

JAN K. LUDWICKI, KATARZYNA CZAJA, PAWEŁ STRUCIŃSKI

PRÓBA OCENY RYZYKA ZDROWOTNEGO W WARUNKACH ŚRODOWISKOWEGO NARAŻENIA NA CHLOROWANE WĘGLOWODORY AROMATYCZNE

AN ATTEMPT ON HEALTH RISK ASSESSMENT FOR THE ENVIRONMENTAL EXPOSURE TO CHLORINATED AROMATIC HYDROCARBONS

Zakład Toksykologii Środowiskowej, Państwowy Zakład Higieny
00-791 Warszawa, ul. Chocimska 24
Kierownik: prof. dr hab. Jan K. Ludwicki

Podjęto próbę oceny narażenia osób dorosłych i dzieci na chlorowane węglowodory aromatyczne pochodzące z żywności. Oszacowano średnie dzienne pobranie tych związków (EDI) z żywnością i porównano je z przyjętymi przez ekspertów FAO/WHO wartościami akceptowanego dziennego pobrania (ADI).

WSTĘP

Potrzeba prowadzenia monitoringu i śledzenia poziomów związków chloroorganicznych w żywności będącej ich podstawowym źródłem dla ludzi wynika z ich toksycznych właściwości oraz z faktu nagromadzania się w tkankach człowieka [10].

Jednym z podstawowych celów monitoringu jest ustalenie czy związki te stanowią zagrożenie dla zdrowia człowieka oraz jaki jest margines bezpieczeństwa pomiędzy aktualnie stwierdzanymi stężeniami a wartościami granicznymi, powyżej których ryzyko zdrowotne nie jest możliwe do zaakceptowania [7]. Przeprowadzona w taki sposób ocena zagrożenia może stanowić podstawę działań zmierzających do obniżenia narażenia na substancje monitorowane.

Oszacowanie ryzyka w przypadku narażenia na związki chloroorganiczne, powinno obejmować również niemowlęta i małe dzieci, które są zaliczane do grupy wysokiego ryzyka.

Istnieje wiele sposobów podejścia do oceny ryzyka. Zależą one m.in. od mechanizmu działania substancji chemicznej i przewidywanego skutku działania [9]. W niniejszej pracy wykorzystano do tego celu zalecenia Komisji Kodeksu Żywnościowego FAO/WHO [1].

Celem pracy była ocena zagrożenia zdrowotnego osób dorosłych i dzieci, a także oszacowanie ryzyka wynikającego z obecności chlorowanych węglowodorów aromatycznych w żywności, produktach dla niemowląt i dzieci oraz mleku kobiecym.

METODYKA

Oceny zagrożenia ze strony chlorowanych węglowodorów aromatycznych pobieranych z żywnością dokonywano porównując Akceptowane Dienne Pobranie (ADI) z wartościami Teoretycznego Najwyższego Dziennego Pobrania (TMDI) i Szacowanego Dziennego Pobrania (EDI) badanych substancji [1]. Natomiast ryzyko szacowano wyznaczając marginesy bezpieczeństwa pomiędzy ADI a EDI.

Akceptowane Dienne Pobranie (*Acceptable Daily Intake – ADI*) określa ilość substancji chemicznej jaką dorosły człowiek może przyjmować codziennie w ciągu całego życia, prawdopodobnie bez uszczerbku dla zdrowia, zgodnie z aktualnym stanem wiedzy. Wartości ADI ustalone przez ekspertów FAO/WHO dla poszczególnych związków chemicznych podaje Codex Alimentarius [2]. Wyrażane są one w mg/kg m.c./dzień.

Teoretyczne Najwyższe Dienne Pobranie (*Theoretical Maximum Daily Intake – TMDI*) oznacza najwyższe, teoretycznie możliwe dzienne pobranie danej substancji przy założeniu, że wszystkie produkty spożywcze zawierają jej pozostałość na najwyższym dopuszczalnym poziomie. Wyznaczenie TMDI umożliwia sprawdzenie czy obowiązujące wartości najwyższych dopuszczalnych pozostałości dla danej substancji (NDP) nie będą przekraczały Akceptowanego Dziennego Pobrania (ADI). TMDI oznacza więc tzw. „najgorszy przypadek” pobrania danej substancji z żywnością.

TMDI wyliczano na podstawie Najwyższych Dopuszczalnych Pozostałości danego związku w produkcie spożywczym i przeciętnego dziennego spożycia tego produktu. Do obliczania teoretycznego dziennego pobrania (TMDI) DDT, HCH, HCB wykorzystano wartości NDP tych związków w produktach spożywczych podane w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej (Dz.U. Nr 104, poz. 476, 1993r.) [12] oraz dane Głównego Urzędu Statystycznego [11] dotyczące przeciętnego spożycia produktów spożywczych należących do następujących grup: mięso i przetwory, ryby i przetwory, mleko i przetwory, warzywa, owoce, tłuszcze jadalne oraz jaja. Do obliczenia TMDI dla PCB wykorzystano NDP wg Codex Alimentarius [14]. Do oszacowania TMDI posłużono się następującym wzorem

$$TMDI = \sum F_i \times M_i$$

gdzie:

F_i – całkowite dzienne spożycie produktu

M_i – Najwyższa Dopuszczalna Pozostałość badanego związku w produkcie spożywczym (lub produktach należących do danej grupy) [12].

Przy obliczaniu TMDI badanych związków z mlekiem kobyliczym i z produktami dla niemowląt i dzieci przyjęto NDP obowiązujące dla mleka krowiego i jego przetworów.

Oszacowane Dienne Pobranie (*Estimated Daily Intake – EDI*) określano na podstawie średnich poziomów badanych związków w poszczególnych produktach spożywczych i przeciętnego dziennego spożycia tych produktów. Do obliczenia wartości EDI wykorzystywano następujący wzór:

$$EDI = \sum F_i \times R_i$$

gdzie:

F_i – całkowite dzienne spożycie produktu

R_i – średnie poziomy pozostałości badanych związków w produkcie stwierdzone w monitoringu środków spożywczych.

Pozostałości chlorowanych węglowodorów aromatycznych

Do oceny ryzyka w warunkach środowiskowego narażenia człowieka na DDT, HCH, HCB i PCB obecne w jego diecie posłużyły dane dotyczące pozostałości tych związków w środkach spożywczych, produktach dla niemowląt i dzieci oraz mleku kobiecym uzyskane w ramach monitoringu środowiskowego i biologicznego [6, 8]. Dane dotyczące pozostałości związków chloroorganicznych w rybach pochodziły z piśmiennictwa [3, 4].

Ponieważ zarówno DDT jak i DDE mogą uczestniczyć w procesie kancerogenezy [5], dla oceny ryzyka uznano za celowe obliczanie łącznego pobrania DDT i jego metabolitów (DDE i DDD). Również ze względu na zbliżone właściwości toksyczne izomerów HCH uznano za uzasadnione dokonanie łącznej analizy zagrożenia w odniesieniu do sumy tych izomerów.

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Osoby dorosłe

Oceny narażenia osób dorosłych na chlorowane węglowodory aromatyczne dokonano obliczając średnie dzienne pobranie tych związków z żywnością. Wyniki odzwierciedlające oszacowane dzienne pobranie przez człowieka przedstawiono w tabeli I.

Tabela I. Średnie dzienne pobranie DDT, HCH, HCB i PCB z poszczególnych grup produktów spożywczych (mg/człowieka)
Average daily intake of DDT, HCH, HCB and PCBs from different food groups (mg/person)

Produkt spożywczy	Średnie dzienne pobranie (mg/człowieka)			
	ΣDDT	ΣHCH	HCB	PCB
Mięso	0,0256	0,0144	0,00448	0,00256
Ryby	0,0046	–	–	0,016
Mleko	0,0070	0,008	0,0032	0,008
Warzywa	0,0022	0,003	0,00004	–
Owoce	0,00003	0,00003	0,00001	–
Tłuszcze	0,001	0,001	–	–
Jaja	0,00037	0,00037	–	0,000184
Narażenie łączne	0,0408	0,0268	0,00773	0,02674

W następnym etapie porównano wartości Teoretycznego Najwyższego Dziennego Pobrania (TMDI) z wartościami Oszacowanego Dziennego Pobrania (EDI) wyrażonego w mg/kg m.c., co umożliwiło określenie różnicy między aktualnym pobraniem danego związku a najwyższym dopuszczalnym przez przepisy. Wyniki tego porównania przedstawiono w tabeli II.

Ocena zagrożenia

Oceny zagrożenia dokonywano porównując oszacowane dzienne pobranie (EDI) z wartościami przyjętymi za bezpieczne, traktowanymi jako wartości odniesienia.

Tabela II. Wartości TMDI i EDI dla chlorowanych węglowodorów aromatycznych (mg/kg m.c. /dzień).
TMDI i EDI values for chlorinated aromatic hydrocarbons (mg/kg b. w. daily).

Nazwa związku	TMDI	EDI
	(mg/kg m. c. /dzień)	
DDT (suma metabolitów)	0,0048	0,00058
HCH (suma izomerów)	0,0049	0,00038
HCB	0,0006	0,00011
PCB	0,0050	0,00038

W przypadku zanieczyszczeń występujących w żywności należy liczyć się z ciągłym narażeniem na niewielkie dawki przez większą część życia. Z tego względu przyjęto odpowiednie wartości ADI, jako akceptowane najwyższe pobranie danej substancji, służące w niniejszych badaniach jako podstawa przy ocenie ryzyka.

W tabeli III przedstawiono wartości odniesienia dla badanych związków chloroorganicznych oraz wartości TMDI i EDI wyrażając je jako odsetek ADI.

Tabela III. TMDI i EDI wyrażone jako odsetek ADI
TMDI and EDI expressed as percentage of ADI

Nazwa związku	ADI	TMDI	EDI
	(mg/kg m. c. /dzień)	(%ADI)	(%ADI)
DDT (suma metabolitów)	0,020	24	2,9
HCH (suma izomerów)	0,008	61	4,8
HCB	brak	-	-
PCB	0,001 ^{*)}	-	38,0

^{*)} Wartość przyjęta za US FDA [13].

Z powyższego zestawienia wartości ADI, TMDI i EDI wynika, że teoretyczne pobranie chlorowanych węglowodorów aromatycznych (DDT, HCH, HCB i PCB), obliczone na podstawie tzw. „najgorszego przypadku” nie przekracza ADI, stanowiąc zawsze ułamek tej wartości. Oznacza to, że najwyższe dopuszczalne pozostałości tych związków w produktach spożywczych, przyjęte w krajowym ustawodawstwie [12] zostały opracowane z uwzględnieniem odpowiednich marginesów bezpieczeństwa.

Oszacowane rzeczywiste dzienne pobranie (EDI) chlorowanych węglowodorów aromatycznych jest jeszcze mniejsze i z wyjątkiem PCB (38%), nie przekracza 5% ADI (tabela III).

Na podstawie powyższej analizy można ocenić, że zagrożenie konsumentów w Polsce ze strony pozostałości DDT, HCH, HCB i PCB w żywności nie stwarza powodu do niepokoju.

Poniżej podano marginesy bezpieczeństwa dla pobrania badanych związków przez populację generalną. Zostały one wyrażone liczbą, która określa ile razy musiałoby wzrosnąć średnie pobranie danego związku, aby osiągnęło ono wartość ADI, czyli wartość, powyżej której pobranie danego związku nie może być uznane za bezpieczne.

Obliczono je z następującego wzoru:

$$\text{Margines bezpieczeństwa} = \frac{\text{ADI}}{\text{EDI}}$$

DDT (suma metabolitów)	34,5
HCH (suma izomerów)	20,8
HCB	nie obliczono
PCB	2,6

Niemowlęta i małe dzieci

W tabeli IV przedstawiono oszacowane dzienne pobranie (EDI) chlorowanych węglowodorów aromatycznych przez niemowlęta. Zostało ono obliczone na podstawie wyników otrzymanych w 6 województwach.

Tabela IV: Oszacowane dzienne pobranie chlorowanych węglowodorów aromatycznych z mlekiem matki przez niemowlęta
Estimated daily intake of chlorinated aromatic hydrocarbons by infants from breast milk

Badany związek	Pobranie
	(mg/kg m. c. /dzień)
PCB	0,029
HCB	0,0002
α -HCH	$3,5 \times 10^{-6}$
β -HCH	0,0003
γ -HCH	$8,6 \times 10^{-6}$
DDE	0,0022
DDT	$6,0 \times 10^{-5}$
DDT	0,0005

W kolejnym etapie badań dokonano oceny ryzyka wyznaczając marginesy bezpieczeństwa dla poszczególnych chlorowanych węglowodorów aromatycznych pobieranych z mlekiem matki lub z produktami dla niemowląt zastępującymi pokarm naturalny. Wyniki pozostałości badanych związków w tych produktach przedstawiono w poprzedniej pracy [6].

Marginesy bezpieczeństwa dla pobrania badanych związków z mlekiem kobiecym i produktami dla niemowląt i dzieci przedstawiono w poniższym zestawieniu:

Związek	Mleko kobiece	Produkty dla niemowląt i dzieci
Σ DDT	2,4	50,0
Σ HCH	13,3	26,7
HCB	brak ADI	brak ADI
PCB	brak ADI	brak ADI

Uzyskane wyniki, a także dokonana w niniejszej pracy ocena ryzyka nie wskazują na występowanie istotnych zagrożeń dla osób dorosłych oraz niemowląt i dzieci ze strony DDT, HCH, HCB, PCB obecnych w produktach spożywczych i w mleku kobiecym stanowiącym pokarm dla niemowląt. Należy jednak podkreślić, że mleko kobiece zawiera znacznie większe stężenia badanych związków niż przeciętna dieta osób z populacji generalnej. Również marginesy bezpieczeństwa dla tych związków pobieranych z pokarmem kobiecym są znacznie mniejsze niż w przypadku produktów zastępujących mleko matki. Niemowlę karmione piersią przyjmuje więc ok. 10–15 razy większe ilości badanych związków chloroorganicznych w porównaniu do dziecka odżywianego mlecznymi produktami zastępczymi.

Mając to na uwadze przy ostatecznej ocenie ryzyka należy jednak uwzględnić fakt, że pokarm matki ze względu na obecność łatwo przyswajalnych składników odżywczych, obecne w nim ciała odpornościowe, odpowiednią temperaturę i sterylność, a także silne pozytywne efekty emocjonalne jest najkorzystniejszym sposobem odżywiania niemowląt i małych dzieci. Podobne stanowisko w tej sprawie wyraża również Światowa Organizacja Zdrowia zalecając karmienie piersią we wszystkich przypadkach, gdy nie ma szczególnych przeciwwskazań lekarskich.

J.K. Ludwicki, K. Czaja, P. Struciński

AN ATTEMPT ON HEALTH RISK ASSESSMENT FOR ENVIRONMENTAL EXPOSURE TO POLYCHLORINATED AROMATIC HYDROCARBONS

Summary

An attempt has been made to assess the exposure of adult humans and infants to chlorinated hydrocarbons from food. Basing on the results from monitoring performed by the sanitary epidemiological stations in Poland the average concentrations of DDT, HCH, HCB and PCBs in variety of foods items were calculated. These average values were used as a base for the estimation of daily intake of polychlorinated hydrocarbons. For this purpose the average consumption of various groups of foods, including breast milk, were taken into consideration. The Estimated Daily Intakes (EDI) of the compounds were compared with the corresponding ADI values.

PIŚMIENNICTWO

1. Codex Alimentarius Commission FAO/WHO. Progress report by WHO on prediction of dietary intake of pesticides residues. FAO/WHO CXPR 94/4, Geneva 1994. -2. FAO/WHO Codex Alimentarius. Joint FAO/WHO Food Standard Programme. Codex Alimentarius Commission. CAC/VOL XII Ed. 2 FAO/WHO Rome, 1989. -3. *Falandysz J.*: Wyniki oznaczeń poziomu pozostałości polichlorowanych dwufenyli w częściach jadalnych ryb z południowego Bałtyku i w przetworach rybnych. Roczn. PZH 1986, 37, 8. -4. *Falandysz J., Centkowska D.*: Pestycydy polichlorowe i polichlorowane bifenylole w tkance tłuszczowej zwierząt rzeźnych z regionu Polski północnej, 1985. Bromat. Chem. Toksykol. 1989, 22, 176. -5. *Garabrant D.H., Langholtz B., Peters J.M. and Mack T.M.*: DDT and related compounds and risk of pancreatic cancer. J. Natl. Cancer Inst. 1992, 84, 746. -6. *Góralczyk K., Czaja K., Ludwicki J.K.*: Monitoring biologiczny i środowiskowy narażenia na chlorowane węglowodory aromatyczne. Roczn. PZH 1996, 47,. -7. Joint UNEP/FAO/WHO Food Contamination Monitoring Assessment Programme (GEMS/Food). -8. *Ludwicki J.K., Góralczyk K.*: Badania monitorowe środków spożywczych w zakresie pozostałości pestycydów. Państwowy Zakład Higieny, Warszawa, 1992. -9. *Ludwicki J.K.*: Some considerations on assessment for genotoxic and non-genotoxic carcinogens. Zbl. Bakt.

1994, 281, 380. -10. *Ludwicki J.K., Góralczyk K.*: Organochlorine pesticides and PCBs in human adipose tissues in Poland. *Bull Environ. Contam. Toxicol.* 1994, 52, 400.

11. Rocznik Statystyczny, GUS 1993. -12. Rozporządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 8 października 1993 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych pozostałości w środkach spożywczych środków chemicznych stosowanych przy uprawie, ochronie, przechowywaniu i transporcie roślin. *Dz. U.* Nr 104 z dnia 4 listopada 1993 r., poz. 476. -13. Swain W.R.: Human health consequences of consumption of fish contaminated with organochlorine compounds. W: *Aquatic Toxicology*. Malins D.C. and Hensen (eds.) T. 11, Elsevier Science Publ. Amsterdam 1988 -14. WHO, Codex Alimentarius. Joint FAO/WHO Food Standards Programme. Codex Alimentarius Commission, Rome, 1990

Otrzymano: 1995.09.20