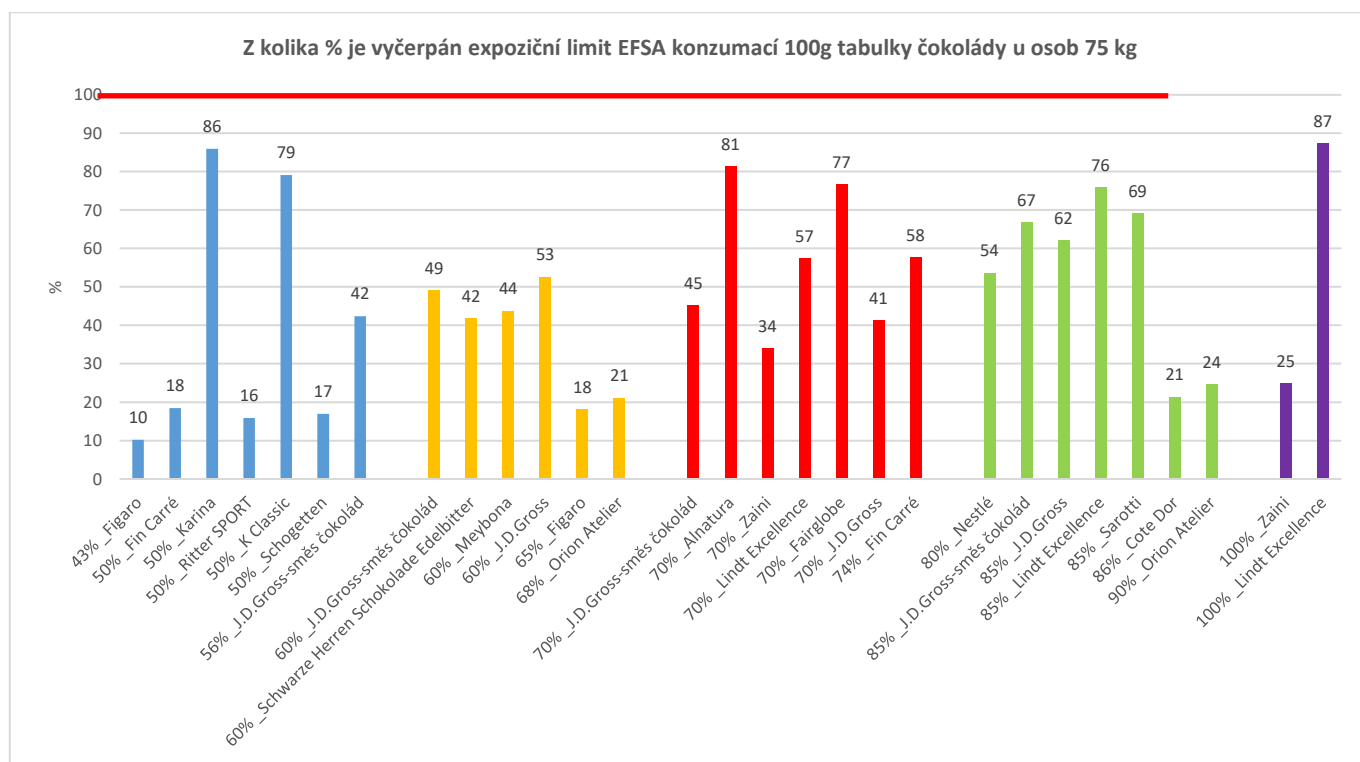
Hodnocení dietární expozice čokolád nakoupených v ČR

Naměřené hodnoty lze vyhodnotit i z hlediska expozice. Pro hodnocení expozice kadmii byl použit limit TWI (Tolerable weekly intake) stanovený Evropským úřadem pro bezpečnost potravin na hodnotu 2,5 µg/kg t.hm/týden (3) a přepočtený na denní limitní dávku. Limitní expoziční hodnota je vztažena na tělesnou

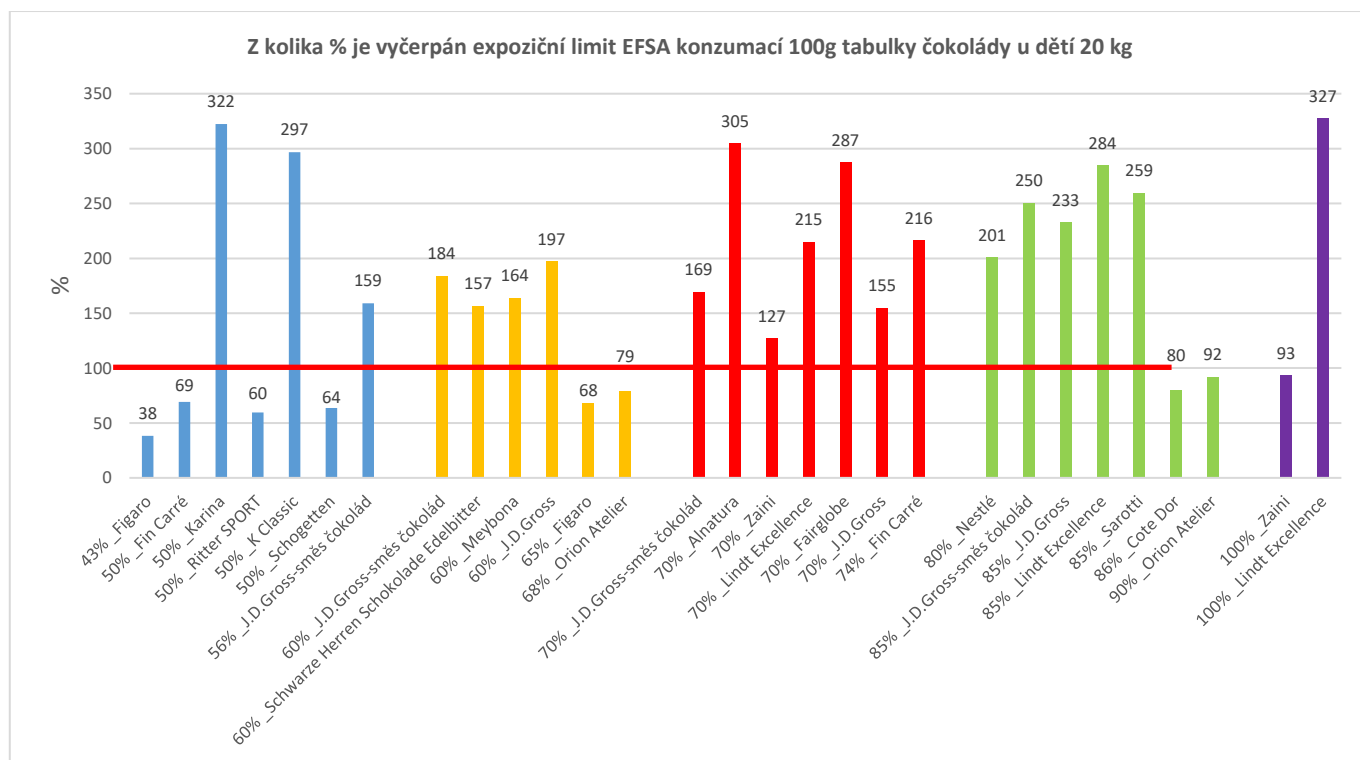
hmotnost osoby, byly proto provedeny výpočty pro dvě populační skupiny: dospělé osoby o hmotnosti 75 kg (cca průměrná hmotnost osob straších 18 let přes obě pohlaví) a děti o hmotnosti 20 kg (odpovídá dětem mezi 4–6 lety). Obě uvažované hmotnosti vycházející z podkladů národní studie SISP04 (15).

Z ilustračního grafu na obrázku č. 3 je zřejmé kolik procent denního limitu by vyčerpala průměrná dospělá osoba konzumací 100gramové tabulky čokolády od daného výrobce. Pozitivní informací je, že konzumací 100g žádné z testovaných čokolád by nebyl překročen denní expoziční limit pro dospělou osobu. Nejhuře dopadla, a tedy největším expozičním zdrojem byla čokoláda značky Lindt obsahující 100 % kaka, která vyčerpala limit z 87 %. S téměř totožnou hodnotou 86 % skončila čokoláda Karina, která však obsahuje jen poloviční množství kaka. Tato zjištěná skutečnost jasně naznačuje, že výsledky (naměřené koncentrace) jsou v každé hodnocené skupině zcela individuální pro jednotlivé značky i vzorky. V každé skupině lze nalézt výrobky s nízkými, ale i s poměrně vysokými příspěvky. Nicméně musíme brát v úvahu, že výsledky (hodnocení expozice) uvažují konzumaci celé 100g tabulky čokolády, kterou je, v případě opravdu kvalitních čokolád s vysokým obsahem kaka, velmi obtížné zkonzumovat najednou.

Zcela odlišná situace nastává v případě dětí (Obrázek č. 4). Pouze u 9 čokolád z testovaných 29 by konzumací 100gramové tabulky expoziční limit překročen nebyl. Ten je vzhledem k nízké hmotnosti dětí samozřejmě nižší, než tomu je o dospělých osob. Nejhuře opět dopadla čokoláda Lindt 100 % kaka, která překročila limit s výslednou hodnotou 327 %. V případě dětí bychom navíc měli brát v úvahu skutečnost, že už konzumací současné kompletní diety jsou exponovány kadmíem z cca 200 % TWI (14), takže další vyšší příjmy kadmia, které nejsou nezbytně nutné, jsou nežádoucí.



Obrázek 3: Procentuální vyčerpání expozičního limitu pro dospělou osobu při konzumaci 100gramové tabulky čokolády.



Obrázek 4: Procentuální vyčerpání expozičního limitu pro děti konzumací 100gramové tabulky čokolády.

OLOVO

Porovnání obou studií (ČR a USA)

V tabulce č. 4 jsou uvedeny koncentrace olova naměřené ve vzorcích nakoupených v ČR a pro vzorky studie prezentované v USA.

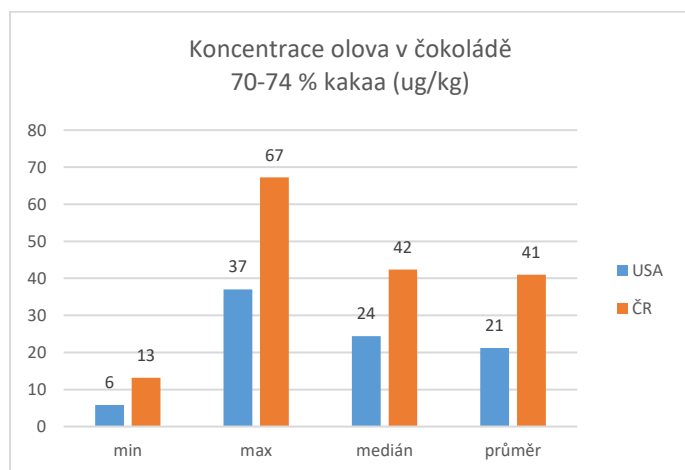
Tabulka 4: Koncentrace olova naměřené v jednotlivých skupinách čokolád z ČR i USA (µg/kg)

Země odběru	ČR					USA	
Skupina	1	2	3	4	5	I	II
Počet vzorků	7	6	7	7	2	14	14
Obsah kakaové sušiny (%)	43-56 %	60-68 %	70-74 %	80-90 %	100 %	70-72 %	80-88 %
min	13,64	6,15	13,13	24,04	17,05	5,82	2,47
max	55,76	52,06	67,23	72,06	19,40	37,04	46,74
medián	25,47	30,10	42,40	46,40	18,23	24,43	11,55
průměr	28,57	31,55	40,99	47,43	18,23	21,16	18,23

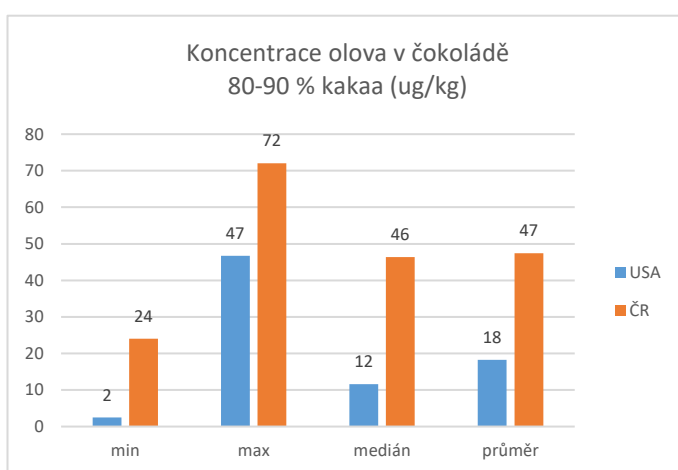
V případě olova se průměrné hodnoty koncentrace blíží (s minimální odchylkou) hodnotám mediánů. Také zde je vidět vzrůstající tendence. S rostoucím obsahem kakaového prášku povolna roste i koncentrace olova. Nárůst ovšem není tak markantní jako u kadmia. U poslední sledované skupiny čokolád z ČR byly k dispozici pouze dva vzorky, u nichž u obou byla naměřena nižší koncentrace olova, pro objektivní zhodnocení by bylo vhodné mít v této skupině více vzorků.

V grafech na obrázcích 5a, 5b jsou vyjádřeny koncentrace olova (statistické parametry) pro obě porovnatelná koncentrační rozmezí (skupiny ČR-3/USA-I, ČR-4/USA-II). V obou skupinách dopadly testované čokolády z ČR výrazně hůře než čokolády z USA. Nejvyšší naměřené koncentrace napříč oběma skupinami i studii

skupinách byly zaznamenány u čokolád z ČR - producent J.D. Gross (skupina ČR-3: J.D. Gross-směs čokolád 70 % kaka, skupina ČR-4: J.D. Gross 85 % kaka, u níž byla naměřena absolutně nejvyšší koncentrace 72 µg/kg.



Obrázek 5a: Porovnání hodnot koncentrací olova obou studií pro skupinu obsahující 70–74 % kaka



Obrázek 5b: Porovnání hodnot koncentrací olova obou studií pro skupinu obsahující 80–90 % kaka

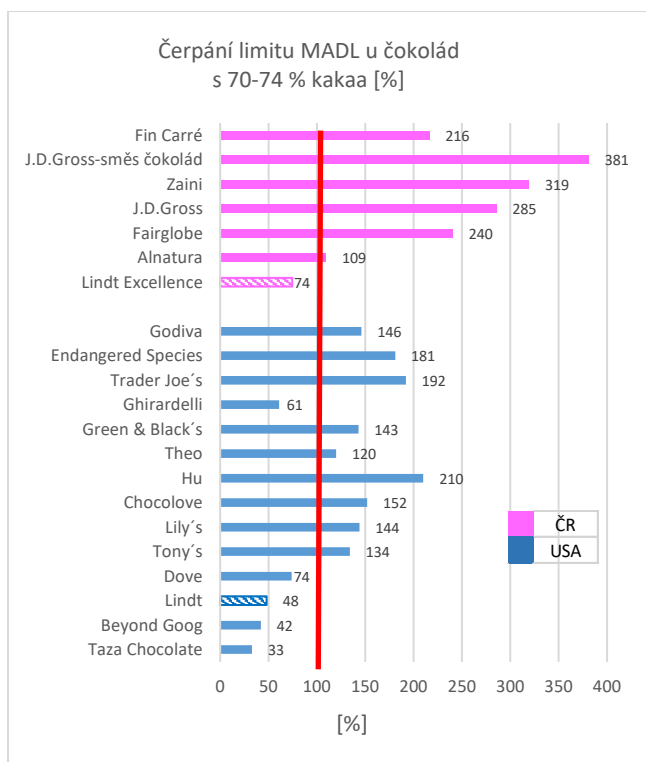
Porovnání čerpání limitu MADL u obou studií (ČR a USA)

Pro olovo není v NK EU 2023/915 stanoven maximální limit olova v čokoládách tak, jak je tomu u kadmia. Nelze proto vyjádřit přímé porovnání s legislativně stanovenou hodnotou jako u kadmia.

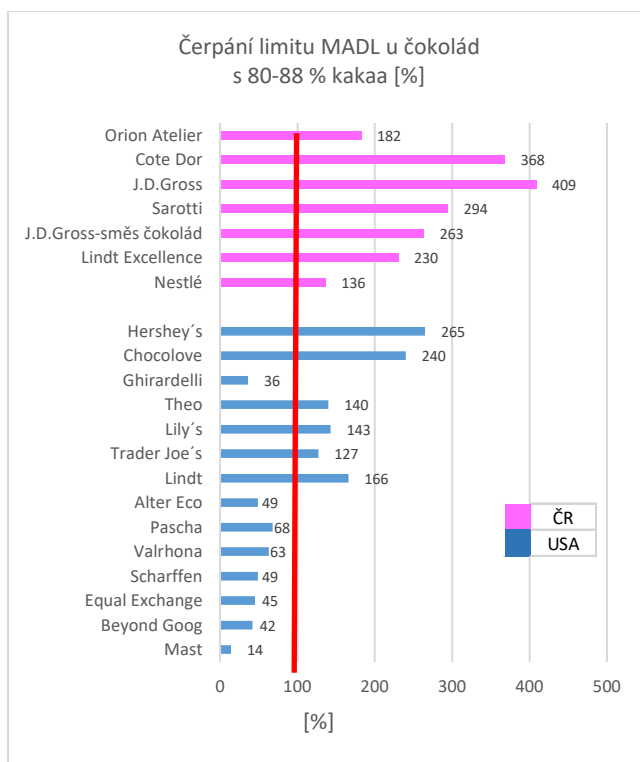
Bylo provedeno pouze porovnání s kalifornským limitem MADL pro olovo (0,5 µg Pb / den). Byly posuzovány stejné soubory vzorků (ČR a USA), hodnocení bylo vedeno se stejnou logikou, jak již bylo popsáno u kadmia. V grafech na obrázcích 6a, 6b je znázorněno procentuální čerpání/překročení tohoto limitu při konzumaci 1 unce (28 g) čokolády.

Jak je patrné, ve skupinách čokolád ČR-3/USA-I (70–74 % kaka) by konzumace 1 unce (28 g) téměř všech čokolád z ČR znamenala překonání limitní hodnoty MADL (0,5 µg/den = 100 %), vyjma jediné čokolády Lindt 70 % (čerpání pouze ze 74 %). Nejhuře dopadla čokoláda J.D. Gross-směs čokolád 70 % s překročením 381 %. V americké studii by překonalo stanovenou limitní hranici 9 vzorků čokolád ze 14 testovaných. Porovnání čokolád Lindt 70% z ČR a USA ukazuje na nižší zatížení olovem u americké varianty tohoto výrobku (USA verze vyčerpala limit o 26 % méně než verze z ČR).

Ve skupinách čokolád ČR-4/USA-II (obsah kaka 80–90 %) by byla, v případě konzumace 1 unce (28 g) čokolád z ČR, překročena limitní hranice u všech testovaných druhů čokolád. Absolutně nejvíce přečerpala limit čokoláda z ČR J.D. Gross s 85 % kaka s výsledkem 409 %. V případě čokolád z USA překonalo limitní hranici 6 čokolád ze 14. Nejhorší výsledek dosažený u čokolády Hershey's, který činil 265 %, byl téměř poloviční ve srovnání s čokoládou z ČR J.D. Gross.



Obrázek 6a: Porovnání hodnot olova obou studií pro skupinu obsahující 70–74 % kakaa z hlediska čerpání limitu MADL



Obrázek 6b: Porovnání hodnot olova obou studií pro skupinu obsahující 80–90 % kakaa z hlediska čerpání limitu MADL

Hodnocení dietární expozice čokolád

Pro olovo nejsou stanoveny expoziční limity EFSA stanoveny, PTWI (ECFA FAO/WHO) byl zrušen, RfD (US EPA) hodnotu nestanovuje. Jsou pouze detailně zpracovány expozice olovu na základě rizik a působení Pb v organismu (MOE BMDL10 kardio, nefo, neurotoxocita) (14). Ve formátu obecně postihujícím expozici jako v případě kadmia nelze proto dietární expozici hodnotit.

ZÁVĚR / CONCLUSIONS

Byly změřeny, vyhodnoceny a porovnány výsledky analýz 29 vzorků hořkých čokolád odebraných v běžné spotřební síti ČR. Při výběru a nákupu vzorků byl respektován legislativní požadavek na klasifikaci hořkých čokolád. Analýza byla zaměřena na stanovení těžkých kovů. Pozornost byla věnována především kadmii a olovu v návaznosti na závěry prezentované v americké studii.

Vyhodnocení naměřených dat a posouzení výsledků studie ČR potvrzují, že se vzrůstajícím obsahem celkové kakaové sušiny v čokoládách roste i koncentrace kontaminujících látek. Koncentrace kadmia, naměřené v individuálních vzorcích, se pohybovaly v rozmezí 27,3–234 µg/kg. Průměrná hodnota koncentrace celého souboru dat (128 µg/kg) koresponduje s hodnotou mediánu (126 µg/kg). Obsah kadmia byl **porovnán s maximálním limitem** pro kadmium. Lze konstatovat, že všechny námi testované vzorky čokolád tento předpis splňovaly, stejně tak by dopadly i vzorky prezentované ve studii americké. Při posuzování výsledků obou studií podle **kalifornského limitu MADL** jsme dospěli, vzhledem k velmi přísnému limitu MADL, k odlišným, ale logickým, závěrům. Porovnání proběhlo pouze u dvou skupin (70–80 %, 80–90 % kakaa –

průnik mezi oběma studiemi). Z čokolád nakoupených v ČR přesáhlo tento limit 8 ze 14 testovaných čokolád. V americké studii překonalo limit 13 z 28 testovaných. Pro **konfrontaci s expozičním limitem** stanoveným EFSA byly zvoleny dvě populační skupiny (dospělí o hmotnosti 75 kg a děti o hmotnosti 20 kg) a byla uvažována (hypotetická) konzumace 100 g tabulky čokolády za den. V případě dospělých osob by nebyl dosažen denní expoziční limit pro kadmium ani u jednoho výrobku. U dětí by konzumace 100 g výrobku vedla k překročení denní limitní hranice u 20 čokolád z testovaných 29. Je ovšem nutné zdůraznit, že námi modelově vypočtená expozice je vztažena k málo pravděpodobné konzumaci celé 100gramové tabulky čokolády za den. Reálná spotřeba čokolády dle SISP 2004 (15) je pro dospělou osobu cca 3,5 g/den a pro dítě cca 1,1 g/den.

Při hodnocení obsahu **olova** byl zaznamenán velmi mírně stoupající trend. Průměrná hodnota koncentrace olova všech čokolád (35,95 µg/kg) koresponduje s hodnotou mediánu celého souboru dat (33,10 µg/kg). Naměřené koncentrace v individuálních vzorcích se pohybovaly v rozmezí 6,15–72,06 µg/kg. V případě čokolád z ČR byly všechny porovnávané parametry (minimální a maximální hodnoty, průměrné hodnoty a mediány) vyšší než u čokolád z USA. Pro čokolády **není stanovena limitní hodnota** olova, porovnání s americkou studií bylo realizováno pouze dle **kalifornského limitu MADL**. V tomto případě 13 ze 14 námi testovaných českých výrobků přesáhlo tento limit. V americké studii překročilo limit 15 čokolád z 28 testovaných. **Expoziční limity** pro olovo pro posouzení komplexní dietární expozice, jako v případě kadmia, stanoveny nejsou.

Při posuzování ostatních kontaminujících prvků (**arsen, nikl, hliník a chrom**) byl zaznamenán mírně rostoucí trend zatížení těmito prvky se zvyšujícím se obsahem kakaového prášku. V případě **rtuti** nebyla zaznamenána závislost mezi kontaminací čokolád rtutí a vzrůstajícím obsahem kakaového prášku. Porovnávány byly vypočtené hodnoty průměru a mediánu v rámci jednotlivých skupin.

Výsledky studie obecně potvrdily stoupající trend obsahu měřených kontaminujících prvků se zvyšujícím se obsahem kakaa. Tendence posuzování kvality čokolád a čokoládových výrobků podle obsahu kakaa (čím více kakaa, tím kvalitnější výrobky) je proto z pohledu zátěže nežádoucími látkami zavádějící. S ohledem na zvyšující se komplexní civilizační zátěž populace kontaminujícími látkami je třeba snažit se primárně předcházet kontaminaci kakaových bobů a činit vhodné kroky vedoucí k redukci kontaminantů (procesy pěstování, zpracování bobů, technologie výroby potravinářských produktů). Vhodné aktivity se již uplatňují na vědecké úrovni, jsou testovány u některých producentů (7).

PODĚKOVÁNÍ / ACKNOWLEDGEMENT

Príspevek byl zpracován s podporou MZ ČR – RVO (SZÚ, 75010330).

LITERATURA / REFERENCES

Consumer Reports (2022): Lead and Cadmium Could Be in Your Dark Chocolate. [cit. 2024-01-22].

<https://www.consumerreports.org/health/food-safety/lead-and-cadmium-in-dark-chocolate-a8480295550/>

dTest (2017): Test levných hořkých čokolád. [cit. 2024-01-22].
<https://www.dtest.cz/clanek-6071/test-levnych-horkych-cokolad-2017#horke-cokolady>

EFSA (2009): SCIENTIFIC OPINION Cadmium in Food. [cit. 2024-01-22].
<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2009.980>

EFSA (2010): SCIENTIFIC OPINION Scientific Opinion on Lead in Food. [cit. 2024-01-22].
<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2010.1570>

Rüegg, P., (2016): Cadmium, cocoa beans and chocolate. Zürich: Eidgenössische Technische Hochschule Zürich. [cit. 2024-01-22].
<https://ethz.ch/en/news-and-events/eth-news/news/2016/11/cadmium-cocoa-beans-and-chocolate.html>

Lo Dico, G. M. et al. (2018): Toxic metal levels in cocoa powder and chocolate by ICP-MS method after microwave-assisted digestion. Food Chemistry, vol. 245, 1163–1168. [cit. 2024-01-22]
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814617318721>

Medium (2019): A light overview of heavy metals – a cadmium story [cit. 2024-01-22].
<https://uncommoncacao.medium.com/a-light-overview-of-heavy-metals-a-cadmium-story-6ec076d2253e>

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/36/ES o kakaových a čokoládových výrobcích určených k lidské spotřebě [cit. 2024-01-22].
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A02000L0036-0131118>

MZe (2003): Vyhláška č. 76/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro přírodní sladidla, med, cukrovinky, kakaový prášek a směsi kakaa s cukrem, čokoládu a čokoládové bonbony [cit. 2024-01-22]
<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2003-76#oddil5>

Nařízení Komise (EU) č. 2023/915 ze dne 25. dubna 2023 o maximálních limitech některých kontaminujících látek v potravinách a o zrušení nařízení (ES) č. 1881/2006 [cit. 2024-01-22]
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2023.119.01.0103.01.CES&toc=OJ%3AL%3A2023%3A119%3ATO

OEHHA (2023): Proposition 65 No Significant Risk Levels (NSRLs) and Maximum Allowable Dose Levels (MADLs) [cit. 2024-01-22] <https://oehha.ca.gov/proposition-65/general-info/current-proposition-65-no-significant-risk-levels-nsrls-maximum>

OEHHA (2001): Proposition 65 Maximum Allowable Daily Level (MADL) for Reproductive Toxicity for Cadmium (Oral Route) [cit. 2024-01-22] <https://oehha.ca.gov/media/downloads/crn/cadmium20madl.pdf>

OEHHA (2001): No Significant Risk Levels (Nsrls) For The Proposition 65 Carcinogens Lead And Lead Compounds (Oral) [cit. 2024-01-22] <https://oehha.ca.gov/media/downloads/crn/leadoralnsrl.pdf>

Ruprich, J. et al. (2022): Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ČR ve vztahu k životnímu prostředí, Subsystem IV, Zdravotní důsledky zátěže lidského organismu cizorodými látkami z potravinových řetězců, dietární expozice, Státní zdravotní ústav Praha 2022, str. 239-365, ISBN 978-80-7071-418-8 [cit. 2024-01-22] https://szu.cz/wp-content/uploads/2022/12/Vysledky_systemu_2021.pdf

Ruprich, J., Dofková, M., Řehůřková, I., Slaměníková, E., Resová, D. (2006): Individuální spotřeba potravin - národní studie SISP04. SZÚ Praha 2006. [cit. 2024-01-22] <http://czvp.szu.cz/spotrebapotravin.htm>

Kontaktní adresa / Contact Information: RNDr. Jana Řeháková, Státní zdravotní ústav, Centrum zdraví, výživy a potravin, Palackého tř. 3a, 612 42 Brno, Česká republika, e-mail: jana.rehakova@szu.cz