

Polychlórované bifenyly — aktuálny problém v kontaminácii potravín a životného prostredia

JANA KOVAČIČOVÁ

Súhrn. Polychlórované bifenyly sa pre svoju stálosť a schopnosť hromadiť sa v prostredí stali vážnym ekotoxikologickým problémom. V článku sa uvádza prehľad vlastností a použitia PCB a ich toxikologická charakteristika. Ďalej sa uvádzajú údaje o aktuálnom výskyte PCB v rôznych zložkách prostredia i v potravinách a prehľad o možnostiach analýzy reziduí PCB. V závere sú stručne zhrnuté možnosti náhrady PCB inými materiálmi a likvidácia odpadov PCB.

Polychlórované bifenyly (PCB) boli syntetizované už v minulom storočí a priemyselne sa vyrábajú od dvadsiatych rokov nášho storočia. Základnú štruktúru týchto látok znázorňuje obrázok 1. Poskytuje možnosť substitúcie



Obr. 1. Štruktúra polychlórovaných bifenylov ($n = 1$ až 10).

Fig. 1. The structure of polychlorinated biphenyls ($n = 1$ up to 10).

1 až 10 atómami chlóru s množstvom izomérov: teoreticky možných je 210 homológov a izomérov, z toho 110 sa reálne vyskytuje. Komerčné produkty sú vždy mnohozložkovými zmesami a obyčajne sa charakterizujú obsahom chlóru. PCB s 5 a viac atómami Cl v molekule sa označujú ako vysokochlórované, izoméry so 4 a menej atómami Cl ako nízkochlórované.

Vlastnosti a použitie PCB

Použitie PCB je veľmi rôznorodé a zakladá sa na využití ich zvláštnych fyzikálnych a chemických vlastností. Tieto látky sa vyznačujú chemickou inertnosťou, zvláštnymi dielektrickými charakteristikami a mimoriadnou tepelnou stálosťou. Vďaka svojej štruktúre sú PCB veľmi málo prechavé, temer nerozpustné vo vode a naopak, veľmi dobre rozpustné v nepolárnych organických rozpúšťadlách. Sú odolné proti kyselinám, alkáliám i oxidačným činidlám, na ich spálenie sú potrebné teploty nad 1000 °C.

Tieto vlastnosti predurčili PCB na použitie ako dielektrické kvapaliny pre transformátory a kondenzátory, hydraulické kvapaliny, tepelné médiá, mazadlá pre rýchlootáčkové časti strojov, chladiace kvapaliny pre rýchlorezné obrábacie stroje, ohňovzdorné a hydrofóbne prísady do farieb a náterov. Ďalej sa používajú ako plastifikátory do umelých hmôt, zmäkčovadlá pre fotopapiere, na impregnáciu starého (zberového) papiera a ako nosiče pesticídov.

Je paradoxom, že práve tie vlastnosti PCB, pre ktoré sa stali takými žiadanými výrobkami pre najrôznejšie odvetvia, sú súčasne príčinou problémov, ktoré dnes tieto látky pôsobia v životnom prostredí. Nízka prechavosť a chemická stálosť je príčinou hromadenia PCB v rôznych zložkách prostredia, lipofilný charakter prispieva k výraznej bioakumulácii v tukoch, resp. tukových tkanivách živočíchov i ľudí.

Toxické účinky PCB

Ako je možné, že látky známe 100 rokov a viac ako 60 rokov bežne používané v najrôznejších oblastiach sa až v celkom nedávnej minulosti — koncom šesťdesiatych rokov — začali pokladať za vážny rizikový faktor v životnom prostredí a v potravinách? Predovšetkým PCB nie sú pri krátkodobej expozícii mimoriadne toxické, najmä pre vyššie živočíchy. V krátkodobých toxikologických štúdiách sa získali hodnoty LD_{50} a LC_{50} podstatne vyššie ako v neskorších dlhodobých štúdiách. Toxikologické hodnotenie sa komplikuje aj veľkými rozdielmi v údajoch získaných v rôznych experimentálnych štúdiách, čo do značnej miery zapríčiňuje chemická nejednotnosť prípravkov PCB rôznej proveniencie. Táto variabilita najmä v hodnotení krátkodobej (akútnej) toxicity vyvolala rozsiahlu diskusiu v odbornej literatúre [1, 2].

Je zrejmé, že toxické účinky PCB sa prejavia až pri dlhodobej expozícii, resp. pri kumulácii PCB v organizme. Trvalo preto pomerne dlho, kým si odborná verejnosť uvedomila, že PCB nie sú zďaleka také neškodné, ako sa pô-

vodne predpokladalo. Veľmi podrobný prehľad o biologických účinkoch PCB poskytuje súborná práca [3]. Opis toxických účinkov PCB na ľudí zhrnula Kimbroughová [4, 5].

Prvým impulzom pre uvedenie si rizika z PCB bolo vypuknutie tzv. choroby Yusho v Japonsku roku 1968, ktorá bola vlastne hromadnou akútnou otravou PCB. Ochorelo tu 325 osôb (celkove zasiahnutých bolo podľa niektorých údajov 1600), ktoré konzumovali ryžový olej kontaminovaný prípravkom Kanechlor 400 (PCB so 48 % chlóru). Príznaky otravy zahŕňujú ťažko liečiteľné kožné ochorenie Acne chlorina, pri ťažších otravách celkové príznaky, ako nevoľnosť, zvracanie, opuchy tváre a rúk, pálenie a bolestivosť očí, silne zvýšená pigmentácia kože a nechtov. Posledný účinok sa prejavil i na deťoch, ktoré sa narodili zasiahnutým matkám — ide tu teda o teratogénny efekt. Mimoriadne závažné bolo v nasledujúcich rokoch pozorovanie zvýšenej úmrtnosti zasiahnutých osôb na rôzne formy rakoviny v porovnaní s normálnou populáciou [6]. Podobné pozorovania potvrdili i iní autori pri dlhodobom sledovaní pracovníkov profesionálne exponovaných PCB pri výrobe Arocloru 1254 [7]. treba však pripomenúť, že išlo o výsledky z pomerne malého súboru a nie o detailnú epidemiologickú štúdiu. PCB sa však takto dostali do centra záujmu jednak lekárov a toxikológov, jednak chemikov-analytikov a špecialistov z oblasti životného prostredia.

Od konca šesťdesiatych rokov sa v toxikologickej i analytickej oblasti začal intenzívny výskum, značne komplikovaný zmesným charakterom — chemickou nejednotnosťou skúmaných látok. Ako sme uviedli, toxikologické údaje veľmi podstatne kolíšu v závislosti od proveniencie materiálu, t. j. v závislosti od zastúpenia jednotlivých homológov a izomérov v zmesi, a do značnej miery aj od prítomnosti rôznych prímiesí — nečistôt pochádzajúcich z výrobného procesu alebo vznikajúcich pri skladovaní. Dnes sa usudzuje, že veľký podiel na nepriaznivých toxikologických účinkoch PCB majú prímеси typu polychlórovaných dibenzofuránov a dibenzo-*p*-dioxínov, ktoré patria k najjedovatejším známym látkam vôbec [6, 8] a ktoré sa v prípravkoch PCB pravidelne ako nečistoty vyskytujú [9, 10].

Z rozsiahlych, dodnes neukončených toxikologických štúdií o PCB jednoznačne plynie, že ide o látky ľudskému organizmu i iným živým organizmom mimoriadne škodlivé. To platí i pre nízkochlórované PCB ($Cl < 4$), pri ktorých sa pôvodne predpokladali priaznivejšie toxikologické charakteristiky vzhľadom na rýchlejšie odbúranie v organizme.

Výskyt PCB v životnom prostredí a v potravinovom reťazci

Paralelne s toxikologickým výskumom PCB sa začal i analytický výskum jednak metodický, jednak zameraný na zisťovanie existujúcej kontaminácie rezíduami PCB rôznych zložiek životného prostredia. Výsledky ukazujú, že PCB sú doslova všadeprítomné. Najvyššie hladiny znečistenia sa pozorovali na severoamerickom kontinente, v západnej Európe a Japonsku, teda v najrozvinutejších priemyselných oblastiach sveta.

Už spomínaný silne lipofilný charakter PCB napomáha značnej bioakumulácii PCB. Faktor biomagnifikácie medzi vodou a v nej žijúcimi rybami je 10^3 — 10^5 ; v tuku rybožravých vtákov sa našli koncentrácie PCB až 10^8 -násobne vyššie oproti okolitej vode [11, 12]. Skutočná súčasná úroveň kontaminácie vôd PCB veľmi kolíše v závislosti od lokality a typu zdroja. V podzemných pramenitých vodách je pod $0,5 \text{ ng.l}^{-1}$ PCB, v povrchových riečnych vodách podľa stupňa industrializácie oblasti obsahu PCB silne kolíše v rozsahu 50 až 500 ng.l^{-1} i viac [5, 13]. V ČSSR v rokoch 1976—1979 analyzoval Uhnák [14] vody z Dunaja s nálezmi od 0,02 do $0,3 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1}$; v Laborci sa našli hladiny $0,35$ — $15,5 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1}$ a vo vodnej nádrži Širava $0,02$ — $2,9 \text{ } \mu\text{g.l}^{-1}$. Vzhľadom na zastavenie výroby PCB v n. p. Chemko Strážske od 1. 1. 1984 sa dá očakávať postupné pomalé znižovanie ich obsahu vo vodách východného Slovenska.

V dôsledku už spomenutej bioakumulácie PCB zafaženie rýb je podstatne vyššie ako zafaženie vôd (tab. 1). V závislosti od proveniencie sa v rybách niekedy nachádzajú extrémne vysoké obsahy PCB, kuchynskou úpravou sa však znižujú o 28 až 65 %, podľa východiskovej koncentrácie [18]. V iných druhoch potravín je zafaženie PCB relatívne nižšie, dá sa však povedať, že potraviny živočíšneho pôvodu bez PCB na severnej pologuli prakticky nejestvujú. Niektoré namerané údaje sú v tabuľke 2. V tejto súvislosti je pozoruhodné, že zistené hladiny PCB sú približne o jeden poriadok vyššie ako súčasne zisťované hladiny DDT a iných chlórovaných pesticídov [17, 19—21]. Vyššie hladiny PCB než DDT a iných chlórovaných uhľovodíkov zistili viacerí autori aj v materinskom mlieku [19, 37].

Kuchynská úprava mäsa (varenie, pečenie mäsa, tavenie a škvarenie tuku) do istej miery ovplyvňuje obsah rezíduí PCB, najmä nižšie chlórovaných, z doteraz vykonaných pokusov však nemožno vyvodiť celkové jednoznačné závery o vplyve jednotlivých technologických operácií. Autori štúdie [15] zistili, že varenie ako technologický proces je vhodné na zníženie obsahu rezíduí PCB v mäse, keď sa odstráni vývar.

Vzhľadom na preukázanú škodlivosť PCB a ich dokázaný výskyt v potravinách v niektorých krajinách pristúpili k prijatiu zákonných limitov — maximálnych prípustných hodnôt PCB. Najviac je tento systém zatiaľ prepracova-

Tabuľka 1. Hladiny polychlórovaných bifenylů v rybách a rybích výrobkoch
Table 1. Levels of polychlorinated biphenyls in fish and fish products

Pôvod ¹	Obsah PCB ² [mg.kg ⁻¹]		Poznámka ⁵	Literatúra ⁶
	na čerstvú hmotnosť ³	na tuk ⁴		
riečne ⁷	0,83	40,28		
potočné (NSR) ⁸	0,66	35,26		[41]
rybníčné ⁹	0,13—0,20	7,15—27,1		
Rieka St. Lawrence	2,32—7,94		jeseter-úhor ¹¹	[2]
jaz. Ontario ¹²	0,73—17,14		rôzne druhy ¹³	[2]
	4,1—7,7		rôzne druhy	[42]
jaz. Erie ¹⁴	0,26—3,14		rôzne druhy	[2]
jaz. Hurónske ¹⁵	0,61—5,11		rôzne druhy	[2]
	0,54—10,0		rôzne druhy	[42]
morské (Kanada) ¹⁶	0,07—2,05		rôzne druhy	[2]
	0,07—1,54		rôzne druhy	[43]
jaz. Minto ¹⁷	0,08		neobývaná oblasť ¹⁹	[2]
rybí olej ¹⁸		4,51		[2]
rybia múčka ²⁰	0,16			[2]
rybníčné ⁹	0,28		kapor ²¹	
potočné (ČSSR) ²²	7,9		pstruh ²³	[44]
	9,09		lipen ²⁴	
rieka Lahn (NSR) ²⁵	0,34	54,45	20—50 gramové ²⁶	
	0,47	33,81	50—100 gramové	[36]
	0,51	25,6	> 100 gramové	

Origin; ²PBC content; ³Per fresh mass; ⁴Per fat; ⁵Note; ⁶References; ⁷River; ⁸Brook (FRG); Pond; ¹⁰St. Lawrence River; ¹¹Sturgeon-eel; ¹²Ontario Lake; ¹³Various species; ¹⁴Erie Lake; ¹⁵Huron Lake; ¹⁶Sea (Canada); ¹⁷Minto Lake; ¹⁸Fish oil; ¹⁹Unpopulated area; ²⁰Fish meal; ²¹Carp; ²²Brook (CSSR); ²³Trout; ²⁴Grayling; ²⁵Lahn River (FRG); ²⁶20—50 grams.

Tabuľka 2. Hladiny polychlórovaných bifenylů v potravinách živočíšneho pôvodu
Table 2. Levels of polychlorinated biphenyls in foodstuffs of animal origin

Potravina ¹	Obsah PCB [mg.kg ⁻¹ tuku] ²	Literatúra ³
vajcia ⁴	0,127 ^a	[45]
vajcia-žltko ⁵	0,009	[46]
mlieko ⁶	0,39	[19]
maslo ⁷	0,38	[19]
mäso hovädzie ⁸	0,24	[48]
	0,837	[44]
mäso bravčové ⁹	0,194	[44]
mäso bravčové (konzervy) ¹⁰	0,1	[48]
hydina — mäso ¹¹	0,265	[44]
	0,565	[46]
— pečeň ¹²	1,195	[46]

a — na celú hmotnosť; Per whole mass.

¹Foodstuff; ²PCB content [mg.kg⁻¹ fat]; ³References; ⁴Eggs; ⁵Egg-yolk; ⁶Milk; ⁷Butter; ⁸Beef; ⁹Pork; ¹⁰Tins; ¹¹Poultry-meat; ¹²Liver.

ný v USA (tab. 3). V Japonsku je stanovené najvyššie prípustné množstvo PCB v sladkovodných rybách $3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a v morských rybách $0,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, vo Švédsku $5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ [16]. Uvažuje sa o zavedení najvyšších prípustných hodnôt v NSR [17]. V ČSSR je pre rezíduá PCB zatiaľ stanovený predbežný limit povolený MZd ČSR, a to $1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (na tuk).

Tabuľka 3. Najvyššie prípustné množstvá PCB v potravinách podľa FDA [16]
Table 3. The highest admissible levels of PCB in foodstuffs according to FDA [16]

Potravina ¹	Najvyššie prípustné množstvo ² [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$]
mlieko a mliečne výrobky ³	1,5 ^a
hydina ⁴	3,0 ^a
vajcia ⁵	0,3
ryby a morské živočích ⁶	2,0
dojčenská a detská výživa ⁷	0,2
zložky krmív ⁸	2,0
krmivá ⁹	0,2
obalové materiály pre potraviny	10,0

a — na tuk; Per fat.

¹Foodstuff; ²The highest admissible level; ³Milk and milk products; ⁴Poultry; ⁵Eggs; ⁶Fish and sea animals; ⁷Infant foods; ⁸Feed components; ⁹Feeds; ¹⁰Wrappers for foodstuffs.

Analýza rezíduí PCB

Analýza rezíduí PCB je pomerne náročná najmä preto, že ide o stanovenie stôp mnohozložkovej a presne nedefinovanej zmesi. Metodicky je analýza založená na plynovej chromatografii na náplňových alebo kapilárnych kolónach; Donkerbroek a kol. [49] použili vysokotlakovú kvapalinovú chromatografiu s fluorescenčnou detekciou. Väčšina autorov sa prikláňa ku kapilárnej plynovej chromatografii.

Vzhľadom na silne nepolárny charakter PCB extrakcia z materiálu vzorky sa robí nepolárnym rozpúšťadlom, pri analýze materiálov obsahujúcich tuk sa tento obvykle najprv vytaví a potom sa z vytaveného tuku extrahujú PCB. Rôzne metódy extrakcie (hexánom, dichlórmétánom, zmesou chloroform + + metanol, 2 + 1) rezíduí PCB zo živočíšnych tkanív porovnali Fawkes a kol. [50].

Na čistenie extraktov sa najčastejšie používa chromatografia na stĺpci oxidu hlinitého alebo Florisilu, prípadne gélová chromatografia [21, 51]. Výhodou použitia oxidu hlinitého je, že okrem odstránenia balastov sa z extraktu dajú separovať aj koextrahované rezíduá chlórovaných insekticídov, ktoré inak interferujú s plynovochromatografickým stanovením. Niektorí autori použili na odstránenie tukov z extraktu zmydelnenie [22—24].

Na vlastné plynovochromatografické stanovenie možno použiť náplňové kolóny, napr. 5 % OV-101 na Chromosorbe W 80/100 [25], častejšie sa však pracuje na kapilárnych kolónach, pre možnosť dokonalejšieho rozdelenia zmesi [21, 23, 24, 26—28]. Tuinstra a Traag [29] použili náplňovú kolónu na predčistenie pred kapilárnou kolónou. Treba, aby použitá analytická kolóna mala aspoň 1500 teoretických priehradok [25].

Hlavným problémom analýzy rezíduí PCB je spôsob kvantitatívneho hodnotenia, vzhľadom na mnohozložkovosť a chemickú nedefinovanosť analyzovaných látok. V súčasnosti sa používajú viaceré spôsoby, ktoré vedú k odlišným výsledkom. Jednou z možností je hodnotenie na sumu všetkých píkov. Nevýhodou tejto metódy je chyba vznikajúca rôznou odozvou ECD pre rôzne chlórované bifenyly. Tento nedostatok sa dá odstrániť perchloráciou všetkých prítomných zložiek na dekachlór-bifenyly [30, 31]. Tu však je problémom nie vždy dostatočná, resp. nie pre všetky zložky rovnaká konverzia, čo môže viesť ku skresleniu výsledkov. Ďalšími možnosťami sú hodnotenie na základe hmotnostnej fragmentografie a hodnotenie pomocou vybraných píkov. Hmotnostná fragmentografia poskytuje spomedzi všetkých metód najpresnejšie a najsprávnejšie výsledky, je však náročná na prístrojové vybavenie pracoviska. Výhody a nevýhody rôznych spôsobov kvantitatívneho hodnotenia zhodnotili Duinker a kol. [32] a de Kok a kol. [33]. Roku 1983 boli publikované výsledky interlaboratórnej štúdie [34], ktorej sa zúčastnilo 23 laboratórií z 13 krajín. Analyzovali sa fortifikované a nefortifikované vzorky, každé laboratórium pracovalo vlastnou zabeznenou metódou. Výsledky kolísali v rozmedzí pol až jedného poriadku, výťažnosti dosahovali 22—136 %. Pritom išlo o renomované laboratóriá s kvalifikovaným personálom a dobrým technickým a prístrojovým vybavením.

V ČSSR sa problematike PCB venuje sústredená pozornosť od polovice sedemdesiatych rokov [52].

V našich podmienkach sa pre rutinnú prácu ukázala byť vhodná metóda vyhodnotenia na základe vybraných píkov, vypracovaná Vávrovou [25], ktorá svojou presnosťou vyhovuje požiadavkám na analýzu rezíduí (± 10 až ± 20 % rel.). Metóda bola navrhnutá ako jednotná v rámci ČSSR. Cieľom zjednocovania metód je podchytenie aj PCB do monitorizácie cudzorodých látok v potravinách. Stav riešenia problematiky PCB u nás, s poukazom na situáciu vo svete, ukazuje publikácia [35], zameraná prevažne analyticky.

Perspektívy ďalšieho vývoja

Odhaduje sa, že aj pri spomínanom ukončení výroby PCB v ČSSR tieto látky budú aktuálne ako kontaminanty životného prostredia ešte niekoľko

desiatok rokov. Jednak až do vyčerpania zásob Delorov (u nás vyrábané PCB) sa tieto prípravky budú stále používať, jednak tu hrá dôležitú úlohu vysoká perzistencia PCB a ich schopnosť bioakumulácie. Adekvátna náhrada inými, menej nebezpečnými látkami doteraz nie je v celosvetovom meradle uspokojivo vyriešená. Pre niektoré použitia sa dajú namiesto PCB zaradiť silikónové oleje, iná cesta, na ktorej sa intenzívne výskumne pracuje, je náhrada PCB alkylovacími bifenyli, napr. izopropylbifenylo. Ako sa zdá, majú priaznivejšie toxikologické parametre, ale toxikologický výskum ešte nie je ukončený. Nízkochlórované bifenyly, s ktorými sa ešte donedávna počítalo ako s menej rizikovou náhradou vysokochlórovaných PCB, podľa novších toxikologických poznatkov nie sú vhodným riešením. V organizme sa síce rýchlejšie metabolizujú, vznikajú však reaktívne metabolity. Bola dokázaná aj kumulácia i nízkochlórovaných PCB, napr. v rybách [36].

Vážnym a v súčasnosti ešte nie úplne doriešeným problémom je likvidácia odpadov PCB, ktorá prispieva k sekundárnej distribúcii PCB v životnom prostredí. Techniky likvidácie odpadov, založené na ich zakopávaní do zeme, sa ukázali ako mimoriadne nevhodné, keď v dôsledku stálosti PCB došlo k rozsiahlej kontaminácii povrchových a dokonca aj spodných vôd [47]. V súčasnosti sa za jedinou vyhovujúcu techniku na likvidáciu PCB odpadov pokladá spaľovanie, napriek podstatne vyšším nákladom a možnosti vzniku mimoriadne toxických spalných produktov — polychlórovaných dibenzofuránov a dioxínov [38, 39]. Toto však možno značne obmedziť vhodnou konštrukciou horákov a voľbou režimu spaľovania [40].

Eliminácia PCB z použitia a zo životného prostredia bude teda pokračovať iba pomaly a úplné vylúčenie z používania zatiaľ nie je v dohľade. Analytický výskum, plánovaný v tejto oblasti do budúcej päťročnice, je teda mimoriadne aktuálny a potrebný.

Literatúra

1. HEATH, R. G. — SPAWN, J. W. — HILL, E. F. — KREITZER, J. F.: U.S. Fish Wildl. Spec. Sci. Rep. Wildl., 151, 1972.
2. BAILEY, S. — BUNYAN, P. J.: Nature, 236, 1972, s. 34.
3. ROBERTS, J. R. a kol.: Polychlorinated biphenyls. Biological criteria for an assessment of their effects on environmental quality. NRC Canada Publ. No. 16077, 1978.
4. KIMBROUGH, R. D.: CRC Crit. Rev. Toxicol., 1974, s. 445.
5. KIMBROUGH, R. D.: Chronic toxicity of halogenated biphenyls and related compounds in animals and health effects in humans. In: Toxicology of Halogenated Hydrocarbons — Health and Ecological Effects. Khan M.H.Q., Stanton, R. H. (Eds.). New York, Pergamon Press 1981.

6. KURATSUNE, M., MASUDA, Y., NAGAYAMA, J.: Proc. National Conference on PCB's, Chicago 1975. Rep. EPA-560/6-75-004, s. 14.
7. BALM, A. K. a kol.: N. Engl. J. Med., 295, 1976, č. 8, s. 450.
8. NAGAYAMA, J. — KURATSUNE, M. — MASUDA, A.: Bull. Environ. Contam. Toxicol., 15, 1976, s. 9.
9. VOS, J. G. a kol.: Food Cosmet. Toxicol., 8, 1970, s. 625.
10. BOWES, G. W. a kol.: Nature, 256, 1975, s. 305.
11. SANDERS, H. O. — CHANDLER, J. H.: Bull. Environ. Contam. Toxicol., 7, 1972, s. 257.
12. ROSIVAL, L. — BÁTORA, V. — SZOKOLAY, A.: Polychlórované bifenyly. In: Rosival, L. — Szokolay, A.: Cudzorodé látky v požívatinách. Martin, Osveta 1983.
13. WHO: Environmental Health Criteria. 2. Polychlorinated Biphenyls and Terphenyls. WHO 1976.
14. UHNÁK, J.: Pesticídy a priemyselné chemikálie v životnom prostredí. Záverečná správa výskumnej úlohy P-17-335-276-02. Bratislava, Výskumný ústav preventívneho lekárstva 1980.
15. VÁVROVÁ, M. — KRUPČÍK, J. — HOVORKOVÁ, A.: Zborník Cudzorodé látky v požívatinách, Stará Lesná 1985, s. 70.
16. JARC Monograph on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans, Vol. 18, 1978, s. 43.
17. BRUNN, H.: Fleischwirtschaft, 62, 1982, s. 1178.
18. PUFFER, H. W. — GOSSETTI, R. W.: Bull. Environ. Contam. Toxicol., 30, 1983, s. 65.
19. ACKER, L.: Dokumentation über das MFI-Seminar am 17.—18. Jan. 1984 in Wiesbaden.
20. DUGGAN, R. E. a kol.: Pesticide Residue Levels in Foods in the U.S. from 1969 to 1976. Publ. FDA and AOAC 1983.
21. RUSCHENBERG, U. — JAHR, D.: Dtsch. Lebensm. Rdsch., 87, 1985, s. 113.
22. Pesticide Analytical Manual. Vol. 1. Washington, D.C., FDA, Ser. 211.13(h).
23. TUINSTRÁ, L.G.M.T. — TRAAG, W. A. — KEUKENS, H. J.: J. Assoc. Offic. Anal. Chemists, 63, 1980, s. 952.
24. TUINSTRÁ, L.G.M.T. — TRAAG, W. A. — Van MUNSTEREN, T. J.: J. Chromatogr., 204, 1981, s. 413.
25. VÁVROVÁ, M.: Kandidátska dizertačná práca. Brno, Vysoká škola veterinární 1984.
26. TUINSTRÁ, L.G.M.T. a kol.: Int. J. Environ. anal. Chem., 14, 1983, s. 147.
27. SAFE, S. — SAFE, L. — MULLIN, M.: J. agric. Food Chem., 33, 1985, s. 24.
28. ONUSKA, F. I. — KOMINAR, R. J. — TERRY, K. A.: J. Chromatogr., 279, 1983, s. 111.
29. TUINSTRÁ, L.G.M.T. — TRAAG, W. A.: J. high Resol. Chromatogr. — Chromatogr. Commun., 2, 1979, s. 723.
30. HUTZINGER, O. — SAFE, S.: Int. J. Environ. anal. Chem., 2, 1972, s. 95.
31. TAKAMIYA, K.: Bull. Environ. Contam. Toxicol., 30, 1983, s. 600.
32. De KOK, A. a kol.: Int. J. Environ. anal. Chem., 9, 1981, s. 301.
33. DUINKER, J. C. a kol.: Bull. Environ. Contam. Toxicol., 25, 1980, s. 956.
34. MUSIAL, C. J. — UNTHE, J. F.: J. Assoc. Offic. anal. Chemists, 66, 1983, s. 22.
35. Problematika polychlórovaných rezíduí bifenyly. Acta hyg. epidemiol. microbiol., 1984, č. 10, príloha.
36. SCHÜLER, W. — BRUNN, H. — MANZ, D.: Bull. Environ. Contam. Toxicol., 32, 1985, s. 608.

37. MES, J. — DAVIES, D. J.: *Milchwissenschaft*, 37, 1982, s. 39.
38. BUSAR, H. R. — BOSSHARDT, H.-P. — RAPPE, C.: *Chemosphere*, 7, 1978, s. 109.
39. TIERNAN, T. O. a kol.: *Environ. Health Perspect.*, 59, 1985, s. 145.
40. PIVER, W. T. — LINDSTROM, F. T.: *Environ. Health Perspect.*, 59, 1985, s. 162.
41. BRUNN, H. — MANZ, D.: *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 28, 1982, s. 599.
42. HENDERSON, C. — INGLIES, A. — JOHNSON, W. L.: *Pestic. Monit. J.*, 5, 1971, s. 1.
43. ZITKO, V. — HUTZINGER, O. — CHOI, P.M.K.: *Environ. Health Perspect.*, 1, 1972, s. 47.
44. KREDL, F. — BRYCHTA, J.: *Zborník Cudzorcdé látky v požívatínách*, Stará Lesná 1985, s. 67.
45. Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG): *Rückstände in Geflügel und Eier*. Boppard, Harald Boldt Verlag 1978.
46. BARTONÍČEK, F. — JINDROVÁ, A. — ONDŘICH, K.: *Zborník Cudzorcdé látky v požívatínách*, Stará Lesná 1985, s. 73.
47. PAGE, W. G.: *Environ. Sci. Technol.*, 15, 1981, s. 1457.
48. BOISELLE, C., LAUGNER, H.-J.: *Fleischerei*, 4, 1981, s. 1.
49. DONKERBROEK, J. J. a kol.: *Int. J. Environ. anal. Chem.*, 15, 1983, s. 281.
50. FAWKES, J. a kol.: *Anal. Chem.*, 54, 1982, s. 1866.
51. SPECHT, A. — TILLKES, W.: *Z. anal. Chem.*, 301, 1980, s. 300.
52. *Zborník Cudzorcdé látky v požívatínách*, Starý Smokovec 1976.

Полихлорированные дифенилы — актуальный вопрос в заражении пищевых продуктов и окружающей среды

Резюме

Полихлорированные дифенилы (ПХД), из-за своей стойкости и способности накапливаться в среде, стали важной экологической проблемой. В статье приводится обзор свойств и применения ПХД и их токсикологической характеристики. Далее приведены данные об актуальном наличии ПХД в различных составляющих среды и в пищевых продуктах и обзор возможностей анализа остатков ПХД. В заключение подведены краткие итоги возможности замены ПХД другими материалами и ликвидации отходов ПХД.

Polychlorinated biphenyls — an actual topic concerning the contamination of food stuffs and environment

Summary

Polychlorinated biphenyls (PCBs) became a serious ecotoxicological problem because of their stability and accumulation in the environment. The paper gives a review of the properties, use and toxicological characteristics of the PCBs. The data on actual occurrence of the PCBs in the environment as well as in food stuffs are given and the possibilities of the analysis of PCB residues are reviewed. Finally, the possible substitution of PCBs with other materials and the liquidation of PCB wastes are briefly summarized.