

Kryzysy dioksynowe oraz przepisy prawne dotyczące dioksyn

Marek Pajurek, Małgorzata Warenik-Bany, Szczepan Mikołajczyk

z Zakładu Radiobiologii Państwowego Instytutu Weterynaryjnego – Państwowego Instytutu Badawczego w Puławach

Dioksyny (PCDD), furany (PCDF), polichlorowane bifenyle (PCB) powszechnie występują w środowisku i zaliczane są do trwałych zanieczyszczeń organicznych (TZO, ang. persistent organics pollutants – POPs), znajdują się na liście substancji toksycznych Konwencji Sztokholmskiej. Ze względu na ich lipofilność podlegają bioakumulacji w tkankach zwierząt i ludzi. Związki te stanowią poważne zagrożenie bezpieczeństwa pasz i żywności, świadczą o tym liczne sytuacje kryzysowe z ich udziałem. Pierwszy oficjalny przypadek skażenia łańcucha żywnościowego dioksynami miał miejsce w USA w 1947 r., kiedy stwierdzono występowanie u bydła hodowlanego choroby X, która powodowała liczne padnięcia zwierząt (1). Dekadę później w USA doszło do masowych upadków brojlerów z powodu tzw. choroby obrzękowej kurcząt (ang. chick edema disease), której przyczyną okazała się pasza zanieczyszczona TCDD (2). W 1949 r. w USA odnotowany został pierwszy poważny przypadek narażenia ludzi na dioksyny. Wybuch w zakładzie w Monsanto spowodował, że ponad 200 pracowników zostało narażonych na działanie skażonych dioksynami herbicydów (2,4,5-T), powodując u nich poważne zmiany skórne – trądzik chlorowy (chloracne). Podczas wojny w Wietnamie w latach 1962–1970 amerykańskie wojsko intensywnie rozpylało defoliant tzw. agent orange (czynnik pomarańczowy), który składał się z mieszaniny herbicydów 2,4,5-T oraz 2,4-D (kwas 2,4-dichlorooctowy), jak później się okazało – zanieczyszczonych 2,3,7,8-TCDD. Środek ten okazał się silnie toksyczny, albowiem u żołnierzy amerykańskich biorących udział w działaniach wojennych zdiagnozowano zwiększone ryzyko zachorowania na wiele nowotworów (m.in. prostaty, płuc) oraz zwiększone ryzyko zachorowania na cukrzycę. Oszacowano, że zmarło 400 tys. Wietnamczyków w wyniku działania dioksyn, a prawie pół miliona dzieci urodziło się z wadami rozwojowymi. Ponadto wykazano istnienie związku pomiędzy ekspozycją na agent orange, a występowaniem u ludzi mięsaka tkanek miękkich, chłoniaka nieziarniczego, choroby Hodgkina oraz przewlekłej białaczki limfocytarnej (3, 4, 5). Kolejny przypadek narażenia ludzi na dioksyny miał miejsce w Times Beach w stanie Missouri (USA), gdzie w okresie od 1972 do 1976 r. spryskiwano ulice użytym olejem technicznym zanieczyszczonym TCDD, aby zapobiec nadmiernemu pyleniu. Oszacowano, że w trakcie tego działania mogło być rozpylone w mieście i okolicach ok. 20 kg TCDD. Bardzo poważne środowiska (Environmental Protection Agency) w 1982 r. wysiedlenia wszystkich mieszkańców (6). Podobny przypadek spotkał mieszkańców

Dioxin affairs and EU regulations on dioxins use

Pajurek M., Warenik-Bany M., Mikołajczyk Sz., Department of Radiobiology, National Veterinary Research Institute in Puławy

Dioxins (PCDD/PCDFs), and polychlorinated biphenyls (PCBs), still remain of interest to the European Union due to their toxic effects even at very low doses. However, it was only after the so-called "Belgian crisis", that the European Commission (EC), aiming at a high level of consumers health protection, introduced a number of legal solutions strived at ensuring food and feed safety. The strategy adopted by the European Union allowed for the harmonization of on environmental pollution and the food chain regulatory rules. This article discusses the applicable EU legal regulations regarding dioxins and PCBs in food and feed and the research methods used in the official control of undesirable contaminants.

Keywords: dioxins, PCBs, feed, food, EU legislation.

osiedla mieszkaniowego w Love Canal nad Niagarą, osiedle zostało wybudowane na ziemi pokrywającej wysypisko śmieci. W 1981 r. ewakuowano mieszkańców, ponieważ przeprowadzone pomiary stężeń TCDD stwierdziły zawartość 300 ppb 2,3,7,8-TCDD (7).

Kolejny przypadek kryzysowy, który spowodował skażenie wielu ogniw łańcucha żywnościowego, miał miejsce w Montanie (1979 r.), gdzie na terenie ubojni świń doszło do uszkodzenia przechowywanego transformatora. W wyniku pęknięcia obudowy wyciekło ok. 740 litrów płynu chłodzącego zawierającego PCB, doprowadziło to do skażenia produkowanej tam mączki mięsno-kostnej oraz tłuszczu wieprzowego. Skażona mączka trafiła głównie do żywienia kur niosek, a tłuszcz wieprzowy do produkcji mydła i kosmetyków. Skażone jaja trafiły do konsumentów w USA, Kanadzie, Japonii, a w wyniku dalszego postępowania ubito 380 tys. skażonych kurczaków (8).

W krajach azjatyckich pierwszy przypadek zatrucia dioksynami został odnotowany jako tzw. choroba oleju ryżowego („Yusho” w Japonii), czyli ostre zatrucie PCB objawiające się trądzikiem chlorowym. Stwierdzona została pierwszy raz w Japonii w 1968 r., natomiast w Tajwanie w 1979 r., jako choroba „Yucheng”), spowodowana była spożyciem oleju ryżowego skażonego olejami technicznymi zawierającymi PCB i dioksyny (9).

W Europie od lat 50. XX wieku miało miejsce wiele różnych przypadków uwolnienia się dioksyn do środowiska w wyniku awarii w różnych zakładach przemysłu chemicznego. Do największej katastrofy ekologicznej doszło w 1976 r. we Włoszech (Seveso), gdzie w fabryce produkującej związek 2,4,5-T w wyniku

awarii do środowiska uwolnione zostało wiele ton chemikaliów, w tym ok. 15–30 kg 2,3,7,8-TCDD, które skażyło powierzchnię ponad 18 km² (22, 23). W kolejnych tygodniach na skażonym obszarze odnotowano wysoką śmiertelność zwierząt i obumieranie roślin, a wśród mieszkańców, głównie dzieci, odnotowano pojawienie się trądziku chlorowego. W kolejnych latach u narażonych ludzi stwierdzano większą zapadalność na choroby nowotworowe oraz zaburzenia endokrynne (24, 25).

Kolejne przypadki w Europie miały charakter incydentalnego skażenia pasz dioksynami, co prowadziło do zanieczyszczenia żywności o zróżnicowanym zasięgu i konsekwencjach ekonomicznych. W 1997 r. w Niemczech stwierdzono skażenie dioksynami mleka, masła oraz mięsa (wołowina, cielęcina). Przeprowadzone dokładne dochodzenie pozwoliło ustalić, że za skażenie odpowiadała brazylijska pulpa cytrusowa (zanieczyszczona skażonym dodatkiem wapiennym), która była jednym ze składników paszy dla przeżuwaczy (10, 11). Do najpoważniejszego i najszerzej dyskutowanego przypadku skażenia łańcucha żywnościowego doszło w 1999 r. w Belgii. Do produkcji paszy przypadkowo dodano olej techniczny skażony PCB i dioksynami (ok. 50 kg PCB oraz ok. 1g dioksyn), co spowodowało zanieczyszczenie 500 ton paszy, która została rozdistributowana do ponad 2500 gospodarstw zajmujących się hodowlą drobiu i świń. Odnotowana skala zagrożenia i ryzyka związana z wysokim narażeniem konsumentów doprowadziła do międzynarodowego kryzysu żywnościowego, znanego na całym świecie jako „belgijski kryzys związany z PCB i dioksynami”. Dodatkowym efektem tego incydentu były bardzo dotkliwe skutki ekonomiczne dla wielu krajów Unii Europejskiej (12, 13). Kolejnym przykładem skażenia łańcucha żywnościowego i narażenia konsumentów w Europie na dioksyny była tzw. „afera irlandzka”. Pod koniec 2008 r. irlandzcy producenci wieprzowiny wprowadzili do obrotu skażone dioksynami mięso do wielu europejskich krajów, w tym również do Polski. Ustalono, że przyczyną skażenia były niewłaściwie suszone odpady piekarnicze (stosowano olej opałowy zanieczyszczony PCB) użyte jako pasza dla trzody chlewnej (19).

Dioksyny oraz polichlorowane bifenyly (PCB) ze względu na swoje właściwości toksyczne pozostawały stale w sferze zainteresowania Unii Europejskiej. Jednak dopiero po tzw. kryzysie belgijskim Komisja Europejska (KE), stawiając sobie za cel wysoki poziom ochrony zdrowia konsumentów, wprowadziła szereg rozwiązań prawnych mających na celu zapewnienie bezpieczeństwa żywności i pasz. KE opublikowała 24 października 2001 r. kompleksową strategię wobec problemu dioksyn. Głównymi celami realizacyjnymi tej strategii było ograniczenie emisji dioksyn do środowiska oraz obniżenie poziomów tych związków w ogniwach łańcucha żywnościowego.

Natomiast podstawowym zadaniem wynikającym z założonych celów stało się określenie aktualnego stanu środowiska oraz obniżanie w jak najkrótszym czasie poziomu narażenia ludzi na działanie dioksyn. Stopniowe zmniejszanie narażenia konsumentów ma

być uzyskiwane poprzez urzędową kontrolę żywności i pasz. Ustawodawstwo UE oparto na trzech filarach, a mianowicie: najwyższych dopuszczalnych poziomach (ang. maximum levels), poziomach ostrzegawczych (ang. action levels) oraz poziomach docelowych (ang. target levels) wyznaczonych dla żywności i pasz. Kryterium najwyższego dopuszczalnego poziomu dla sumy 2,3,7,8-PCDD/PCDF obowiązuje w Unii Europejskiej (UE) od 2002 r. (2001/102/WE, 2002/32/WE), natomiast najwyższego dopuszczalnego poziomu dla sumy PCDD/PCDF/dl-PCB weszło w życie od 2006 r. (2006/13/WE). Dodatkowo od 1 stycznia 2012 r. wprowadzono kryterium maksymalnego poziomu dla 6 ndl-PCB (PCB 25, 52, 101, 138, 153, 180). Przekroczenie najwyższych poziomów i poziomów ostrzegawczych powoduje podjęcie określonych działań administracyjnych, które określono w kilku aktach prawnych (rozporządzenia 2023/915/UE, 2017/771/UE, 277/2012/UE, 2017/644/UE). Żywność i pasze, które nie spełniają wymagań w zakresie dopuszczalnej zawartości PCDD/PCDF oraz PCB nie mogą być wprowadzane do obrotu i przeznaczone do spożycia. W przypadku niespełnienia wymagań w zakresie poziomów ostrzegawczych obowiązuje podjęcie działań administracyjnych mających na celu identyfikację źródła zanieczyszczenia żywności lub paszy, a następnie wdrożenie odpowiednich środków kontroli celem jego redukcji lub eliminacji czynnika zagrożenia.

Obecnie najwyższe dopuszczalne poziomy dioksyn i PCB w żywności określa Rozporządzenie Komisji (UE) 2023/915 z dnia 25 kwietnia 2023 r. uchylające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006. Poziomy ostrzegawcze określa Zalecenie Komisji 2014/663/UE z dnia 11 września 2014 r. zmieniające załącznik do zalecenia 2013/711/UE. Najwyższe poziomy dopuszczalne oraz poziomy ostrzegawcze w paszach oraz materiałach paszowych określone zostały w Rozporządzenie Komisji (UE) nr 277/2012 z dnia 28 marca 2012 r.

Dioksyny i związki pokrewne nie występują w środowisku pojedynczo, ale zawsze w postaci mieszanin kongenerów, z których każdy posiada inną siłę działania toksycznego (26, 27). Dlatego też wprowadzono koncepcję tzw. współczynników toksyczności (TEF, ang. toxic equivalency factor), która pozwala na łączną ocenę toksyczności próbki, uwzględniając całą grupę związków. Podejście to polega na tym, że poszczególnym kongenerom przypisano współczynniki obrazujące stopień ich działania toksycznego w odniesieniu do najbardziej toksycznej dioksyny (2,3,7,8-TCDD), dla której przyjęto TEF na poziomie 1 (28, 29). Już od lat 80. XX wieku do wyrażania toksyczności dioksyn posługiwano się różnymi wartościami TEF. W roku 1990 podjęto działania mające na celu ujednoczenie wartości TEF i wprowadzono dla PCDD oraz PCDF międzynarodowe współczynniki toksyczności (I-TEF). Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) w roku 1997 określiła powszechnie dziś uznawane i stosowane wartości WHO-TEF dla kongenerów dioksyn, furanów i dioksynopodobnych PCB (28). W roku 2005 przeprowadzono rewaluację WHO-TEF, dlatego obecnie stosowane są wartości TEF₂₀₀₅ (29).

Zastosowanie koncepcji równoważników toksyczności umożliwiło określenie dopuszczalnego dziennego (tygodniowego, miesięcznego) pobrania PCDD, PCDF oraz dl-PCB. Grupa ekspertów WHO w 1998 r. zarekomendowała wartość 1–4 pg WHO-TEQ/kg¹ m.c. na dzień jako tolerowane dzienne pobranie (TDI – tolerable daily intake; 28). Tymczasowe tolerowane miesięczne pobranie (PTMI – provisional tolerable monthly intake) wynosi 70 pg WHO-TEQ/kg m.c. wyznaczone zostało przez FAO/WHO JECFA. W roku 2001 Komitet Naukowy ds. Żywności Unii Europejskiej oszacował dawkę tygodniowego pobrania (TWI – tolerable weekly intake) na poziomie 14 pg TEQ/kg m.c./tydzień oraz przyjął ustaloną przez Światową Organizację Zdrowia (WHO) dzienną dawkę tolerowanego pobrania (TDI) na poziomie 2 pg WHO-TEQ/kg m.c./dzień. W roku 2018 Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) po analizie danych toksykologicznych obniżył wartość dopuszczalnego tygodniowego pobrania aż 7-krotnie, do poziomu 2 pg TEQ/kg masy ciała/dzień (30).

Kraje członkowskie Unii Europejskiej, aby zapewnić jednolite stosowanie przepisów, są zobligowane przyjąć te same kryteria w zakresie poboru próbek do badań oraz określone metody badań analitycznych (152/2009/WE, 278/2012/UE, 709/2014/UE, 2017/771/UE).

Ponadto wprowadzono bardzo wysokie wymagania dla laboratoriów prowadzących badania urzędowe (2017/644/UE). Zgodnie z nimi jednostki prowadzące tego rodzaju analizy powinny posiadać odpowiednią aparaturę analityczną (zestaw HRGC-HRMS),

kompetentny personel, akredytację na zgodność z międzynarodową normą ISO/IEC 17025, a dodatkowo są zobowiązane do weryfikacji swoich umiejętności poprzez regularny udział w badaniach biegłości (PT – profiency test) dwa razy do roku. Na wszystkich krajach członkowskich UE od 2007 r. ciąży również obowiązek prowadzenia badań monitoringowych, których wyniki powinny być przekazywane do Europejskiego Urzędu ds. Bezpieczeństwa Żywności. Każdy kraj członkowski UE wykonuje badania określonej liczby próbek żywności i pasz, aby zapewnić dokładną ocenę problemu i móc dokonać rzetelnej oceny narażenia konsumenta (2004/704/WE, 2006/794/WE, 2016/688/UE, 2022/932/UE, 2022/931/UE). Dzięki prowadzeniu badań monitoringowych EFSA pozyskuje informacje o poziomach stężeń i profilach występujących kongenerów w różnych matrycach, co umożliwia opracowanie naukowych opinii dotyczących narażenia konsumentów na dioksyny i PCB.

Wielu autorów uważa, że karmienie zwierząt hodowlanych paszami zawierającymi dioksyny i PCB jest najczęstszą przyczyną skażenia żywności pochodzenia zwierzęcego (12, 13, 31, 32, 33, 34, 35). Najbardziej spektakularne przypadki sytuacji kryzysowych, w których źródłem zanieczyszczenia są pasze lub ich komponenty przedstawia tabela 1. Pomimo podjętych działań zapobiegawczych w odniesieniu do łańcucha żywnościowego, co jakiś czas mają miejsce kolejne sytuacje kryzysowe związane z nieznanymi wcześniej źródłami zanieczyszczeń (10, 11, 15, 16, 18, 34). Warto podkreślić, że incydenty te mają

Tabela 1. Najważniejsze przypadki sytuacji kryzysowych związanych z dioksynami w paszach w Europie

Rok	Kraj	Zanieczyszczone materiały	Piśmiennictwo
1998	Niemcy Brazylia	zanieczyszczone wapno dodane jako zobojętniacz do pulpy cytrusowej użytej do produkcji pasz	(10, 11)
1999	Belgia	pasza dla zwierząt przygotowana z olejem technicznym zanieczyszczonym PCB i dioksynami	(12, 13)
1999	Austria Niemcy Holandia	stosowanie zanieczyszczonej glinki kaolinowej do mieszania witamin i minerałów w paszy	(14)
2000	Niemcy Belgia Hiszpania	trociny zanieczyszczone pentachlorofenolem (PCP) używane jako nośnik dla premiksu chlorku choliny stosowanego jako składnik paszy	(15)
2003	Niemcy Holandia	powstanie dioksyn w odpadach piekarniczych wykorzystywanych jako pasza w wyniku użycia do suszenia zużytego drewna	(16)
2004	Holandia	obierki ziemniaków stosowane jako pasza, zostały zanieczyszczone w wyniku zastosowania glinki kaolinitowej do sortowania ziemniaków w procesie produkcji frytek	(17)
2006	Holandia Belgia	tłuszcz paszowy z fabryki żelatyny, zanieczyszczenie dioksynami spowodowały uszkodzone filtry stosowane do oczyszczania kwasu solnego (HCl)	(18)
2008	Irlandia Holandia	niewłaściwie suszone odpady piekarnicze dodane do pasz m.in. dla trzody chlewnej	(19)
2010	Holandia Niemcy	kukurydza organiczna zanieczyszczona prawdopodobnie z powodu niewłaściwego procesu suszenia	RASFF
2010	Niemcy	partia kwasów tłuszczowych (przeznaczona do wykorzystania do celów technicznych) zmieszana z tłuszczem do produkcji pasz	(20)
2011	Holandia Brazylia	tłuszcz z brazylijskich ziaren kakaowca stosowany jako pasza zanieczyszczony dioksynami poprzez nieprawidłowy proces suszenia	(21)
2011	Niemcy Holandia	zanieczyszczone wysłodki buraczane, prawdopodobnie z powodu niewłaściwego suszenia	RASFF

najczęściej charakter międzynarodowy, niekiedy interkontynentalny i w wielu przypadkach stanowią poważne zagrożenie zdrowia dla konsumentów oraz powodują ogromne straty finansowe dla producentów żywności.

Piśmiennictwo

- Hansel W., McEntee K.: Bovine Hyperkeratosis (X-Disease): A Review, *J. Dairy Sci.* 1955, **38**, 875–882.
- Firestone D.: Etiology of chick edema disease, *Environ. Health Persp.* 1973, **5**, 59–66.
- Michalek J., Pavuk M.: Diabetes and Cancer in Veterans of Operation Ranch Hand After Adjustment for Calendar Period, Days of Spraying, and Time Spent in Southeast Asia, *J. Occup. Environ. Med.* 2008, **50**, 330–340.
- White S., Birnbaum L.S.: An Overview of the Effects of Dioxins and Dioxin-Like Compounds on Vertebrates, as Documented in Human and Ecological Epidemiology, *J. Environ. Sci. Heal. Part C* 2009, **27**, 197–211.
- Medicine I of. Veterans and Agent Orange, Washington, D.C.: National Academies Press; 2007.
- Hites R.: Dioxins: An Overview and History, *Environ. Sci. Technol.* 2011, **45**, 16–20.
- EPA. Environmental Monitoring at Love Canal, *Anal. Chem.* 1983, **55**, 943A–948A.
- Drotman D.P., Baxter P.J., Liddle J.A., Brokopp C., Skinner M.: Contamination of the food chain by polychlorinated biphenyls from a broken transformer, *Am. J. Public Health* 1983, **73**, 290–292.
- Starek A.: Polychlorinated Biphenyls – Toxicology – Health Risk. *ROCN. PZH*, 2001, **52**, 187–201.
- de Lacerda J.P.A.: The History of the Dioxin issue in Brazil: From citrus pulp crisis to food monitoring (REVIEW), *Environ. Int.* 2019, **122**, 11–20.
- Malisch R.: Increase of the PCDD/F-contamination of milk, butter and meat samples by use of contaminated citrus pulp, *Chemosphere* 2000, **40**, 1041–1053.
- Bernard A., Broeckaert F., De Poorter G., De Cock A., Hermans C., Saegerman C., Houins G.: The Belgian PCB/Dioxin Incident: Analysis of the Food Chain Contamination and Health Risk Evaluation, *Environ. Resh.* 2002, **88**, 1–18.
- Covaci A., Voorspoels S., Schepens P., Jorens P., Blust R., Neels H.: The Belgian PCB/dioxin crisis—8 years later, *Environ. Toxicol. Phar.* 2008, **25**, 164–170.
- Jobst H., Aldag R.: Dioxine in Lagerstätten-Tonen Z, *Umweltchem. Ökotox.* 2000, **12**, 2–4.
- Llerena J.J., Abad E., Caixach J., Rivera J.: An episode of dioxin contamination in feedingstuff: the choline chloride case, *Chemosphere* 2003, **53**, 679–683.
- Hoogenboom R., Bovee T., Portier L., Bor G., van der Weg G., Onstenk C., Traag W.: The German bakery waste incident; use of a combined approach of screening and confirmation for dioxins in feed and food, *Talanta*. 2004, **63**, 1249–1253.
- Hoogenboom R., Zeilmaker M., Eijkeren J van., Kan K., Mengelers M., Luykx D., Traag W.: Kaolinic clay derived PCDD/Fs in the feed chain from a sorting process for potatoes, *Chemosphere* 2010, **78**, 99–105.
- Hoogenboom R., Van Eijkeren J.C.H., Zeilmaker M.J., Mengelers M., Herbes R., Immerzeel J., Traag W.: A novel source for dioxins present in recycled fat from gelatin production, *Chemosphere* 2007, **68**, 814–823.
- Heres L., Hoogenboom R., Herbes R., Traag W., Urlings B.: Tracing and analytical results of the dioxin contamination incident in 2008 originating from the Republic of Ireland, *Food Addit. Contam. A* 2010, **27**, 1733–1744.
- Zentek J., Knorr F., Mader A., Schafft H.: Lessons from the large-scale incident of animal feed contamination with dioxins in Germany in 2011, *Case Studies in Food Safety and Authenticity* 2012, 296–300.
- Schoss S., Adamse P., Immerzeel J., Traag W., van Egmond H., de Jong J., Hoogenboom R.: Levels and trends of dioxins and dioxin-like PCBs in feed. *RIKILT Report* 2012, 012
- di Domenico A., Cerlesi S., Ratti S.: A two-exponential model to describe the vanishing trend of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzodioxin (TCDD) in the soil at Seveso, northern Italy, *Chemosphere* 1990, **20**, 1559–1566.
- Needham L.L., Gerthoux P.M., Patterson D.G., Brambilla P., Turner W.E., Beretta C., Pirkle J.L., Colombo L., Sampson E.J., Tramacere P.L., Signorini S., Meazza L., Carreri V., Jackson R.J., Mocarelli P.: Serum dioxin levels in Seveso, Italy, population in 1976, *Teratogen. Carcin. Mut.* 1997, **17**, 225–240.
- Bertazzi P.A.: Health Effects of Dioxin Exposure: A 20-Year Mortality Study, *Am. J. Epidemiol.* 2001, **153**, 1031–1044.
- Eskenazi B., Warner M., Brambilla P., Signorini S., Ames J., Mocarelli P.: The Seveso accident: A look at 40 years of health research and beyond, *Environment International* 2018, **121**, 71–84.
- Mason G., Sawyer T., Keys B., Bandiera S., Romkes M., Piskorska-Pliszczynska J., Zmudzka B., Safe S.: Polychlorinated dibenzofurans (PCDFs): Correlation between in vivo and in vitro structure-activity relationships, *Toxicology* 1985, **37**, 1–12.
- Safe S., Bandiera S., Sawyer T., Robertson L., Safe L., Parkinson A., Thomas P.E., Ryan D.E., Reik L.M., Levin W., Denomme M.A., Fujita T.: PCBs: structure-function relationships and mechanism of action, *Environ. Health Persp.* 1985, **60**, 47–56.
- Van den Berg M., Birnbaum L., Bosveld A.T.C., Brunström B., Cook P., Feeley M., Giesy J.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., Tillit D., Tysklind M., Younes M., Waern F., Zacharewski T.: Toxic equivalency factors (TEFs) for PCBs, PCDDs, PCDFs for humans and wildlife, *Environ. Health Persp.* 1998, **106**, 775–792.
- Van den Berg M., Birnbaum L.S., Denison M., De Vito M., Farland W., Feeley M., Fiedler H., Hakansson H., Hanberg A., Haws L., Rose M., Safe S., Schrenk D., Tohyama C., Tritscher A., Tuomisto J., Tysklind M., Walker N., Peterson R.E.: The 2005 World Health Organization Reevaluation of Human and Mammalian Toxic Equivalency Factors for Dioxins and Dioxin-Like Compounds, *Toxicol. Scien.* 2006, **93**, 223–241.
- EFSA. Risk for animal and human health related to the presence of dioxins and dioxin-like PCBs in feed and food, *EFSA Journal* 2018, **16**.
- Malisch R.: Incidents with Dioxins and PCBs in Food and Feed—Investigative Work, Risk Management and Economic Consequences, *J. Environ. Prot.* 2017, **08**, 744–785.
- Malisch R., Kotz A.: Dioxins and PCBs in feed and food — Review from European perspective, *Scien. Total Environ.* 2014, **491–492**, 2–10.
- Hens B., Hens L., Dyke P.H.: What can we learn from 'dioxin incidents?', *Int. J. Environ. Pollut.* 2016, **60**, 34.
- Piskorska-Pliszczynska J., Maszewski S., Mikolajczyk S., Pajurek M., Strucinski P., Olszowy M.: Elimination of dioxins in milk by dairy cows after the long-term intake of contaminated sugar beet pellets, *Food Addit. Contam. A*, 2017, **34**, 1–11.
- Wikoff D.S., Bennett D.C., Brorby G.P., Franke K.S.: Evaluation of potential human health risk associated with consumption of edible products from livestock fed ration supplemented with Red Lake Diatomaceous Earth, *Food Addit. Contam. A*, 2020, **37**, 804–814.
- Hoogenboom R., Traag W., Fernandes A., Rose M.: European developments following incidents with dioxins and PCBs in the food and feed chain, *Food Control*. 2015, **50**, 670–683.

Dr inż. Marek Pajurek, e-mail: pajurekmarek@gmail.com