

Polychlórované bifenyly v materskom mlieku na Slovensku

JÁN PETRÍK - BEÁTA DROBNÁ - JANA CHOVANCOVÁ
- ANTON KOČAN - STANISLAV JURSA

SÚHRN. Polychlórované bifenyly (PCB) sa analyzovali vo vzorkách materských mliek od prvorodičiek zo šiestich modelových oblastí Slovenska. Koncentrácie PCB dosahovali v priemere $(862 \pm 417) \text{ ng.g}^{-1}$ mliečného tuku. Najvyššie hodnoty (aritmetický priemer = 1318 ng.g^{-1} , $n = 12$) sa našli v lokalite bývalého výrobcu PCB. Stanovené hodnoty predstavujú sumu 9 PCB kongenénov - 28, 52, 101, 105, 118, 138, 153, 156 a 180. Dominantné zastúpenie mali kongenéry 138, 153 a 180. Odhadnuté denné príjmy novorodencov z materského mlieka predstavujú 0,9 až $13,6 \mu\text{g.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$ pri predpokladanej spotrebe 750 ml mlieka denne. Priemerná hodnota denného príjmu je $(5,5 \pm 3,1) \mu\text{g.kg}^{-1}.\text{d}^{-1}$.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: materské mlieko; polychlórované bifenyly; PCB; denný príjem

Polychlórované bifenyly (PCB) tvoria komplexnú zmes 209 kongenénov s rôznym počtom atómov chlóru v molekule [1]. PCB kongenéry s vyšším počtom atómov chlóru majú väčšie zastúpenie vo väčšine biotických vzoriek, pretože sú silne lipofilné, chemicky stabilné, ťažko podliehajú biodegradácii a akumulujú sa v potravinovom reťazci. Hlavným zdrojom expozície človeka polychlórovaným bifenylnom je predovšetkým konzumácia mliečnych produktov, mäsa a rýb [2-7]. PCB sú klasifikované ako podozrivé karcinogény pre človeka - skupina 2A [8]. Ich toxicita je závislá od štruktúry. Najvyššiu mieru toxicity vykazujú kongenéry s planárnou štruktúrou [9-16]. Orálna expozícia PCB môže byť spojená s nepriaznivým vplyvom na kardiovaskulárny systém a pečeň vznikom hyperpigmentácie alebo akné [17-19]. Pozorovali sa tiež zdravotné účinky na novorodencov počas dojčenia, resp. vplyvy prenatálnej expozície [18,20,21]. Materské mlieko obsahuje okolo 4,2 % tuku [4] a mnohé práce poukazujú na pomerne vysoký obsah PCB v ňom [22-24]. Kvalita mlieka v tomto zmysle ovplyvňuje úroveň expozície novorodencov

Ing. Ján PETRÍK, Dr., Ing. Beata DROBNÁ, CSc., Ing. Jana CHOVANCOVÁ, CSc.,
Ing. Anton KOČAN, CSc., Ing. Stanislav JURSA, Ústav preventívnej a klinickej medicíny,
Limbová 14, 833 01 Bratislava.

polychlórovaným bifenylo. Z hľadiska prijatého množstva PCB do ľudského organizmu je považované obdobie dojčenia za najdôležitejšie [18,25] a stanovenie obsahu kontaminantov v materskom mlieku je vhodná neinvazívna metóda odhadu rizika pre dojčené deti [4,24]. Pre poznanie rizík je však dôležité monitorovať aj úroveň kontaminácie iných zložiek životného prostredia [18,26-29].

Na Slovensku sa PCB vyrábali od r. 1959 do r. 1984 v Chemko, a.s. Strážske. Technické produkty pod obchodnými názvami DELOR, HYDELOR a DELOTERM sa intenzívne využívali ako teplotnosné kvapaliny, ale tiež ako zložky náterových hmôt [30]. Prítomnosť PCB sa potvrdila vo významných množstvách takmer vo všetkých zložkách životného prostredia SR, vrátane niektorých potravinových komodít a ľudských biologických materiálov [22,31,32], hoci najvyššie prípustné množstvá pre potraviny [23] nie sú v súčasnosti často prekračované [33], hladiny PCB v slovenskej populácii sú pomerne vysoké [22,34-38].

Materiál a metódy

Odber vzoriek

Vzorky materských mliek sa odoberali od dobrovoľných dárkyň - prvoroďčiek bez vážnych metabolických porúch. Dôraz sa kládol na výber dárkyň, u ktorých bolo tehotenstvo a pôrod bez komplikácií. Mlieko sa vzorkovalo podľa smerníc WHO [5] v období 2 až 10 týždňov po pôrode. Odber sa realizoval počas niekoľkých dní v závislosti od množstva mlieka, ktoré bolo možné získať po dojčení. Použil sa biologický materiál iba od dárkyň z radov profesionálne neexponovanej populácie. Vzorka mlieka v množstve minimálne 100 ml sa získala od dárkyne odstriekaním alebo odsatím. Všetky dárkyne porodili iba jedno dieťa, a teda v čase odberu dojčili iba jedno dieťa. Vzorky mlieka sa skladovali v špeciálne čistených sklenených nádobách s teflonovým uzáverom pri teplote $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ v domácnostiach dárkyň. Vzorky sa od dárkyň transportovali v zmrazenom stave, skladovali sa pri teplote $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ až do spracovania. Po rozmrazení sa izoloval tuk, ktorý sa skladoval pri vyššie uvedenej teplote až do ďalšieho spracovania.

Od všetkých zúčastnených dárkyň sa získal písomný súhlas s darovaním mlieka na výskumné účely. Spolu so vzorkou mlieka každá matka vyplnila dotazník, ktorý obsahoval otázky týkajúce sa veku, výšky, hmotnosti pred tehotenstvom a pred pôrodom, stravovacích návykov vrátane konzumácie mliečnych produktov, mäsa a rýb, fajčiarskych návykov, pohlavia dieťaťa, hmotnosti dieťaťa pri narodení a v čase zberania mlieka. Okrem toho boli

v dotazníku otázky zamerané na zamestnanie a charakter bydliska v zmysle možnej kontaminácie z priemyselných zdrojov, resp. automobilovej dopravy.

Odber vzoriek sa uskutočnil v šiestich modelových oblastiach SR: okres Michalovce (výroba PCB), okres Trebišov (možný vplyv severne lokalizovaného bývalého výrobcu PCB cestou kontaminovanej vody rieky Laborec, prípadne ovzduším), okres Veľký Krtíš (havarijná kontaminácia kravského mlieka a mliečnych výrobkov s PCB v rokoch 1989-1992 pochádzajúca prevažne z náterov silážnych jám), mesto Bratislava (chemický priemysel, hustá automobilová doprava, spaľovanie komunálnych, priemyselných a iných odpadov), okres Nitra (prevažne poľnohospodárska oblasť), oblasť kopaníc - Myjava a okolie (tzv. pozadová lokalita charakterizovaná domácou produkciou základných potravín).

Analytická metóda

Mliečny tuk sa zo vzoriek materských mliek izoloval extrakciou n-hexánom. Získaný tuk sa v množstve 100 až 200 mg čistil na kombinovanej florisil/ H_2SO_4 -silikagélovej kolóne. Eluát sa analyzoval metódou vysokorozlišovacej plynovej chromatografie s detekciou elektrónového záchytu (HRGC/ECD). Sledované analyty sa kvantifikovali metódou externého štandardu [37].

Izolácia reziduí PCB

Do rozdeľovacieho lievika sa nalialo známe množstvo spojenej vzorky (50 až 100 ml) a pridal sa čerstvo pripravený horúci roztok šťaveľanu sodného (0,5 g/10 ml destilovanej vody). Ďalej sa do rozdeľovacieho lievika pridalo 50 ml etanolu a 20 ml dietyléteru. Táto zmes sa dobre pretrepala a pridalo sa 30 ml n-hexánu. Rozdeľovací lievik s obsahom sa znovu pretrepal. Po odstátí a vytvorení ostrého rozhrania sa spodná vrstva odpustila do kadičky a horná - hexánová sa vypustila do 250 ml varnej vopred zvaženej banky s plochým dnom. Zachytená spodná vrstva sa obdobným spôsobom extrahovala ešte 2-krát. Spojený hexánový eluát sa pretrepal v rozdeľovacom lieviku destilovanou vodou (2×20 ml). V konečnej fáze sa hexánový eluát presušil preliatím cez bezvodý Na_2SO_4 (asi 10 g). Takto spracovaný eluát sa odparil pomocou vákuovej rotačnej odparky. Z mliečneho tuku sa pre vlastnú analýzu na obsah PCB odobralo asi 100 až 200 mg, ktoré sa rozpustili v 1 ml n-hexánu.

Čistenie vzoriek

Hexánový roztok mliečneho tuku sa čistil od interferujúcich látok na kombinovanej florisilovo-silikagélovej kolóne (0,5 g florisilu, 1 g 44 % H_2SO_4 na silikagéli, 0,5 g florisilu a 1 g bezvodého Na_2SO_4). Vzorka vo vialke sa

Pasteurovou pipetou preniesla na kolónu, vialka sa vypláchla 3-krát 0,5 ml n-hexánu. Sledované analyty sa eluovali 10 ml 10 % (v/v) dichlórmétanu v n-hexáne. Eluát zachytávaný do 50 ml banky sa zakoncentroval na vákuovej rotačnej odparke na objem asi 0,5 až 1 ml, Pasteurovou pipetou sa preniesol do vyčistenej 4 ml vialky, banka sa vypláchla 3-krát 0,5 ml n-hexánu, ktorý sa pridal do vialky. Rozpúšťadlo sa vo vialke odfúkalo jemným prúdom dusíka takmer do sucha. Zvyšné rozpúšťadlo sa nechalo odpariť voľne pri izbovej teplote tesne pred analýzou. Reziduá vo vialke sa zriedili n-heptánom na známy objem a 2 μ l sa dávkovali do plynového chromatografu.

Stanovenie obsahu PCB

Analýza sa vykonávala na plynovom chromatografe (Hewlett Packard 5890) s detektorom elektrónového záchytu (HRGC/ECD). Použila sa semipolárna kapilárna GC kolóna DB-5, 60 m, 0,25 mm vnútorný priemer, 0,25 μ m hrúbka filmu (J&W Scientific, USA). Dávkovanie sa vykonalo technikou bez delenia toku nosného plynu (splitless), pracovalo sa za nasledujúcich plynovochromatografických podmienok: 110 °C (1,5 min) - 30 °C.min⁻¹ - 200 °C - 2,5 °C.min⁻¹ - 300 °C, He 200 kPa.

Na kvantitatívne vyhodnotenie sa aplikovala metóda externého štandardu. Použili sa kalibračné roztoky sledovaných PCB kongenérov na piatich koncentračných hladinách.

Identifikácia píkov individuálnych kongenérov PCB sa vykonávala na základe porovnania retenčných časov píkov v chromatogramoch štandardných roztokov s retenčnými časmi vzoriek analyzovaných za rovnakých plynovochromatografických podmienok. V sporných prípadoch bolo možné použiť na kvalitatívne vyhodnotenie metódu kombinácie vysokorozlišovacej plynovej chromatografie s hmotnostným spektrometrom v režime sledovania vybraných iónov (HRGC/LRMS-SIM).

Na zabezpečenie stabilnej kvality analytických meraní bolo nutné dodržiavať pravidlá zabezpečenia a riadenia kvality (QA/QC). Podľa týchto pravidiel sa s každým súborom vzoriek analyzovalo rozpúšťadlo. Obsah sledovaných analytov v rozpúšťadle nesmel prekročiť 1/20 obsahu analytov vo vzorke pri rovnakom zriedení. Na overenie výťažnosti analytickej metódy sa analyzovala vzorka čistého olivového oleja so známym prídavkom sledovaných kongenérov PCB. Vzorky sa riedili na taký objem, aby sa plocha píku stanovovanej zlúčeniny nachádzala v rozsahu plôch zodpovedajúceho analytu na kalibračnej krivke (podľa možnosti v strede tohto rozsahu). Jednotlivý kongenér PCB sa kvantifikoval iba v prípade, ak sa retenčný čas píku zodpovedajúceho analytu vo vzorke a štandardnom roztoku zhodoval s presnosťou 6 s.

Výsledky a diskusia

Hladiny PCB v materských mliekach

Charakteristiky matiek a detí zaradených do štúdie sú uvedené v tab. 1. Celkovo bolo odobratých 67 vzoriek materských mliek. Z celkového počtu dobrovoľných dárkyň 42 žilo posledných minimálne 5 rokov v meste alebo lokalite, ktorú bolo možné považovať za mestskú oblasť. Zvyšok dárkyň pochádzal z typicky vidieckych lokalít. Vek matiek sa pohyboval v rozsahu 17–30 rokov (priemer = 22,1). Indexy telesnej hmotnosti (BMI) pred tehotenstvom a pred pôrodom dárkyň pochádzajúcich z vidieckych oblastí boli

TABUĽKA 1. Charakteristiky matiek a ich detí v mestských (n = 42) a vidieckych (n = 25) oblastiach Slovenska v r. 1992–1994.
TABLE 1. Characteristics of mothers and their children in urban (n = 42) and rural (n = 25) areas of Slovakia in 1992–1994.

	Mestská oblasť ¹	Vidiecka oblasť ²	Spolu ³
Počet matiek ⁴	42	25	67
Vek matiek [roky] ⁵			
Aritmetický priemer ± smerodajná odchýlka ⁶	22,2 ± 3,1	21,3 ± 2,8	22,1 ± 3,0
Rozsah ⁷	17 - 30	18 - 29	17 - 30
BMI pred tehotenstvom ⁸ [kg.m ⁻²]			
Aritmetický priemer ± smerodajná odchýlka	19,6 ± 2,4	22,3 ± 4,2	20,6 ± 3,3
Rozsah	15,2 - 25,9	16,3 - 35,4	15,2 - 35,4
BMI pred pôrodom ⁹ [kg.m ⁻²]			
Aritmetický priemer ± smerodajná odchýlka	24,4 ± 2,4	26,8 ± 4,5	25,3 ± 3,4
Rozsah	19,8 - 29,8	19,6 - 37,3	19,6 - 37,3
Pôrodná hmotnosť dieťaťa ¹⁰ [g]			
Aritmetický priemer ± smerodajná odchýlka	3147 ± 391	3282 ± 507	3198 ± 436
Rozsah	2400 - 3850	2250 - 4110	2250 - 4110
Pôrodná hmotnosť dieťaťa podľa pohlavia ¹¹ [g]			
Aritm. priemer ± sm. odch. (chlapci) ¹²	3196 ± 401	3283 ± 583	3231 ± 471
Aritm. priemer ± sm. odch. (dievčatá) ¹³	3101 ± 389	3282 ± 433	3163 ± 400
Obsah tuku v materskom mlieku ¹⁴ [%]			
Aritmetický priemer ± smerodajná odchýlka	3,2 ± 1,3	3,5 ± 1,0	3,3 ± 1,2
Rozsah	0,8 - 6,7	1,4 - 5,5	0,8 - 6,7
Koncentrácia PCB (suma kongenérů 28, 52, 101, 105, 118, 138, 153, 156 and 180) [ng.g ⁻¹ _{tuku}] ¹⁵			
Aritmetický priemer ± smerodajná odchýlka	908,5 ± 360,2	784,0 ± 497,1	862,1 ± 417,3
Rozsah	291,4 - 1889,8	298,0 - 2785,6	291,4 - 2785,6

1 - urban area, 2 - rural area, 3 - total, 4 - number of mothers, 5 - maternal age [years], 6 - arithmetic mean ± standard deviation, 7 - range, 8 - BMI before pregnancy, 9 - BMI before delivery, 10 - weight of child at delivery, 11 - weight of child at delivery by sex, 12 - arithmetic mean ± standard deviation (male), 13 - arithmetic mean ± standard deviation (female), 14 - fat content in human milk, 15 - PCB (sum of PCB-28, 52, 101, 105, 118, 138, 153, 156 and 180 congeners) concentration [ng.g⁻¹_{milk fat}].

TABUĽKA 2. Hladiny vybraných kongenéro PCB vo vzorkách materských mliek z modelových oblastí Slovenskej republiky.

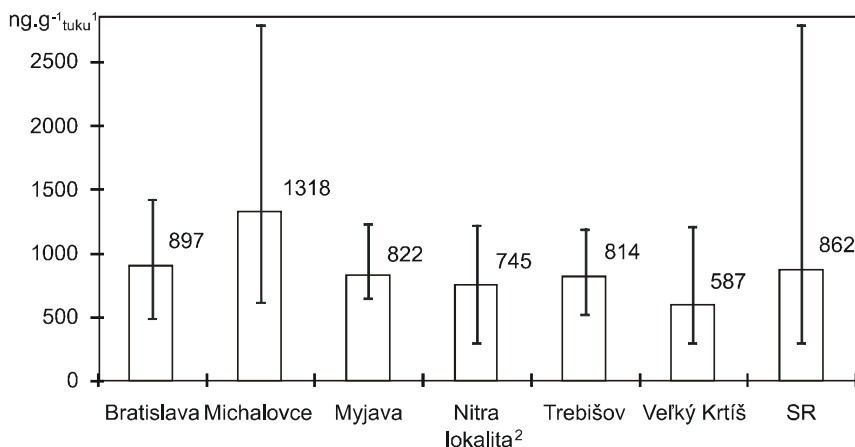
TABLE 2. Levels of selected PCB congeners in human milk samples from model regions of the Slovak Republic.

Kongenér ¹	Priemerný obsah PCB [ng.g ⁻¹ _{tuku}] ²						
	Bratislava	Michalovce	Myjava	Nitra	Trebišov	Veľký Krtíš	Všetky vzorky ³
Počet daryň ⁴	14	12	5	9	12	15	67
PCB-28	4,2	22,8	1,6	27,8	3,1	5,4	10,6
PCB-52	0,94	11,3	1,0	22,6	1,9	5,0	6,8
PCB-101	1,4	5,0	0,80	3,6	1,9	2,7	2,7
PCB-138 (+163)	241	337	226	179	207	155	224
PCB-153	347	479	324	245	322	227	324
PCB-180	208	301	192	188	208	141	206
PCB-105	8,5	24,9	5,7	6,0	4,2	2,8	8,8
PCB-118	40,7	65,8	33,9	31,9	26,9	21,6	36,8
PCB-156	45,5	71,2	36,1	40,9	38,5	26,4	43,3
ΣPCB (9 kongenéro) ⁵	897	1318	822	745	814	587	862

1 - congener, 2 - mean content of PCB [ng.g⁻¹_{milk fat}], 3 - all samples, 4 - number of donors, 5 - sum of PCB (9 congeners).

signifikantne vyššie ako z mestských oblastí ($P = 0,0012$, $P = 0,005$, $\alpha = 0,05$). Obsah tuku v materskom mlieku daryň z vidieka sa však od daryň z mesta výrazne nelíšil.

Koncentrácie PCB vo vzorkách materského mlieka (priemerné hodnoty v sledovaných okresoch) sú uvedené v tab. 2. Grafické porovnanie na obr. 1 poukazuje na relatívne malé rozdiely medzi hladinami PCB vo vzorkách materských mliek z jednotlivých okresov, okrem vzoriek z michalovského okresu. Priemerná koncentrácia sumy 9 sledovaných PCB kongenéro z všetkých vzoriek je 862 ng.g⁻¹. Hodnoty PCB v mliekach z michalovského okresu (aritmetický priemer = 1318 ng.g⁻¹) sú štatisticky signifikantne vyššie v porovnaní s výsledkami z iných sledovaných okresov ($\alpha = 0,05$, $P_{\text{Brat}} = 0,034$, $P_{\text{Nit}} = 0,018$, $P_{\text{Treb}} = 0,012$ a $P_{\text{VKrt}} = 0,0003$). Iba lokalita myjavských kopaníc nevykazuje štatisticky signifikantný rozdiel oproti Michalovciam. Tento fakt je spôsobený malým počtom vzoriek materských mliek v súbore ($n = 5$), hoci priemer je podobný ako v iných sledovaných okresoch (tab. 2). V prípade rozdelenia celého súboru na vzorky pochádzajúce z mestskej a vidieckej oblasti (tab. 1) nebol medzi obsahmi PCB signifikantný rozdiel ($\alpha = 0,05$, $P = 0,24$). Je to spôsobené tým, že „vidiecka“ časť vzoriek Michalovského okresu ($n = 4$, aritmetický priemer = 1542 ng.g⁻¹)



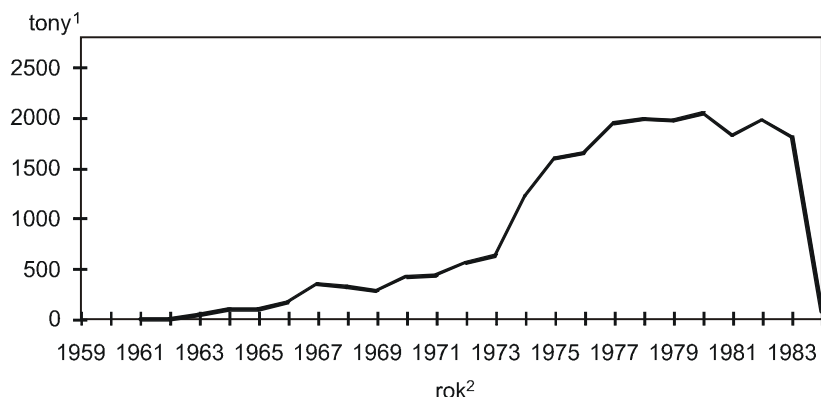
OBR. 1. Priemerné hladiny PCB (suma PCB-28, 52, 101, 105, 118, 138, 153, 156 a 180) stanovených v materských mliekach slovenských žien - prvorodičiek.

FIG. 1. Mean PCB levels (sum of PCB-28, 52, 101, 105, 118, 138, 153, 156 and 180) in human milk of Slovak primiparas.

1 - ng.g⁻¹fat, 2 - region.

výrazne prevyšuje hodnoty PCB z „mestských“ vzoriek ostatných sledovaných lokalít ($n = 33$, priemer = $838,7 \text{ ng.g}^{-1}$). Ak sa vylúčili vzorky michalovského okresu z celého testovaného súboru, zistil sa štatisticky významný rozdiel stredných hodnôt (vidiek $639,6 \text{ ng.g}^{-1}$, mesto $838,7 \text{ ng.g}^{-1}$) obsahu PCB v materských mliekach pochádzajúcich z mestských a vidieckych oblastí ($\alpha = 0,05$, $P = 0,01$). Priemerná hmotnosť narodených detí bola (3198 ± 439) g. Nebol pozorovaný významný rozdiel v pôrodnej hmotnosti detí z mesta a vidieka, resp. ani medzi chlapcami a dievčatami. Taktiež neexistuje žiadna korelácia hmotnosti všetkých novorodencov a obsahu PCB v materských mliekach ($R^2 = 0,0019$, $n = 66$).

Zvýšené hladiny PCB v lokalite Michalovce pravdepodobne súvisia s celkovou kontamináciou životného prostredia tejto oblasti vplyvom bývalej výroby PCB. Obr. 2 dokumentuje vyrobené množstvá technických produktov PCB. Podľa odhadov [22] sa v období od začiatku produkcie do r. 1974 dostávalo do kanalizačných vôd asi 700 kg technických PCB ročne. Dobrovoľné darkyne z tohto okresu sa narodili v r. 1966 až 1975, teda v období veľkých únikov PCB do životného prostredia a nárastu výroby. Je možné, že tieto matky patrili medzi prvé „obete“ začínajúcej a rozširujúcej sa kontaminácie životného prostredia, vrátane lokálneho potravinového koša. Hoci



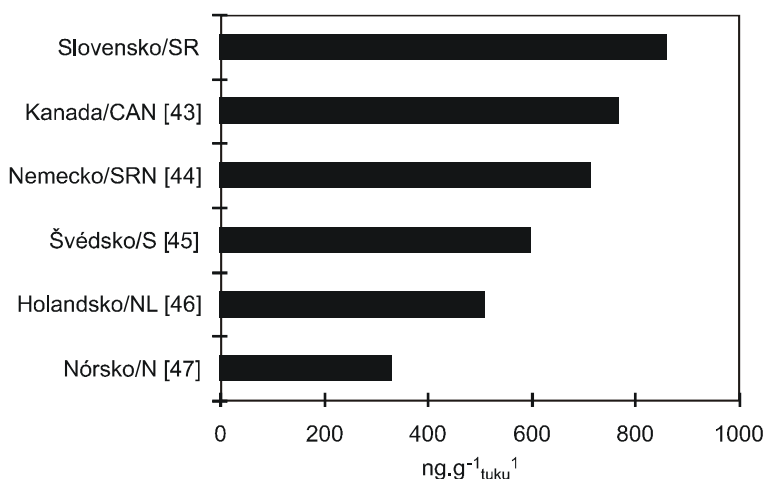
OBR. 2. Profil výroby PCB v Slovenskej republike v rokoch 1959–1984.
 FIG. 2. Profile of PCB production during 1959–1984 in the Slovak republic.
 1 - tons, 2 - year.

dnes kontaminácia požívateľín z tejto oblasti nevyjadruje výrazne zvýšené hodnoty oproti iným okresom, situácia nebola taká vždy [22,37]. Navyše v dnešnej dobe nie je možné jednoznačne určiť vplyv lokálnych zdrojov znečistenia na stav kontaminácie potravinového koša z dôvodu vysokého stupňa distribúcie potravinových komodít. Z dotazníkov daryň tohto okresu nebola zistená pred tehotenstvom a počas tehotenstva žiadna významná zmena v stravovacích návykoch. Všetky daryne sa stravovali zmiešanou stravou. Z osobných údajov taktiež nevyplývala pre žiadnu z daryň možnosť profesionálnej expozície.

Napriek vysoko nadlimitným nálezom PCB v mliečnych výrobkoch v nedávnej minulosti [39], vzorky materských mliek z Veľkého Krtíša vykazovali najnižšiu priemernú hodnotu koncentrácie PCB (587 ng.g^{-1}). Iní autori [40] publikovali z tejto oblasti oveľa vyššiu úroveň kontaminácie. V materských mliekach zistili v priemere až $1930 \text{ ng PCB na } 1 \text{ g tuku}$. Rozdiel medzi výsledkami uvedenej [40] a našej štúdie môže byť ovplyvnený časovým faktorom, resp. odstránením príčin havárie. Vzhľadom na vysoký biologický polčas PCB [4,41] je však pravdepodobne tento rozdiel vo väčšej miere zapríčinený použitím odlišnej analytickej metódy, spôsobom kvantifikácie a v nemalej miere výberom dobrovoľníčok [4], keďže kontaminácia sa prejavila iba v niekoľkých poľnohospodárskych družstvách. Iné vysvetlenie je, že kravské mlieko z týchto zdrojov nebolo konzumované v mieste produkcie, a teda dobrovoľníčky z tejto štúdie neprišli do kontaktu s kontaminovaným mliekom.

Prachár a kol. [42] udávajú priemerný obsah PCB (suma 6 indikátorových kongenénov) v materských mliekach z Bratislavy na približne polovičnej úrovni oproti hodnotám uvedeným v tab. 2. Zistený priemerný obsah PCB zo súboru 50 matiek bol 462 ng.g^{-1} tuku, resp. 210 ng.g^{-1} a 243 ng.g^{-1} pre druho- a treťorodičky.

Porovnanie kontaminácie materských mliek slovenských žien z tejto štúdie so situáciou vo vyspelých krajinách je na obr. 3. Priemerná úroveň kontaminácie materských mliek v Slovenskej republike vykazuje vyššie hodnoty, ako sú publikované údaje z vyspelých krajín. Tento stav je možné dokumentovať aj štúdiou WHO/EURO zameranou na posúdenie zdravotného rizika vyplývajúceho z expozície PCB, polychlórovaným dibenzo-*p*-dioxínom (PCDD) a polychlórovaným dibenzofuránom (PCDF) so zreteľom na dojčatá a na kontrolu a prevenciu kontaminácie životného prostredia [48]. Obsah indikátorových kongenénov PCB (489 ng.g^{-1} tuku) v tukových podieloch materských mliek z porovnávacej oblasti, ktorú predstavoval okres Nitra, je na úrovni maximálnych hodnôt industrializovaných krajín: Belgicko 306, Dánsko 279, Fínsko 189, Holandsko 253 a Španielsko 461 ng PCB na 1 g tuku. Zafažený okres Michalovce je však v tomto smere bezkonkurenčný a obsah indikátorových kongenénov (1015 ng.g^{-1} tuku) dvakrát prevyšuje hodnotu z Nitry. Vzorky z Českej republiky (Kladno verus Nitra a Uherské Hradiště verus Michalovce) obsahovali takmer identické koncentrácie



OBR. 3. Porovnanie hladín PCB v materských mliekach v rôznych krajinách.

FIG. 3. Comparison of PCB levels in human milk from different countries.

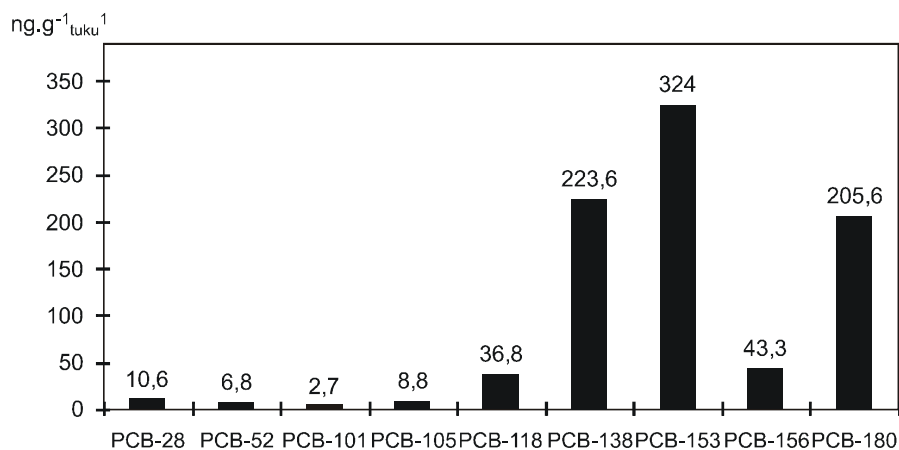
1 - $\text{ng.g}^{-1} \text{fat}$.

PCB. Je zrejmé, že sa prejavil vplyv spoločnej potravinovej, krmivovej a tovarovej základne počas trvania spoločného štátu.

Podobne, ako v prípadoch tukového tkaniva a krvného séra [49], najvyššie zastúpenie vo vzorkách materského mlieka mal kongenér PCB-153, potom PCB-138 (+163) a PCB-180 (obr. 4). Kongenéry 153, 138, 180 a 118 sú všeobecne dominantné v reziduách ľudských materiálov [50,51]. Obr. 5 znázorňuje distribúciu materských mliek podľa obsahu PCB. 84 % analyzovaných vzoriek obsahovalo viac ako 0,5 µg PCB na 1 g tuku.

V spojených vzorkách mliečného tuku boli analyzované aj planárne PCB kongenéry 77, 126 a 169. Kongenér 77 nebol pri detekčnom limite (LOD) = 27 pg.g⁻¹ tuku detegovaný ani v jednej sledovanej lokalite. PCB-126 bol stanovený v priemernej koncentrácii 81 pg.g⁻¹ tuku. Kongenér 169 vykazoval v priemere 51 pg.g⁻¹ tuku. Koncentrácie oboch kongenéroov boli vo vzorke z okresu Michalovce asi o 1/3 vyššie ako v iných sledovaných oblastiach. Zastúpenie a obsah kongenéroov 126 a 169 koreluje s výsledkami vo svete [45,51,52], pričom však autori detegovali aj PCB-77 [45,47,48,51-55].

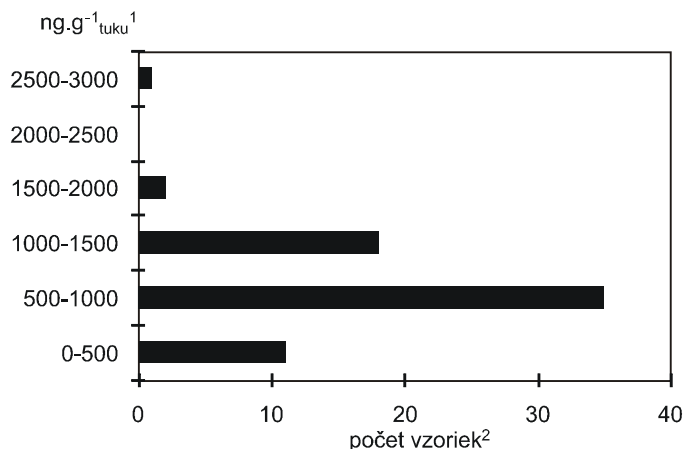
Rozdiely medzi údajmi zo Slovenska a z iných krajín sú spôsobené nielen rozdielmi v početnosti sledovaných súborov vzoriek, odlišnosťami v stravovacích návykoch a charaktere lokality, ale predovšetkým sú spôsobené celkovou úrovňou kontaminácie životného prostredia [33].



OBR. 4. Porovnanie priemerného obsahu jednotlivých PCB kongenéroov vo vzorkách materských mliek slovenských žien (prvorodičky).

FIG. 4. Comparison of mean contents of individual PCB congeners in Slovak primiparas' milk samples.

1 - ng.g⁻¹fat.



OBR. 5. Distribúcia slovenských materských mliek podľa obsahu PCB (suma PCB-28, 52, 101, 105, 118, 138, 153, 156 a 180).

FIG. 5. Distribution of Slovak human milk samples according to PCB contents (sum of PCB-28, 52, 101, 105, 118, 138, 153, 156 and 180).

1 - ng.g⁻¹fat, 2 - number of samples.

Odhad denného príjmu PCB z materského mlieka

Experimentálne údaje podporujú názor, že embryo a plod sú citlivejšie voči nepriaznivým efektom toxických zlúčenín ako dospelé osoby [56,57]. Vnútromaternicová expozícia PCB a expozícia počas dojčenia môže vyvolať vývojové poruchy u detí: nízka pôrodná hmotnosť, nižší stupeň poznávacích schopností, psychomotorické, neurologické a imunologické zmeny, vplyv na činnosť endokrinných žliaz, atď. Ani na základe dlhodobých epidemiologických štúdií nie je možné vylúčiť neželateľné následky v neskoršom vývoji jedinca.

Odhad priemerného denného príjmu PCB novorodenca pri dojčení sa vypočítal z predpokladanej dennej konzumácie materského mlieka, hmotnosti dojčťa a koncentrácie PCB v materskom mlieku. Vypočítané denné príjmy PCB dojčiat z jednotlivých lokalít sú uvedené v tab. 3. Pri výpočte sa uvažovalo s dennou konzumáciou 750 ml mlieka. Ostatné parametre (hmotnosť dieťaťa, tukovosť mlieka, koncentrácia PCB) boli aktuálne pre každú individuálnu vzorku v čase jej odberu. Porovnaním hodnôt denných príjmov dojčiat michalovského okresu (aritmetický priemer = 7,8 μg.kg⁻¹.d⁻¹) s dojčatami z ostatných lokalít (aritmetický priemer = 4,9 μg.kg⁻¹.d⁻¹) sa zistil štatisticky významný rozdiel ($\alpha = 0,05$, $P = 0,0033$). Vypočítané hodnoty denných príjmov sú však skreslené viacerými faktormi.

TABUĽKA 3. Odhad denného príjmu (DI) PCB z materského mlieka.
TABLE 3. Estimation of daily intake (DI) of PCB by human milk.

Lokalita ¹	Chlapci ²		Dievčatá ³		Spolu ⁴	
	Počet vzoriek ⁵	DI ⁶ [μg.kg ⁻¹ .d ⁻¹]	Počet vzoriek	DI [μg.kg ⁻¹ .d ⁻¹]	Počet vzoriek	DI [μg.kg ⁻¹ .d ⁻¹]
Bratislava	6	6,8	7	5,4	13	6,1
Michalovce	6	8,3	6	7,2	12	7,8
Myjava	1	7,8	3	5,5	4	6,1
Nitra	5	3,8	4	2,1	9	3,0
Trebišov	5	4,8	7	6,4	12	5,7
Veľký Krtíš	9	3,6	3	5,4	12	4,0
Všetky vzorky ⁷	32	5,4	30	5,6	62	5,5

1 - region, 2 - boys, 3 - girls, 4 - total, 5 - number of samples, 6 - daily intake, 7 - all samples.

Vlastná kontaminácia je pravdepodobne vyššia, nakoľko v tejto štúdii je suma PCB vypočítaná ako súčet iba deviatich kongénov. Na druhej strane do výpočtu denného príjmu nebol zahrnutý faktor gastrointestinálnej absorpcie PCB. Tento môže byť 66–96 % [4,58,59]. Navyše získané hodnoty predstavujú iba aktuálnu hodnotu a nie priemerné hodnoty, keďže počas doby laktácie dochádza k zmene tukovosti mlieka a obsahu organochlórových kontaminantov [4,56]. Odhadnutý denný príjem PCB dojčiat v krajinách bývalej Juhoslávie [60] sa pohybuje v rozsahu 0,75–1,95 μg.kg⁻¹.d⁻¹. Podobne hodnoty publikované pre novorodencov z Walesu [61] dosahujú v priemere 1,3 μg PCB.kg⁻¹.d⁻¹. Naproti tomu Kredl a kol. [62] odhadli denný príjem dojčiat v jihlavskom okrese Českej republiky až na 26 μg.kg⁻¹.d⁻¹.

V niektorých štátoch sa za účelom odhadu rizika akceptuje predbežná hodnota prijateľného denného príjmu (ADI) = 1 μg.kg⁻¹.d⁻¹. Na dosiahnutie tejto predbežnej hodnoty, ktorú navrhuje U.S. FDA [60,63] by priemerná koncentrácia PCB v materskom mlieku v tejto štúdii musela byť menšia ako 160 ng.g⁻¹ tuku. Túto podmienku však nespĺňa ani jedna hodnota zo spracovaného súboru. Prachár a kol. [42] udávajú priemerný denný príjem dojčením v lokalite Bratislava 2,56 μg.kg⁻¹.d⁻¹. Podľa údajov autorov by predbežnú hodnotu ADI 1 μg.kg⁻¹.d⁻¹ spĺňalo asi 40 % odobratých vzoriek materských mliek.

Záver

Úroveň kontaminácie materských mliek s PCB z tejto štúdie poukazuje na zvýšené hodnoty oproti vyspelým krajinám. Z pomerne slabej databázy

výsledkov v tejto oblasti nie je možné odhadnúť vývoj expozície novorodencov na Slovensku. Tento stav poukazuje na nutnosť pokračovať v monitoringu polychlórovaných bifenyllov v materskom mlieku. Materské mlieko je posledný článok potravinového reťazca a dojčené deti takto konzumujú najvyššie koncentrácie perzistentných organických zlúčenín akumulovaných v životnom prostredí. Príjem týchto kontaminantov na jednotku hmotnosti je najvyšší v prvých týždňoch a mesiacoch života, pretože materské mlieko predstavuje celodennú stravu dojčiat. Dojčení novorodenci, podobne ako embryo a plod, predstavujú teda špeciálnu rizikovú skupinu, aj keď výhody dojčenia v zmysle súčasného poznania prevyšujú potenciálne riziko negatívneho vplyvu toxických zlúčenín v materskom mlieku [9,56]. Preto je dôležité, aby budúci výskum v tejto oblasti bol zameraný na charakterizovanie zdravotných rizík (karcinogenéza, reprodukčná a vývojová toxicita, imunitoxicity a neurotoxicity) vyplývajúcich z expozície PCB na požadovanej úrovni a na ich minimalizáciu.

Tieto výsledky boli získané v rámci projektu č. 94023, ktorý bol finančne zabezpečovaný z fondu Slovensko-amerického vedecko-technického programu.

Zoznam skratiek:

ADI	- prijateľný denný príjem
α	- hladina významnosti
BMI	- index telesnej hmotnosti
HRGC/ECD	- vysokorozlišovacia plynová chromatografia s detektorom elektrónového záchytu
HRGC/LRMS-SIM	- vysokorozlišovacia plynová chromatografia v kombinácii s nízkorozlišovacou hmotnostnou spektrometriou v režime sledovania vybraných iónov
LOD	- limit detekcie
P	- pravdepodobnosť testovanej hypotézy o rovnosti dvoch súborov
PCB	- polychlórované bifenily
QA/QC	- zabezpečenie a riadenie kvality
R	- korelačný koeficient
U. S. FDA	- Úrad pre kontrolu potravín a liečiv Spojených štátov amerických

Literatúra

1. DEWAILLY, É. - AYOTTE, P. - LALIBERTÉ, C. - WEBER, J.-P. - GINGRAS, S. - NANTEL, A. J.: Polychlorinated biphenyl (PCB) and dichlorodiphenyl dichloroethylene (DDE) concentrations in the breast milk of women in Quebec. *American Journal of Public Health*, 86, 1996, s. 1241-1246.

2. SAFE, S.: Polychlorinated biphenyls (PCBs), dibenzo-*p*-dioxins (PCDDs), dibenzofurans (PCDFs), and related compounds: environmental and mechanistic considerations which support the development of toxic equivalency factors (TEFs). *Critical Reviews in Toxicology*, 21, 1990, s. 51-88.
3. SAFE, S.: Toxicology, structure-function relationship, and human and environmental health impacts of polychlorinated biphenyls: progress and problems. *Environmental Health Perspectives*, 100, 1992, s. 259-268.
4. SIM, M. R. - MCNEIL, J. J.: Monitoring chemical exposure using breast milk: A methodological review. *American Journal of Epidemiology*, 138, 1992, č. 1, s. 1-11.
5. Polychlorinated biphenyls and terphenyls. *Environmental Health Criteria* No. 140. 2. vyd. Geneva : World Health Organization, 1993. 682 s.
6. SAUER, P. J. J. - HUISMAN, M. - KOOPMAN-ESSEBOOM, C. - MORSE, D. C. - SMITS-VAN PROOIJ, A. E. - VAN DEN BERG, K. J. - TUINSTR, L. G. M. TH. - VAN DER PAAUW, C. G. - BOERSMA, E. R. - WEISGLAS-KUPERUS, N. - LAMMERS, J. H. C. M. - KULIG, B. M. - BROUWER, A.: Effects of polychlorinated biphenyls (PCBs) and dioxins on growth and development. *Human and Experimental Toxicology*, 13, 1994, s. 900-906.
7. ZUCCATO, E. - CALVARESE, S. - MARIANI, G. - MANGIAPAN, S. - GRASSO, P. - GUZZI, A. - FANELLI, R.: Level, sources and toxicity of polychlorinated biphenyls in the Italian diet. *Chemosphere*, 38, 1999, s. 2753-2765.
8. Polychlorinated biphenyls and polybrominated biphenyls. *IARC Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans*, 18, suppl. 7. Lyon : IARC, 1987. 322 s.
9. Levels of PCBs, PCDDs and PCDFs in breast milk. *Environmental Health Criteria* No. 34. Copenhagen : World Health Organization Regional Office for Europe, 1989. 92 s.
10. FISCHER, R. - BALLSCHMITER, K.: Congener-specific identification of technical PCB mixtures by capillary gas chromatography on a n-octyl-methyl silicone phase (SB-Octyl 50) with electron capture- and mass selective detection. *Fresenius Zeitschrift für Analytische Chemie*, 335, 1989, s. 457-463.
11. SAFE, S.: Polychlorinated biphenyls (PCBs): mutagenicity and carcinogenicity. *Mutation Research*, 220, 1989, s. 31-47.
12. MACKAY, D. - SHIU, W. Y. - MA, K. C.: Illustrated handbook of physical-chemical properties and environmental fate for organic chemicals. Vol. I. Ann Arbor - London - Tokyo : Lewis Publishers, 1992. 704 s.
13. MACKAY, D. - SHIU, W. Y. - MA, K. C.: Illustrated handbook of physical-chemical properties and environmental fate for organic chemicals. Vol. II. Ann Arbor - London - Tokyo : Lewis Publishers, 1992. 576 s.
14. AHLBORG, U. G. - BECKING, G. C. - BIRNBAUM, L. S. - BROUWER, A. - DERKS, H. J. G. M. - FEELEY, M. - GOLOR, G. - HANBERG, A. - LARSEN, J. C. - LIEM, A. K. D. - SAFE, S. H. - SCHLATTER, C. - WAERN, F. - YOUNES, M. - YRJÄNHEIKKI, E.: Toxic equivalency factors for dioxin-like PCBs. *Chemosphere*, 28, 1994, s. 1049-1067.
15. AHLBORG, U. G. - LIPWORTH, L. - TITUS-ERNSTOFF, L. - HSIEH, CH.-CH. - HANBERG, A. - BARON, J. - TRICHOPOULOS, D. - ADAMI, H.-O.: Organochlorine compounds in relation to breast cancer, endometrial cancer, and endometriosis: An assessment of the biological and epidemiological evidence. *Critical Reviews in Toxicology*, 25, 1995, č. 6, s. 463-531.
16. VAN DEN BERG, M. - BIRNBAUM, L. - BOSVELD, A. T. C. - BRUNSTRÖM, B. - COOK, P. - FEELEY, M. - GIESY, P. - HANBERG, A. - HASEGAWA, R. - KENNEDY, S. W. - KUBIAK, T. - LARSEN, J. C. - VAN LEEUWEN, F. X. R. - LIEM, A. K. D. - NOLT, C. - PETERSON, R. E. - POELLINGER, L. - SAFE, S. - SCHRENK, D. - TILLITT, D. - TYSKLIND, M. - YOUNES, M. -

- WAERN, F. - ZACHAREWSKI, T.: Toxic equivalency factors (TEFs) for PCBs, PCDDs, PCDFs for humans and wildlife. *Environmental Health Perspectives*, 106, 1998, s. 775-792.
17. Toxicological profile for selected PCBs (Aroclor 1260, 1254, 1248, 1242, 1232, 1221 and 1016). ATSDR/TP-92/16. Atlanta : US Department of Health and Human Services, 1993. 209 s.
18. DeROSA, C. - RICHTER, P. - POHL, H. - JONES, D. E.: Environmental exposures that affect the endocrine system: public health implications. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 1, 1998, s. 3-26.
19. BROWN, J. F. - LAWTON, R. W. - ROSS, M. R. - FEINGOLD, J.: Assessing the human health effects of PCBs. *Chemosphere*, 23, 1991, s. 1811-1815.
20. GUO, Y. L. - LIN, C. J. - YAO, W. J. - RYAN, J. J. - HSU, C. C.: Musculoskeletal changes in children prenatally exposed to polychlorinated biphenyls and related compounds (Yu-Cheng children). *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 41, 1994, s. 83-93.
21. JACOBSON, J. L. - JACOBSON, S. W.: Intellectual impairment in children exposed to polychlorinated biphenyls in utero. *The New England Journal of Medicine*, 335, 1996, č. 11, s. 783-789.
22. KOČAN, A. - PETRÍK, J. - CHOVANCOVÁ, J. - DROBNÁ, B. - JURSA, S. - PAVÚK, M.: Expozícia obyvateľstva polychlórovaným bifenylom a príbuzným zlúčeninám v rizikovej oblasti okresu Michalovce. [Výskumná správa.] Bratislava : Ústav preventívnej a klinickej medicíny, 1999. 155 s.
23. Výnos MP SR a MZ SR č. 981/1996 - 100 z 20.5.1996, ktorým sa vydáva prvá časť a prvá, druhá a tretia hlava druhej časti Potravinového kódexu Slovenskej republiky. *Vestník MZ SR* z 15.7.1996, roč. 44, čiastka 9-13, s. 56-141.
24. SCHOULA, R. - HAJŠLOVÁ, J. - BENCKO, V. - POUSTKA, J. - HOLADOVÁ, K. - VÍZEK, V.: Occurrence of persistent organochlorine contaminants in human milk collected in several regions of Czech republic. *Chemosphere*, 33, 1996, s. 1485-1494.
25. Assessment of health risks in infants associated with exposure to PCBs, PCDDs and PCDFs in breast milk. *Environmental Health Series No. 29*. Copenhagen : World Health Organization Regional Office for Europe, 1988. 116 s.
26. ROGAN, W. J.: Pollutants in breast milk. *Archives of Pediatric and Adolescent Medicine*, 150, 1996, s. 981-990.
27. LANG, V.: Polychlorinated biphenyls in the environment. *Journal of Chromatography*, 595, 1992, s. 1-43.
28. ALCOCK, R. E. - BEHNISH, P. A. - JONES, K. C. - HAGENMAIER, H.: Dioxin-like PCBs in the environment - human exposure and the significance of sources. *Chemosphere*, 37, 1998, s. 1457-1472.
29. SILKWORTH, J. B. - BROWN, J. F.: Evaluating the impact of exposure to environmental contaminants on human health. *Clinical Chemistry*, 42, 1996, s. 1345-1349.
30. HAJŠLOVÁ, J. - VÁVROVÁ, M.: PCB and other organic contaminants in agriculture. *Výživa a potraviny*, 3/91. Praha : Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, 1991. 52 s.
31. CHOVANCOVÁ, J. - PETRÍK, J. - KOČAN, A. - HOLOUBEK, I.: Project TOCOEN. The fate of selected organic pollutants in the environment. XXIII. Sampling and analysis of PCBs, PCDDs and PCDFs in ambient air in Bratislava. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 44, 1994, s. 73-80.
32. KOČAN, A. - PETRÍK, J. - CHOVANCOVÁ, J. - NEUBAUEROVÁ, L. - BEZAČINSKÝ, M.: PCDD, PCDF and PCB levels in stack emissions from Czecho-Slovak waste burning facilities. *Chemosphere*, 23, 1991, s. 1473-1480.
33. KOČAN, A. - DROBNÁ, B. - CHOVANCOVÁ, J. - PETRÍK, J. - SZABOVÁ, E.: Expozícia oby-

- vateľstva polychlórovaným bifenylo a príbuzným zlúčeninám v rizikovej oblasti okresu Michalovce. [Výskumná správa.] Bratislava : Ústav preventívnej a klinickej medicíny, 1998. 92 s.
34. PETRÍK, J. - CHOVANCOVÁ, J. - KOČAN, A. - HOLOUBEK, I.: PCBs in human adipose tissues from different regions of Slovakia. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 34, 1991, s. 13-18.
 35. KOČAN, A. - PETRÍK, J. - DROBNÁ, B. - CHOVANCOVÁ, J.: Levels of PCBs and some organochlorine pesticides in the human population from selected areas of the Slovak Republic. Part I. Blood. *Chemosphere*, 29, 1994, s. 2315-2325.
 36. KOČAN, A. - PETRÍK, J. - DROBNÁ, B. - CHOVANCOVÁ, J.: Levels of PCBs and some organochlorine pesticides in the human population of selected areas of the Slovak Republic. Part II. Adipose tissue. *Organohalogen Compounds*, 21, 1994, s. 147-151.
 37. KOČAN, A. - DROBNÁ, B. - PETRÍK, J. - CHOVANCOVÁ, J. - PATTERSON, D. G. - NEEDHAM, L. L.: Levels of PCBs and selected organochlorine pesticides in humans from selected areas of the Slovak Republic. Part III. Milk. *Organohalogen Compounds*, 26, 1995, s. 186-192.
 38. KOČAN, A. - PETRÍK, J. - CHOVANCOVÁ, J. - DROBNÁ, B. - UHRINOVÁ, H.: Chlórované aromatické zlúčeniny v ľudskom organizme z vybraných modelových oblastí Slovenskej republiky. [Výskumná správa.] Bratislava : Ústav preventívnej a klinickej medicíny, 1995. 170 s.
 39. Správa o výsledkoch kontroly cudzorodých látok za rok 1993. Bratislava : Stredisko pre vyhodnocovanie výskytu cudzorodých látok, Výskumný ústav potravinársky 1994. 21 s.
 40. LENGYELOVÁ, H. - MIŠKOVIC, P. - KORONY, S.: PCB v materskom mlieku v stredoslovenskom kraji. In: *Cudzorodé látky v požívatinách*. Košice : Dom techniky ZSVTS, 1991, s. 82-84.
 41. YAKUSHIJI, T. - WATANABE, I. - KUWABARA, K. - TANAKA, R. - KASHIMOTO, T. - KUNITA, N. - HARA, I.: Rate of decrease and half-life of polychlorinated biphenyls (PCBs) in the blood of mothers and their children occupationally exposed to PCBs. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 13, 1984, s. 341-345.
 42. PRACHAR, V. - VENINGEROVÁ, M. - UHNÁK, J. - KOVAČICOVÁ, J.: Polychlorinated biphenyls in mother milk and adopted cow's milk. *Chemosphere*, 29, 1994, s. 13-21.
 43. DEWAILLY, É. - NANTEL, A. - WEBER, J. P. - MEYER, F.: High level of PCBs in breast milk of Inuit women from Arctic Québec. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 43, 1989, s. 641-646.
 44. GEORGII, S. - BACHOUR, G. - ELMADFA, I. - BRUNN, H.: PCB congeners in human milk in Germany from 1984/85 and 1990/91. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 54, 1995, s. 541-545.
 45. NORÉN, K. - LUNDÉN, A.: Trend studies of polychlorinated biphenyls, dibenzo-*p*-dioxins and dibenzofurans in human milk. *Chemosphere*, 23, 1991, s. 1895-1901.
 46. KOOPMAN-ESSEBOOM, C. - HUISMAN, M. - WEISGLAS-KUPERUS, N. - VAN DER PAAUW, C. G. - TUINSTRÁ, L. G. M. TH. - BOERSMA, E. R. - SAUER, P. J. J.: PCB and dioxin levels in plasma and human milk of 418 Dutch women and their infants. Predictive value of PCB congener levels in maternal plasma for fetal and infant's exposure to PCBs and dioxins. *Chemosphere*, 28, 1994, s. 1721-1732.
 47. JOHANSEN, H. R. - BECHER, G. - POLDER, A. - SKAARE, J. U.: Congener-specific determination of polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in human milk from Norwegian mothers living in Oslo. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 42, 1994, s. 157-171.
 48. Levels of PCBs, PCDDs and PCDFs in human milk. Second round of WHO-coordinated

- exposure study. Environmental Health in Europe No. 3. Copenhagen : World Health Organization Regional Office for Europe, 1996. 121 s.
49. PETRIK, J.: Expozícia populácie Slovenska polychlórovaným bifenylom. [Dizertačná práca.] Brno : Prírodovedecká fakulta Masarykovej univerzity, Katedra chémie životného prostredia a ekotoxikológie, 1996. 105 s.
50. HANSEN, L. G.: Stepping backward to improve assessment of PCB congener toxicities. Environmental Health Perspectives, 106, 1998, s. 171-189.
51. SHE, J. - PETREAS, M. X. - VISITA, P. - MCKINNEY, M. - SY, F. J. - WINKLER, J. J. - HOOPER, K. - STEPHENS, R. D.: Congener-specific analysis of PCBs in human milk from Kazakhstan. Chemosphere, 37, 1998, s. 431-442.
52. DEWAILLY, É. - WEBER, J. P. - GINGRAS, S. - LALIBERTE, C.: Coplanar PCBs in human milk in the province of Québec, Canada: Are they more toxic than dioxin for breast fed infants? Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 47, 1991, s. 491-498.
53. LARSEN, B. R. - TURRIO-BALDASSARRI, L. - NILSSON, T. - IACOVELLA, N. - DI DOMENICO, A. - MONTAGNA, M. - FACCHETTI, S.: Toxic PCB congeners and organochlorine pesticides in Italian human milk. Ecotoxicology and Environmental Safety, 28, 1994, s. 1-13.
54. BORDET, F. - MALLET, J. - MAURICE, L. - BORREL, S. - VENANT, A.: Organochlorine pesticide and PCB congener content of French human milk. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 50, 1993, s. 425-432.
55. HONG, C. S. - XIAO, J. - CASEY, A. C. - BUSH, B. - FITZGERALD, E. F. - HWANG, S. A.: Mono-ortho- and non-ortho-substituted polychlorinated biphenyls in human milk from Mohawk and control women: Effects of maternal factors and previous lactation. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 27, 1994, s. 431-437.
56. CZAJA, K. - LUDWICKI, J. K. - GÓRALCZYK, K. - STRUCIOSKI, P.: Effect of changes in excretion of persistent organochlorine compounds with human breast milk on related exposure of breast-fed infants. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 36, 1999, s. 498-503.
57. BROUWER, A. - AHLBORG, U. G. - VAN DEN BERG, M. - BIRNBAUM, L. S. - BOERSMA, E. R. - BOSVELD, B. - DENISON, M. S. - GRAY, L. E. - HAGMAR, L. - HOLENE, E. - HUISMAN, M. - JACOBSON, S. W. - JACOBSON, J. L. - KOOPMAN-ESSEBOOM, C. - KOPPE, J. G. - KULIG, B. M. - MORSE, D. C. - MUCKLE, G. - PETERSON, R. E. - SAUER, P. J. J. - SEEGAL, R. F. - SMITS-VAN PROOIJ, A. E. - TOUWEN, B. C. L. - WEISGLAS-KUPERUS, N. - WINNEKE, G.: Functional aspects of developmental toxicity of polyhalogenated aromatic hydrocarbons in experimental animals and human infants. European Journal of Pharmacology and Environmental Toxicology. Pharmacology Section 293, 1995, s. 1-40.
58. DUARTE-DAVIDSON, R. - JONES, K. C.: Polychlorinated biphenyls (PCBs) in the UK population: estimated intake, exposure and body burden. The Science of the Total Environment, 151, 1994, s. 131-152.
59. ŠEVČÍK, J. - LENÍČEK, J. - ČÍTKOVÁ, M. - SEKÝRA, M. - RYCHLÍKOVÁ, E.: The polychlorinated biphenyls load for the children's organism. Československá hygiena, 31, 1986, s. 378-382.
60. GALETIN-SMITH, R. - PAVKOV, S. - RONCEVIC, N.: DDT and PCBs in human milk: Implication for breast feeding infants. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 45, 1990, s. 811-818.
61. DUARTE-DAVIDSON, R. - HARRAD, S. J. - ALLEN, S. C. - JONES, K. C.: The relative contribution of individual PCBs, PCDDs and PCDFs to toxic equivalent values derived for bulked human breast milk samples from the UK. Chemosphere, 25, 1992, s. 1653-1663.
62. KREDL, F. - SVOBODNÍK, J. - KHUN, K.: Rezidua chlorovaných pesticidů a poly-

chlorovaných bifenylov v tukové tkáni a mateřském mléce populace okresu Jihlava. Československá hygiena, 35, 1990, s. 149-163.

63. JENSEN, A. A.: Chemical contaminants in human milk. Research Reviews, 89, 1983, s. 104-107.

Do redakcie došlo 28.2.2000.

Polychlorinated biphenyls in human milk in Slovakia

PETRÍK, J. - DROBNÁ, B. - CHOVANCOVÁ, J. - KOČAN, A. - JURSA, S.:
Bull. potrav. Výsk., 39, 2000, p. 177-194.

SUMMARY. Polychlorinated biphenyls (PCBs) in human milk of Slovak primiparas from six model regions of Slovakia were determined. PCB concentrations reached on mean (862 ± 417) ng.g⁻¹ milk fat. The highest levels (arithmetic mean = 1318 ng.g⁻¹, n = 12) were found in the region of the former PCB producer. The determined levels represent the sum of 9 PCB congeners - 28, 52, 101, 105, 118, 138, 153, 156 and 180. PCB congeners 138, 153 and 180 were dominant. Daily intakes by newborns from human milk were estimated to be 0.9–13.6 µg.kg⁻¹.d⁻¹ at a presumed daily milk consumption of 750 ml. The mean daily intake is (5.5 ± 3.1) µg.kg⁻¹.d⁻¹.

KEYWORDS: human milk; polychlorinated biphenyls; PCBs; daily intake