

Kontaminácia potravinového reťazca chlórovanými fenolmi II. Expozícia detskej populácie chlórovanými fenolmi

MONIKA LUKÁCSOVÁ - MARTA VENINGEROVÁ
- JÁN UHNÁK - JAROSLAV ZEMANOVIČ

SÚHRN. V práci sa sledovali hladiny deviatich izomérov chlórovaných fenolov (CF) vo vzorkách materského mlieka, hotovej stravy a pitnej vody. Vo vzorkách materského mlieka boli koncentrácie CF v rozmedzí od 1,4 do 10,3 $\mu\text{g.kg}^{-1}$, v hotovej strave od 0,7 do 33,5 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ a vo vzorkách pitnej vody od 0,0005 do 0,128 $\mu\text{g.l}^{-1}$. Zistené hladiny CF v pitnej vode neprekročili limity určené normou STN 75 7111 a Svetovou zdravotníckou organizáciou. Pre hodnotenie záťaže detského organizmu CF sa vypočítal ich denný príjem a porovnal s hodnotou ADI (Acceptable Daily Intake) pre pentachlórfenol. Priemerný denný príjem PCF materským mliekom bol 57 % a s hotovou stravou sa dostáva do organizmu detí 10,6 % z hodnoty ADI.

Narastajúce znečistenie životného prostredia v našej krajine znamená aj neustále sa zvyšujúcu expozíciu organizmu chlórorganickými zlúčeninami ako sú napr. organochlórové insekticídy a ich degradačné produkty, chlórované benzény, chlórované fenoly (CF) a polychlórované bifenyly. Táto práca sa venuje predovšetkým problematike CF, ktorá u nás nie je ešte dosť známa.

V prvej časti tejto práce [1] sme uverejnili prehľad fyzikálnochemických vlastností, analytických metód stanovenia a výskytu CF v životnom prostredí a v potravinovom reťazci.

Cieľom predloženej práce bolo zistiť hladiny izomérov CF v materskom mlieku, v hotovej strave a v pitnej vode, aby sa poznala skutočná expozícia človeka týmito látkami a odhadnúť možné riziká CF pre detský organizmus na základe jeho skutočnej expozície.

Širokospektrálne používanie CF v poľnohospodárstve a v rôznych odvetviach priemyslu zapríčinilo všadeprítomnosť týchto zlúčenín a ich degradačných produktov v zložkách životného prostredia. Ľudský organizmus je stále vo väčšej miere vystavovaný pôsobeniu uvedených chemických škodlivín,

Ing. Monika Lukáčsová, Ing. Marta Veningerová, CSc., Ing. Ján Uhnák, CSc., Ústav preventívnej a klinickej medicíny, Limbová 14, 833 01 Bratislava.

Ing. Jaroslav Zemanovič, CSc., Katedra mlieka, tukov a hygieny požívatín, Chemicko-technologická fakulta STU, Radlinského 9, 812 37 Bratislava.

ktoré môžu nepriaznivo ovplyvniť dôležité fyziologické funkcie organizmu. Mechanizmus toxického účinku CF je pravdepodobne spojený s reťazovou reakciou ich postupnej dechlorácie v telových tkanivách a vznikom voľných radikálov narušajúcich subcelulárne štruktúry [2]. Vznik peroxidov a ostatných produktov oxidácie lipidov zapríčiňuje inaktiváciu enzýmov a dystrofiu pečene. Chlórované fenoly ovplyvňujú metabolizmus porfyrínov. Štúdie zaoberajúce sa chronickou toxicitou niektorých izomérov CF dokazujú ich kancerogénne vlastnosti [3]. V ľudskom tuku bol identifikovaný konjugát pentachlórfenolu (PCF) s kyselinou palmitovou, čo môže byť jednou z možných príčin súčasného zvýšeného výskytu disfunkcií pankreasu [4].

Z výsledkov uvedených v literatúre [5], avšak aj z našich prác [6-8] je zrejme expozícia všeobecnej populácie CF zapríčinená hlavne konzumom kontaminovaných potravín a pitnej vody.

Materiál a metódy

Materské mlieko

Vzorky materského mlieka sa získavali od jednotlivých matiek prostredníctvom Laktária pri Detskej fakultnej nemocnici v Bratislave. S každou matkou sa vyplnil dotazník, kde boli okrem údajov o veku, bydlisku, zamestnaní aj otázky ohľadne stravovania, fajčenia, užívania liekov, ochorení a pod.

Hotová strava

Vzorky hotovej stravy sa odoberali z materskej školy v Bratislave, 10 dní za sebou v jarom, letnom, jesennom a v zimnom období.

Pitná voda

Okrem stravy sa v tom istom zariadení odoberali vzorky pitnej vody 5 dní za sebou v tých istých ročných obdobiach.

Uskladnenie vzoriek

Vzorky materského mlieka, celodennej stravy a pitnej vody sa najprv dokonale premiešali a zhomogenizovali v mixéri, potom sa premiestnili do sklenených prachovníc a zmrazili na teplotu -20°C .

Analytická metóda

Izolácia CF z uvedených potravín sa uskutočnila simultánnou destiláciou a extrakciou v celosklenenej aparatúre [9] vhodným organickým rozpúšťadlom po predchádzajúcej úprave vzorky. Sledované izoméry sa po derivatizácii s pentafluorbenzylbromidom stanovili metódou kapilárnej plynovej chromatografie s detekciou záchytu elektrónov [6,10-12]. Použité metódy sú dostatočne selektívne a umožňujú stanovovať aj veľmi nízke koncentrácie CF v potravinách.

Výsledky a diskusia

Materské mlieko

Vyšetřilo sa 23 vzoriek materského mlieka. Medzi darkyne materského mlieka sa vybrali len osoby s vyhovujúcim zdravotným stavom. Vek darkýň sa pohyboval od 19 do 30 rokov. Prvorodičiek bolo 67 %, 20 % druhorodičiek, 13 % treťorodičiek. Z prieskumu konzumovania potravín sa zistilo, že 67 % preferovalo zeleninu, ovocie, mlieko a mliečne výrobky, 14 % preferovalo stravu s prevahou zeleniny, ovocia mäsa a mäsových výrobkov, 6 % uviedlo laktovegetariánsky spôsob stravovania. Stredoškolské vzdelanie uviedlo 60 % respondentiek, 27 % vysokoškolské a 13 % základné vzdelanie. Všetky darkyne boli nefajčiarky. Ani jedna netrpela ochorením tráviaceho traktu, žľáz, pankreasu alebo iným ochorením; počas gravidity a dojčenia neužívali žiadne lieky. Respondentky profesionálne neprišli do styku s chemickými, zdraviu škodlivými látkami.

Výsledky obsahov CF v materskom mlieku sú uvedené v tabuľke 1. Priemerné koncentrácie izomérov CF boli od 1,4 do 10,3 $\mu\text{g.kg}^{-1}$. Mediánové hodnoty boli v rozsahu pod medzou stanovenia (p.m.s.) - 8,2 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ a percento pozitívnych vzoriek od 39,1 - 65,2 %. Najvyššia priemerná koncentrácia (10,3 $\mu\text{g.kg}^{-1}$) sa zistila pre PCF so 65,2 % frekvenciou pozitívneho nálezu. V porovnaní s izomérm trichlórfenolu (T₃CF) a tetrachlórfenolu (T₄CF), hladiny 2,4- a 2,6-dichlórfenolu (DCF) boli niekoľkonásobne vyššie. Z výsled-

TABUĽKA 1. Obsah chlórovaných fenolov v materskom mlieku [$\mu\text{g.kg}^{-1}$].

TABLE 1. Levels of chlorinated phenols in human milk [$\mu\text{g.kg}^{-1}$].

Zlúčenina ¹	Priemer ²	Minimum ³	Maximum ⁴	Medián ⁵	% pozitívnych vzoriek ⁶
2,4-DCF	9,7	p.m.s.	39,5	p.m.s.	47,4
2,6-DCF	9,8	p.m.s.	77,8	p.m.s.	40,0
2,3,5-T ₃ CF	2,1	p.m.s.	11,6	p.m.s.	47,8
2,4,6-T ₃ CF	3,2	p.m.s.	40,9	p.m.s.	39,1
2,4,5-T ₃ CF	5,7	p.m.s.	14,6	6,5	64,7
2,3,6-T ₃ CF	1,4	p.m.s.	9,1	p.m.s.	39,1
T ₄ CF*	7,9	p.m.s.	63,0	p.m.s.	43,5
PCF	10,3	p.m.s.	30,3	8,2	65,2

p.m.s. - pod medzou stanovenia (levels below determination limit).

Medza stanovenia (determination limit): DCF, T₃CF: 0,1 $\mu\text{g.kg}^{-1}$; T₄CF: 0,5 $\mu\text{g.kg}^{-1}$; PCF: 1,0 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ [11]. T₄CF* = 2,3,4,5- + 2,3,5,6-T₄CF, n = 23 vzoriek (samples).

1 - chlorophenol isomers, 2 - average, 3 - minimum, 4 - maximum, 5 - median, 6 - % of positive samples.

kov tiež vyplýva, že bolo pomerne dosť vzoriek (viac ako 50 %), v ktorých hladiny CF boli pod medzou stanovenia metódy.

Ako vyplýva z literárneho prehľadu, je len málo údajov o obsahu CF v materskom mlieku. V práci [13] sa uvádzajú hladiny PCF v rozmedzí od 0,21 do 8,5 $\mu\text{g.l}^{-1}$. Prachar [14] uvádza aj iné CF, priemerné koncentrácie boli od 1,3 do 50,7 $\mu\text{g.kg}^{-1}$. Ďalšie údaje sa týkali len kravského mlieka, kde Gajdušková a kol. [9] zistili hladiny CF od 1,44 do 3,5 $\mu\text{g.kg}^{-1}$.

Hotová strava a pitná voda

Pre hodnotenie prísunu študovaných látok z požívatín do ľudského organizmu sú vhodné aj štúdie kontaminácie pitnej vody a hotovej stravy. Vyšetřilo sa preto 80 vzoriek hotovej stravy a 16 vzoriek pitnej vody, ktoré sa odoberali z materskej školy v Bratislave. Výsledky obsahov CF v hotovej strave sú uvedené v tabuľke 2. Priemerné koncentrácie boli v rozsahu od 0,7 do 33,5 $\mu\text{g.kg}^{-1}$. Z výsledkov je zrejmá prevencia izomérov DCF, T₄CF a PCF. Pri porovnávaní priemerných koncentrácií jednotlivých izomérov CF vychádza najvyššia priemerná hodnota pre 2,6-DCF. Mediánové hodnoty boli v intervale p.m.s. - 2,1 $\mu\text{g.kg}^{-1}$, percentá pozitívnych vzoriek od 45,6 do 86,2 %. Rozdiely medzi priemernými koncentraciami a mediánovými hodnotami sa dajú vysvetliť tým, že v jednotlivých vzorkách boli značné rozdiely medzi obsahmi sledovaných látok a tieto mohli nepriaznivo ovplyvniť aritmetický priemer. Významný je tiež pomerne vysoký obsah 2,4,5-T₃CF, priemer 2,9 $\mu\text{g.kg}^{-1}$,

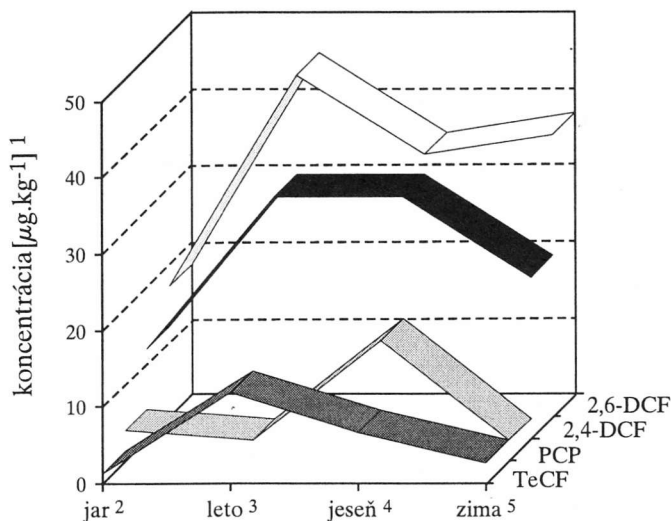
TABUĽKA 2. Obsah chlórovaných fenolov v hotovej strave [$\mu\text{g.kg}^{-1}$].
TABLE 2. Levels of chlorinated phenols in ready meal [$\mu\text{g.kg}^{-1}$].

Zlúčenina ¹	Priemer ²	Minimum ³	Maximum ⁴	Medián ⁵	% pozitívnych vzoriek ⁶
2,4-DCF	24,4	p.m.s.	197,5	2,1	74,0
2,6-DCF	33,5	p.m.s.	210,8	0,6	60,5
2,3,5-T ₃ CF	1,7	p.m.s.	19,1	p.m.s.	46,8
2,4,6-T ₃ CF	0,7	p.m.s.	6,5	p.m.s.	48,1
2,4,5-T ₃ CF	2,9	p.m.s.	21,6	1,6	86,2
2,3,6-T ₃ CF	1,1	p.m.s.	10,5	p.m.s.	45,6
T ₄ CF*	5,3	p.m.s.	90,7	0,1	52,0
PCF	6,3	p.m.s.	98,9	0,3	79,2

p.m.s. - pod medzou stanovenia (levels below determination limit).

Medza stanovenia (determination limit): DCF, T₃CF: 0,5 $\mu\text{g.kg}^{-1}$; T₄CF, PCF: 1,0 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ [6].
T₄CF* = 2,3,4,5- + 2,3,5,6-T₄CF, n = 80 vzoriek (samples).

1 - chlorophenol isomers, 2 - average, 3 - minimum, 4 - maximum, 5 - median, 6 - % of positive samples.



OBR. 1. Sezónne kolísanie hladín chlórovaných fenolov v hotovej strave.
 FIG. 1. Seasonal variations of levels of chlorinated phenols in daily meal.
 jar - spring, leto - summer, jeseň - autumn, zima - winter.

medián $1,6 \mu\text{g.kg}^{-1}$ s 86,2 % frekvenciou výskytu, pretože táto zlúčenina je registrovaná ako karcinogén.

Aby sa zistilo sezónne kolísanie hladín CF v hotovej strave, vzorky sa odoberali v jarnom, letnom, jesennom a v zimnom období (obr. 1.). Hladiny izomérov T₃CF vykazovali nevýrazné odchýlky počas celého roka. Najvýraznejšie rozdiely v priemerných koncentráciách sa zistili u izomérov DCF, najvyššie hladiny boli v letnom období, najnižšie na jar. Pre izoméry T₄CF a pre PCF boli rozdiely menej výrazné.

O hladinách chlórovaných fenolov iných ako PCF v požívatinách jestvuje len veľmi málo údajov. Prachar [14] vo svojej práci stanovil hladiny CF v rôznych potravinách. Najvyššie priemerné hodnoty zistil pre 2,4- a 2,6-DCF, 170 resp. 297,4 $\mu\text{g.kg}^{-1}$, a pre PCF 55,7 $\mu\text{g.kg}^{-1}$. Výsledky prezentované v predloženej práci sú porovnateľné s výsledkami uvedenými v práci [14], avšak naše koncentrácie sú niekoľkonásobne nižšie. Tento rozdiel možno vysvetliť veľkosťou vyšetreného súboru vzoriek hotovej stravy a skutočnosťou, že Prachar [14] uvádza percentá pozitívnych vzoriek v rozmedzí od 73 do 97 %, kým v predloženej práci sa tento interval pohybuje od 45,6 do 86,2 %. V práci [14] sa tiež uvádza, že za najzávažnejší zdroj prieniku nižšie chlórovaných fenolov možno považovať zeleninu, hlavne hlúbovú a koreňovú, kde bola zistená priemerná koncentrácia 2,4-DCF až 1,029 mg.kg^{-1} . V literatúre bolo doteraz uvedených len málo porovnateľných údajov, pričom boli ohraničené len na obsah PCF. V Nemecku bol v celodennej strave stanovený priemerný obsah PCF na úrovni 16 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ [15].

TABULKA 3. Obsah chlórovaných fenolov v pitnej vode [$\mu\text{g.l}^{-1}$].
TABLE 3. Levels of chlorinated phenols in drinking water [$\mu\text{g.l}^{-1}$].

Zlúčenina ¹	Priemer ²	Minimum ³	Maximum ⁴	Medián ⁵	% pozitívnych vzoriek ⁶
2,4-DCF	0,008	p.m.s.	0,082	p.m.s.	12,5
2,6-DCF	0,128	p.m.s.	0,582	0,112	62,5
2,3,5-T ₃ CF	0,050	p.m.s.	0,204	0,013	75,0
2,4,6-T ₃ CF	0,011	p.m.s.	0,061	p.m.s.	43,8
2,3,6-T ₃ CF	0,007	p.m.s.	0,049	0,001	62,5
T ₄ CF*	0,005	p.m.s.	0,022	p.m.s.	50,0
PCF	0,022	p.m.s.	0,101	p.m.s.	50,0

p.m.s. - pod medzou stanovenia (levels below determination limit).

Medza stanovenia (determination limit): DCF: 0,0004 $\mu\text{g.l}^{-1}$, T₃CF; T₄CF: 0,0003 $\mu\text{g.l}^{-1}$, PCF: 0,0006 $\mu\text{g.l}^{-1}$ [10]. T₄CF* = 2,3,4,5- + 2,3,5,6-T₄CF, n = 16 vzoriek (samples).

1 - chlorophenol isomers, 2 - average, 3 - minimum, 4 - maximum, 5 - median, 6 - % of positive samples.

Súčasne so vzorkami hotovej stravy sa analyzovali aj vzorky pitnej vody. Obsahy CF v pitnej vode sú uvedené v tabulke 3. Priemerné koncentrácie jednotlivých izomérov CF sa pohybovali v rozmedzí od 0,005 do 0,128 $\mu\text{g.l}^{-1}$, maximálne od 0,022 do 0,582 $\mu\text{g.l}^{-1}$. Najvyššia hodnota z priemerných koncentrácií sa zistila pre 2,6-DCF, 0,128 $\mu\text{g.l}^{-1}$, so 62,5 % frekvenciou výskytu. V porovnaní s ostatnými izomérmi, hladiny 2,3,5-T₃CF a PCF boli tiež pomerne vysoké. Norma STN 75 7111 pre pitné vody určuje limit pre dichlórfenoly 20 $\mu\text{g.l}^{-1}$ a pre 2,4,6-T₃CF 10 $\mu\text{g.l}^{-1}$. Zistené priemerné, ani maximálne koncentrácie izomérov CF však neprekročili limity povolené normou STN 75 7111. Svetová zdravotnícka organizácia [16] stanovila smerné hodnoty v pitnej vode pre 2-chlórfenol 0,1 - 10 $\mu\text{g.l}^{-1}$, pre 2,4-DCF 0,3 - 40, pre 2,4,6-T₃CF 2 až 300 $\mu\text{g.l}^{-1}$ a pre PCF 9 $\mu\text{g.l}^{-1}$. Na základe organoleptických vlastností WHO odporúča, aby koncentrácia ani jedného individuálneho CF prítomného vo vode neprekračovala 0,1 $\mu\text{g.l}^{-1}$ [15].

Výsledky v tabulke 3. sú porovnateľné s výsledkami v práci Uhnáka a kol. [8], kde sa uvádzajú hladiny CF od 0,005 do 0,094 $\mu\text{g.l}^{-1}$. Nízke koncentrácie izomérov CF, 0,001 - 0,020 $\mu\text{g.l}^{-1}$, sa našli v pitnej vode v oblasti Porýnia, SRN [17]. Najvyššie koncentrácie, 0,003 - 0,02 $\mu\text{g.l}^{-1}$, sa namerali pre 2,4-/2,6-DCF, 0,001 a 0,003 $\mu\text{g.l}^{-1}$ pre 2,4,6-T₃CF a 2,3,4,5-T₄CF resp. 2,4,5-T₃CF a 2,3,4,6-T₄CF. Sithole [18] uvádza iba maximálne koncentrácie CF v pitnej vode v Kanade v rozmedzí od 0,033 do 0,719 $\mu\text{g.l}^{-1}$. Gajdúšková [19] stanovila 0,658 $\mu\text{g.l}^{-1}$ 2,4-DCF, čo je podstatne viac ako u nás a 0,026 $\mu\text{g.l}^{-1}$ PCF v pitnej vode v ČR, čo sa takmer zrovnáva s našimi výsledkami.

Z našich výsledkov, ale aj z literárneho prehľadu je zrejmá prevaha izomérov DCF v pitnej vode, avšak hladiny izomérov CF ani v jednom prípade nepresahujú limity dané normou STN 75 7111 ani smerné hodnoty pre pitnú vodu stanovené Svetovou zdravotníckou organizáciou [16].

Hodnotenie záťaže človeka chlórovanými fenolmi

Aby sme mohli porovnať záťaž organizmu s ADI, musíme poznať skutočný denný príjem jednotlivých chemických látok. Denné príjmy jednotlivých izomérov chlórovaných fenolov s vyšetrovanými požívatinami sú uvedené v tabuľke 4. Výpočet denného príjmu s materským mliekom sa robil pre dieťa s priemernou hmotnosťou 5 kg, pričom sa predpokladalo, že dieťa skonzuovalo priemerne 0,8 kg materského mlieka za deň. Keďže zatiaľ bola určená ADI len pre PCF ($3 \mu\text{g.kg}^{-1}.\text{deň}^{-1}$) [15], môžeme porovnať denný príjem len s touto hodnotou. Pre priemerný príjem to činí 57 % z ADI, ale pri maximálnych hladinách to dosahuje až 160 %. Tieto hodnoty však platia pre dojčatá do určitého veku, kedy konzumujú len materské mlieko. Keď začnú prijímať

TABUĽKA 4. Denný príjem chlórovaných fenolov materským mliekom, hotovou stravou a pitnou vodou [$\mu\text{g.kg}^{-1}.\text{tel.hmotn.}.\text{deň}^{-1}$].
TABLE 4. Daily intake of chlorinated phenols through breast milk, ready meal and drinking water [$\mu\text{g.kg}^{-1}.\text{body weight}.\text{day}^{-1}$].

Zlúčenina ¹	Požívatina ²					
	Materské mlieko ³ n = 23		Hotová strava ⁴ n = 80		Pitná voda ⁵ n = 16	
	priemerný denný príjem ⁶	maximálny denný príjem ⁷	priemerný denný príjem	maximálny denný príjem	priemerný denný príjem [.10 ⁻³]	maximálny denný príjem [.10 ⁻³]
2,4-DCF	1,6	6,3	1,22	9,88	0,6	6,2
2,6-DCF	1,6	12,5	1,68	10,54	9,6	43,7
2,3,5-T ₃ CF	0,3	1,9	0,09	0,96	3,8	15,3
2,4,6-T ₃ CF	0,5	6,5	0,04	0,33	0,8	4,6
2,4,5-T ₃ CF	0,9	2,3	0,15	1,08	-	-
2,3,6-T ₃ CF	0,2	1,5	0,06	0,53	0,7	3,7
T ₄ CF*	1,3	10,1	0,27	4,54	0,4	1,7
PCF	1,7	4,8	0,32	4,95	1,7	7,6

T₄CF* = 2,3,4,5- + 2,3,5,6-T₄CF, n = počet vzoriek (number of samples).

1 - chlorophenol isomers, 2 - foodstuff, 3 - breast milk, 4 - ready meal, 5 - drinking water, 6 - average daily intake, 7 - maximum daily intake.

aj inú stravu, tieto hodnoty by sa museli prepočítať na hmotnosť dieťaťa a príjem stravy.

Pri výpočte denného príjmu CF s pitnou vodou u detí predškolského veku sme vychádzali zo súboru detí s priemernou hmotnosťou 20 kg a predpokladaného príjmu 1,5 l vody za deň. Výsledky sú uvedené v tabuľke 4. Z výsledkov je vidieť, že množstvo CF prijaté pitnou vodou je nízke.

Vyššie hladiny izomérov CF sa dostávajú do detského organizmu hotovou stravou. Výpočet sa robil pre deti s priemernou hmotnosťou 20 kg a s priemerným príjmom 1 kg hotovej stravy za deň. Výsledky sú uvedené v tabuľke 4. S konzumovaním hotovej stravy sa v priemere dostáva PCF do organizmu denne o niečo viac ako 10 % z ADI, ale pri maximálnych hodnotách to môže byť až 165 % ADI.

Zistenie skutočných hladín CF v materskom mlieku, v hotovej strave a v pitnej vode významne prispelo k rozšíreniu poznatkov o možnostiach kontaminácie potravinového reťazca cudzorodými látkami. Výsledky práce týkajúce sa rezíduí PCF v materskom mlieku sú v našich podmienkach prioritné a sú o nich len dve zmienky v prístupnej literatúre. O ostatných izoméroch CF niet zmienky v prístupnej literatúre.

V týchto prácach sa bude pokračovať, aby sme získali obraz aj o expozícii dospeléj populácie.

Literatúra

1. LUKÁCSOVÁ, M. - VENINGEROVÁ, M. - UHNÁK, J. - ZEMANOVIČ, J.: Kontaminácia potravinového reťazca chlórovanými fenolmi. I. Prehľad o situácii vo svete a u nás. Bull. potr. Výsk., 35, 1996, č. 1-2, s. 63-69.
2. FAHRING, R. - NILSON, C. A. - RAPPE, C.: Genetic activity of chlorophenol impurities. In: Pentachlorophenol: chemistry, pharmacology and environmental toxicology. Ed. Rao K. R. New York, Plenum Press 1978, s. 325-338.
3. INGOLS, R. S. - GAFFNEI, P. E. - STEVENSON, P. C.: Biological activity of halophenols. J. Water Pollut. Control. Fed., 38(4), 1966, s. 629-635.
4. GAJDŮŠKOVÁ, V. - JIAXISOVÁ, M.: Hygienicko-toxikologické zhodnocení výskytu chlorofenolů a nitrofenolů a možnosti prevence jejich pronikání do potravinového řetězce. [Závěrečná správa.] Brno, Výzkumný ústav veterinárního lékařství 1988.
5. WHO: Environmental Health Criteria 93: Chlorophenols. Geneva, WHO - IPCS 1989, s. 78-86.
6. VENINGEROVÁ, M. - PRACHAR, V. - UHNÁK, J. - KOVAČIČOVÁ, J.: Polychlorinated phenols in total diet. Z. Lebensm.-Unters. Forsch., 199, 1994, s. 317-321.
7. VENINGEROVÁ, M. a kol.: Analýza rezíduí herbicidů fenoxalkánových kyselin, pyretroidů a ich degradačních produktů. [Závěrečná správa.] Bratislava, Výzkumný ústav preventivního lékařství 1990, s. 34-52.
8. UHNÁK, J. a kol.: Zhodnotenie vplyvu chemických látok z potravín na zdravie detského organizmu. [Správa o plnení výskumného projektu.] Bratislava, Ústav preventívnej a klinickej medicíny 1993, s. 2-44.
9. GAJDŮŠKOVÁ, V. a kol.: Sledování reziduí rizikových herbicidů typu chlórphenolů a nitrofenolů v potravinovém řetězci. [Výzkumná správa.] Brno, Výzkumný ústav veterinárního lékařství 1987, s. 39.

10. VENINGEROVÁ, M. - PRACHAR, V. - UHNÁK, J.: Occurrence of chlorinated phenols in well-waters from West Slovakia. *Fresenius Envir. Bull.*, 2, 1993, s. 386-393.
11. LUKÁCSOVÁ, M.: Chlórované fenoly v potravinách a v biologickom materiáli. [Doktorandská dizertačná práca.] Bratislava 1996. - STU, Chemickotechnologická fakulta. s. 31-42.
12. VENINGEROVÁ, M. - UHNÁK, J. - PRACHAR, V. - KOVAČIČOVÁ, J.: Chlorinated phenols in human milk. *Z. Lebensm.-Unters. Forsch.*, 203, 1996, s. 309-310.
13. BUTTE, W. - FOOKEN, C.: Simultaneous determination of pentachlorophenol and neutral organochlorine compounds in human milk. *Fresenius Z. analyt. Chem.*, 336, 1990, s. 511-514.
14. PRACHAR, V.: Chlórované aromatické zlúčeniny v potravinách a ich vplyv na zdravie človeka. [Doktorandská dizertačná práca.] Bratislava 1993. - STU, Chemickotechnologická fakulta. s. 1-126.
15. WHO: Environmental Health Criteria 71: Pentachlorophenol. Geneva, World Health Organization 1987, s. 236.
16. WHO: Guidelines for drinking water quality. Vol. 1: Recommendations. Geneva, World Health Organization 1993, s. 130.
17. DIETZ, F. - TRAUD, J.: Trace analysis of phenols, especially chlorophenols in water, by gas chromatography: methods and results. *Vom Wasser*, 51, 1978, s. 235-237.
18. SITHOLE, B. B. - WILLIAMS, D. T.: Halogenated phenols in water at forty Canadian potable water treatment facilities. *J. Assoc. off. anal. Chem.*, 69(5), 1980, s. 807-810.
19. GAJDŮŠKOVÁ, V. - ULRICH, R. - JIAXISOVÁ, M.: Residues of chlorinated pollutants in the food chain. In: International East-West symposium on contaminated areas in Eastern Europe origin, monitoring, sanitation. Gosen, International Society of Ecotoxicology and Environmental Safety 1991, s. 64-66.

Do redakcie došlo 11.10.1996.

Chlorinated phenols as food contaminants II. Exposition of children's population to chlorinated phenols

MONIKA LUKÁCSOVÁ - MARTA VENINGEROVÁ
- JÁN UHNÁK - JAROSLAV ZEMANOVIČ

SUMMARY. The objective of the current investigation was to determine the concentrations of nine isomers of chlorinated phenols (CP) in breast milk, ready meals, and drinking water. Concentrations of CP in breast milk ranged from 1.4 to 10.3 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. The CP levels in daily meals varied from 0.7 to 33.5 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, whereas the concentrations of CP in samples of drinking water varied from 0.0005 to 0.128 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. The measured levels of CP were within the limits of both the STN 75 7111 and WHO recommendations. To determine children exposure to CP, the daily intake was calculated and compared with the ADI (Acceptable Daily Intake) value for pentachlorophenol. The average daily CP intake through breast milk represented 57 % of the ADI value. The CP share through ready meals represented 10.6 % of the ADI value.