

Wpływ zanieczyszczenia środowiska na żywność.

dr inż. Robert Tylingo

Żywność

- Produkty pochodzenia roślinnego i zwierzęcego, które w stanie naturalnym lub po obróbce (przemysłowej lub kulinarnej) stanowią pokarm człowieka, określa się mianem żywności.
- Powstaje ona w środowisku życia człowieka i stąd narażona jest na oddziaływanie wszystkich czynników, które w nim występują.

Zanieczyszczenia Żywności

- Niezależnie od drogi, którą dane zanieczyszczenie przeniknęło do żywności, stanowi ono składnik niepożądany, a niekiedy zagrażający życiu człowieka.
- W wyniku tego żywność jest głównym źródłem chorób. Ze względu na czynniki zanieczyszczenia żywności można wyróżnić zanieczyszczenia fizyczne, chemiczne i biologiczne.

Zanieczyszczenia Żywności

- Do grup substancji chemicznych, które mogą stanowić zanieczyszczenie żywności i występują we wszystkich elementach środowiska, zaliczane są :
 - związki metali
 - pestycydy,
 - polichlorowane bifenyle (PCB),
 - dioksyny,
 - wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA).
 - azotany (III), aotany (V) oraz związki N-nitrozowe.

Zanieczyszczenia Żywności

- Istotne znaczenie mają również zanieczyszczenia biologiczne żywności.
- W większości krajów, w tym i w Polsce, najczęstszym czynnikiem wywołującym zatrucia pokarmowe są bakterie z rodzaju *Salmonella*.
- Dane epidemiologiczne wskazują, że są one przyczyną ponad 75% rejestrowanych zatruc i zakażeń pokarmowych.

Zanieczyszczenia Żywności

- Do niebezpiecznych zanieczyszczeń pochodzenia biologicznego zarówno żywności, jak i paszy zwierzęcej, należą mykotoksyny.
- Rozwijając się na środkach spożywczych lub paszy, wydzielają do podłoża mykotoksyny o zróżnicowanej toksyczności.
- Mykotoksyny, ulegają w organizmie człowieka procesowi metabolicznej aktywacji, działając teratogenie i mutagennie.

Pestycydy w żywności

- Pestycydy są to grupy związków chemicznych pochodzenia naturalnego (roślinnego) i syntetycznego stosowanych do niszczenia pasożytów człowieka, zwierząt hodowlanych i roślin.
- Używane są również do zwalczania chorób roślin, regulacji ich wzrostu i usuwania chwastów .
- Związki te są na ogół związkami chemicznymi o dużej toksyczności. Wiele z nich za pośrednictwem żywności kumuluje się w organizmie człowieka, co może prowadzić do zatruc przewlekłych, trwałego uszkodzenia układu nerwowego bądź narządów wewnętrznych.

Pestycydy w żywności

- Człowiek jest narażony przewlekle na toksyczne działanie pestycydów poprzez spożywanie artykułów żywnościowych zanieczyszczonych pozostałościami pestycydów.
- Zanieczyszczenia żywności pestycydami następuje na ogół w wyniku używania ich niezgodnie z zasadami dobrej praktyki rolniczej i niedostatecznej kontroli ich stosowania.

Pestycydy

- Pestycydy stosowane są nie tylko w rolnictwie.
- Około 230 substancji aktywnych stosowanych w UE stosowane są również w produktach biologicznych, takich jak:
 - spraye przeciw komarom,
 - środki przeciwko pchłom, kleszczom,
 - środki ochronne do drzewa,
 - farby przeciwpleśniowe.
- Dodatkowo, właściciele domów i ogrodów mogą stosować pestycydy lub nawozy zawierające pestycydy

Wartości ADI

- WHO publikuje również wartości dawek dziennego pobrania (ADI - acceptable daily intake), które uważa się za bezpieczną ilość, jaką człowiek może skosztować bez szkody dla zdrowia. Ilość ta wyrażona jest w mg/kg masy ciała. Im niższa wartość współczynnika, tym większa toksyczność substancji. Wartości ADI określono dla około 340 pestycydów.

Wartości ADI dla niektórych pestycydów

Związek	Dopuszczalna dawka, µg/kg ciała/dzień
Lindan	0,3
Heptachlor	0,5
DDT	5
Dieldryna	0,05
Aldryna	0,1
Chlordan	0,05
Symazyna	0,7
Atrazyna	5

Pestycydy w środowisku

- Kiedy pestycyd zostanie zaaplikowany, jego los w środowisku nie może być już więcej kontrolowany.
- Po zaaplikowaniu pestycydy degradują się zazwyczaj do jednego lub kilku metabolitów, które mogą wykazywać inne toksyczne i chemiczne cechy niż związek pierwotny.
- Trwałość w środowisku jest cechą decydującą o uzyskaniu zezwolenia na stosowanie danego pestycydu.

Trwałość niektórych pestycydów w środowisku (Biziuk i In., 2001)

Związek	Czas rozkładu w 95% (lata)
DDT	4-30
Aldryna	1-6
Dieldryna	5-25
Heptachlor	3-5
γ-HCP	3-10

Dziewczynka umiera po zjedzeniu proszku przeciw mrówkom

- Pewnego sierpniowego dnia 2000r w St. Leonards on Sea (Wielka Brytania), Sharna, ośmioletnia dziewczynka bawiła się na podwórku z innymi dziećmi. Jedno z dzieci dostało proszek przeciw mrówkom Doff, który miało rozsypać w pobliżu. Widziano, jak Sharna polizała rękę pokrytą białym proszkiem. Tego wieczora rozchorowała się, a później zmarła w szpitalu.
- Proszek przeciw mrówkom Doff zawiera tylko niewielkie ilości lindanu. Sharna zjadła znacznie mniej tej substancji, niż do tej pory naukowcy uważali za dawkę śmiertelną dla dziecka. Wcześniej uważano, że jest to jedna trzecia butelki tego produktu. Ale Sharna zjadła mniej niż łyżeczkę do herbaty

Składniki obojętne pestycydów

- Podczas gdy informacje o substancji aktywnej są dostępne, składniki 'obojętne' są zwykle toksyczną tajemnicą.
- Ze względu na sprawy patentowe i kompetencyjne, tylko producent pestycydu oraz częściowo agencja rządowa odpowiedzialna za rejestrację pestycydów, znają prawdziwą formułę końcowego produktu.
- Jednakże składniki 'obojętne' niekoniecznie są nietoksyczne.

Przykład

- Na przykład nonyl-fenol i chlorek metylenu sklasyfikowane są w Ramowej Dyrektywie Wodnej Unii Europejskiej jako priorytetowe substancje niebezpieczne. Chlorek metylenu jest również sklasyfikowany jako prawdopodobnie kancerogenn przez amerykańską Agencję Ochrony Środowiska (EPA).
- W wielu przypadkach ponad 50% środka ochrony roślin stanowią składniki 'obojętne'.
- Te 50% nieznanych (nieokreślonych) chemikaliów uwalniana jest do środowiska, ale dopóki nikt nie wie co to za związki, ich pozostałości nie są badane w żywności i środowisku.

Klasyfikacja toksyczności

- Pestycydy tworzone są aby zabijać lub wypłoszyć żywe organizmy. Nie działają w ten sam sposób, a ponadto różnią się pod względem działania, metabolizmu, toksyczności, oraz usuwania z organizmu.
- Ludzie narażeni są na kontakt z pestycydami różnymi drogami: żywność, powietrze, woda pitna i kurz.
- Ocena takiej wielorakiej ekspozycji na pestycydy jest praktycznie niemożliwa, a grupa nienarażona na kontakt praktycznie nie istnieje.

Klasyfikacja toksyczności

- Obecne oceny ryzyka zwykle skupiają się na testowaniu jednego związku na kilku gatunkach zwierząt. Rezultaty testów są zbierane, przeglądane i ostatecznie grupa ekspertów określa do której kategorii ją zaliczyć.
- Kategorie te powinny być ostrożnie interpretowane, szczególnie że przełożenie z testów na zwierzętach na ludzi jest bardzo problematyczne.

Klasyfikacja toksyczności

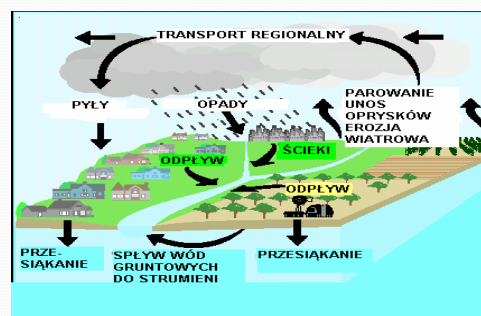
- Funkcjonowanie naszych układów nerwowych i hormonalnych nie jest do końca poznane, wiadomo tylko, że związki chemiczne oddziałują na te systemy.
- Kontakt nienarodzonych dzieci z pestycydami może wykazać efekty dopiero w ich późniejszym życiu, ale zbadanie takich związków jest bardzo trudne

Toksyczność pestycydów

- Określenie toksyczności dla ludzi definiuje się jako różne typy chronicznej i ostrej toksyczności powodowanej przez pestycydy u ludzi, włączając w to raka, toksyczność reprodukcyjną i rozwojową oraz wpływ na układy nerwowy i hormonalny.
- Ostre efekty mogą objawiać się wieloma symptomami, na przykład problemy z oddychaniem, zaburzenia nerwowe, wzmocnienie istniejących już uwarunkowań takich jak astma.
- Zakres symptomów rozpoczyna się lekkim podrażnieniem a kończy na śmierci.

kresoxim metylowy iprodion	Prawdopodobnie rakotwórcze dla ludzi (EPA); ograniczone dowody dla efektów rakotwórczych (UE)
Tiabendazol, pymetrozyna, sulfosulfuron	Prawdopodobnie rakotwórcze dla ludzi (EPA)
izoproturon	Ograniczone dowody efektów rakotwórczych (UE)
amitrol	Prawdopodobnie rakotwórczy dla ludzi (EPA); Ograniczone dowody efektów rakotwórczych (UE); Prawdopodobnie rakotwórczy dla ludzi (IARC)
2,4-D, pendimetalin 2,4-DB; imazalil	Możliwe, że rakotwórczy dla ludzi (E lub IARC)
linuron	Ograniczone dowody efektów rakotwórczych (UE); Możliwe, że rakotwórczy dla ludzi (EPA lub IARC)

Pestycydy w środowisku



Przykład jak działa obecnie zarządzanie ryzykiem

- W maju 1999 Komisja Europejska stwierdziła, że pestycydy o bardzo niskim ADI znajdujące się w żywności dla dzieci mogą stwarzać ryzyko dla dzieci. Komisja stwierdziła, że te pestycydy nie powinny być używane do produkcji żywności dla dzieci. Dopiero po roku KE określiła prowizoryczne tolerowane dzienne dawki (PTDI - provisional tolerable daily intake) i ADI na poziomie do 0,0005 mg/kg masy ciała jako niebezpieczne.

Przykład jak działa obecnie zarządzanie ryzykiem

- Ułożenie wartości PTDI/ADI opracowanych przez WHO w tabeli zajmuje mniej niż minutę, ale Komisji Europejskiej zajęło to lata. W lutym 2003r. ponad 3,5 roku po określeniu ryzyka, KE opracowała prawny instrument zarządzania ryzykiem ('Pozostałości pestycydów w żywności - regulacja UE'). Kraje członkowskie musiały wprowadzić te rozporządzenia do 2004r. To zwiększa ten okres czasu do prawie 5 lat. Pięć lat podczas których żywność dla dzieci była zanieczyszczona niebezpiecznymi pestycydami.

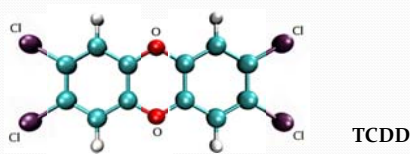
Ograniczenie stosowania pestycydów

- Kodeks dobrych praktyk używania pestycydów
- Minimalizacja ryzyka w stosowaniu pestycydów, która łączy się ściśle z toksycznością substancji i procesem monitorowania;
- Lepsza kontrola stosowania i dystrybucji pestycydów;
- Zastępowanie najniebezpieczniejszych substancji aktywnych bezpieczniejszymi, włączając w to zamienniki nie chemiczne
- Edukacja użytkowników
- Zachęcanie do stosowania niskich dawek pestycydów lub nie stosowania pestycydów
- Zachęcanie do wprowadzania obciążeń skarbowych do zredukowania zużycia najniebezpieczniejszych pestycydów, np. podatek od pestycydów

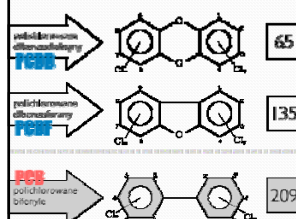
Polichlorowane bifenylole oraz dioksyne

- Polichlorowane bifenylole w skrócie zwane PCB, to grupa 209 kongenerów, numerowanych wg IUPAC, od 1 do 209, z których 180 występuje w mieszaninach handlowych, a około 130 zidentyfikowanych jest w próbkach środowiskowych.

DIOKSYNY



Nomenklatura



- Pod pojęciem dioksyne, potocznie rozumie się dwie klasy związków tj. polichlorowane dibenzodioxyny, w skrócie PCDD, stanowiące grupę 65 związków oraz polichlorowane dibenzofurany, PCDF, których teoretyczna liczba wynosi 135.

PCB	Miliony lat p.n.e	PCDD/PCDF
	od 1840 r.	ślady w osadach wzrost stężeń w glebach
Rozpoczęcie produkcji	1929	
	1940	Rozpoczęcie produkcji 2,4,5-T
Awaria zakładów w Monsanto	1949	
	1957	Synteza 20g TCDD
	1963-70	Użycie Agent Orange w Wietnamie

Zmiany u fok i wydr	1960-70	
Zatrucie w Yusho	1968	wybuch w zakładach chemicznych w Anglii
Wykrycie w środowisku	1969	
	1976	Katastrofa w Seveso
Zatrucie na Tajwanie	1978	
Pożary transformatorów i wysypisk odpadów	1979-92	Pożary transformatorów i wysypisk odpadów
Afera dioksynowa w Belgii	1999	Afera dioksynowa w Belgii
Afera dioksynowa w Rumunii	2007	Afera dioksynowa w Rumunii
Afera dioksynowa Włochy	2008	Afera dioksynowa Włochy

- Do dnia dzisiejszego dyskusyjna jest rola i udział poszczególnych grup związków, w efektach toksycznych, stwierdzonych u ofiar Yousho i You-Cheng. Drugim dowodem na bliskie powiązanie PCB i dioksyn są sposób i drogi ich rozprzestrzeniania się w środowisku.
- PCB, ze względu na swe korzystne właściwości fizykochemiczne, do których zaliczyć należy m.in. odporność termiczną, bierność chemiczną, trwałość oraz wysokie stałe dielektryczne, przez wiele lat a także w chwili obecnej, były i są wykorzystywane w wielu dziedzinach aktywności ludzkiej.

Kategorie zastosowań PCB

Systemy zamknięte	transformatory, kondensatory
Systemy niecałkowicie zamknięte	systemy grzewczo-chłodzące, pompy próżniowe
Systemy otwarte	plastyfikatory w tworzywach sztucznych, dodatki do pestycydów, farb i lakierów, katalizatory w przemyśle chemicznym, składniki papieru kserograficznego

Drogi PCB w ekosystemie

- Główne drogi transportu PCB do ekosystemów to pożary i wycieki z transformatorów i kondensatorów oraz wysypisk odpadów, na które finalnie trafiają PCB, zarówno z systemów zamkniętych jak i otwartych.
- Na uwagę zasługuje fakt, że pożary transformatorów i wysypisk śmieci a także nieprawidłowo funkcjonujące spalarnie śmieci, są nie tylko źródłem emisji PCB, ale stanowią jedno z pierwotnych źródeł tworzenia i rozprzestrzeniania się dioksyn i furanów.

Drogi PCB i dioksyn w ekosystemie

- Z przedstawionych źródeł, PCB i dioksyny przedostają się praktycznie do wszystkich ekosystemów, ulegając na kolejnych szczeblach drabiny troficznej procesom biokumulacji i biomagnifikacji, w końcowym efekcie trafiając do organizmów ludzkich.

Drogi PCB i dioksyn w ekosystemie

- Istnieje zasadnicza różnica pomiędzy omawianymi grupami ekotoksyn.
- Polega ona na tym, że dioksyny, jako produkty naturalnych procesów, takich jak np. pożary lasów, do połowy XIX wieku występowały w przyrodzie na poziomach nie zagrażających organizmom żywym.
- Ryzyko, wynikające z obecności nadmiernych ilości dioksyn w środowisku, pojawiło się wraz z rozwojem cywilizacyjnym mijającego stulecia.

Produkcja PCB

- Z kolei PCB, jako dzieło myśli ludzkiej, były produkowane przez okres co najmniej 30 lat celowo, aczkolwiek z pełną nieświadomością następstw ich wieloletniego niekontrolowanego obiegu w ekosystemach.
- Światowa produkcja PCB szacowana jest na 1,2 do 1,5 mln ton, w czym główny udział miały Stany Zjednoczone. Około 1/3 wyprodukowanych PCB trafiła do środowiska a pozostała ilość, ciągle jeszcze użytkowana lub składowana, może stanowić potencjalne zagrożenie i źródło dioksyn oraz furanów.

Co powoduje, że obecność dioksyn i PCB jest zagrożeniem dla organizmów żywych?

- wymienić należy przede wszystkim toksyczność reprodukcyjną i rozwojową oraz zaburzenia hormonalne.
- *Najbardziej wymownym dowodem na szkodliwe działanie dioksyn i PCB mogą być objawy trądziku chlorowego stwierdzone zarówno u ofiar Seveso jak i Yusho i You-Cheng.*

Dioksyny a żywność

- Wprawdzie obecność zarówno dioksyn jak i PCB jest stwierdzona we wszystkich ekosystemach i zakątkach globu, to jednak głównym źródłem narażenia człowieka na obie grupy ekotoksyn pozostaje żywność.
- Znamiennym jednak jest fakt, że mimo iż wartości współczynników toksyczności PCB są znacznie niższe niż dioksyn i furanów to wartości TEQ (Sumaryczną toksyczność matrycy) obliczone dla wybranych PCB są 2 do 3 razy wyższe niż dla dioksyn.
- Ryzyko wynikające z narażenia na PCB, może być porównywalne z wynikającym z obecności dioksyn i furanów w środowisku.

TDI

- Wieloletnie, badania doprowadziły w 1998 roku do zweryfikowania wartości Tolerowanego Dziennego Pobrania (TDI) dioksyn i związków dioksynopodobnych, w oparciu o zaktualizowane wyniki badań dotyczących m.in.
 - oceny poziomów narażenia
 - mechanizmów działania
 - badań toksykokinetycznych
 - wielkości TEF
 - efektów szkodliwych u zwierząt
 - danych epidemiologicznych oraz
 - modelowania skutków narażenia ludzi.
- Ustalona w początku lat dziewięćdziesiątych wartość TDI została obniżona, z 10 pg/kg masy ciała do 1-4 pg/kg masy ciała.

Jak wygląda problem PCB w Polsce?

- Z wyjątkiem niewielkiej liczby próbek mięsa wieprzowego oraz przetworów mięsnych, w 95-100% próbek stwierdzono zawartość PCB.
- Optymizmem może jednak napawać fakt, że oznaczone poziomy PCB były dużo niższe niż dopuszczalne stężenia tych ksenobiotyków ustalone w normach żywnościowych USA i krajów Europy Zach.
- Nieco gorzej wygląda sprawa surowców bałtyckich oraz produktów rybnych, dla których w 15% przekroczone zostały stężenia 2.0 mg/kg tłuszczu, będące granicznym stężeniem tych ekotoksyn w rybach, wg przepisów USA, Kanady oraz Szwecji.

- Reasumując można stwierdzić, że problem zagrożenia, wynikający z obecności zarówno PCB, jak i podwyższonych poziomów PCDD i PCDF w środowisku w pewnych aspektach jest:
 - **rozwiązany** - poprzez m.in. zaprzestanie produkcji przemysłowej PCB oraz znaczne obniżenie poziomu emisji do środowiska, zarówno PCB jak i PCDD / PCDF
 - **rozwiązywalny** - poprzez wprowadzenie i przestrzeganie zarządzeń legislacyjnych
 - **węzłem gordyjskim** (Dr hab. Janina Lulek), ze względu na m.in.:
 - ciągle niedostateczną świadomość ekologiczną społeczeństwa, która w skrajnych przypadkach może doprowadzić do nieprzewidywalnych i trudnych do oszacowania skutków, jak to miało miejsce w przypadku *belgijskiej afery dioksynowej*
 - ogromne koszty monitoringu, niezbędnego do bieżącej oceny ryzyka, wynikającego z obecności i zmian poziomów PCB oraz PCDD/PCDF w ekosystemach.

WWA

- Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) stanowią liczną grupę lipofilnych związków zawierających od dwóch do siedmiu skondensowanych pierścieni aromatycznych w cząsteczce.
- Poprzez różne ułożenie pierścieni benzenowych w cząsteczce WWA posiadają różne formy strukturalne. Występują w powietrzu, glebie, wodzie, a także w żywności. Są uznawane za substancje mutagenne i rakotwórcze, dlatego bardzo ważne jest określenie zawartości WWA w produktach spożywczych przeznaczonych do konsumpcji.

Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne uznawane jako genotoksyczne oraz kancerogenne dla człowieka

- benzo(a)antracen
- benzo(b)fluoranten
- benzo(j)fluoranten
- benzo(k)fluoranten
- benzo(g,h,i)perylen
- benzo(a)piren
- chryzen
- cyclopenta(c,d)piren
- dibenzo(a,h)antracen
- dibenzo(a,e)piren
- dibenzo(a,h)piren
- dibenzo(a,i)piren
- dibenzo(a,l)piren
- indeno(1,2,3-cd)piren
- 5-metylochryzen

Źródła WWA

- produkty niepełnego spalania paliw kopalnych,
- lotne pyły i popioły powstające ze spalania paliw lub utylizacji odpadów oraz działalność przemysłu ciężkiego związanego z przetwarzaniem węgla i
- ropy naftowej (koksownie, rafinerie,
- huty żelaza, aluminium i miedzi,
- produkcja i wykorzystania smoły i kreozotu.

WWA w żywności

- wędzenie, suszenie, smażenie
- z zanieczyszczonego środowiska



WWA w żywności

- wędzenie, które polega na wytworzeniu dymu poprzez spalenie drewna przy niedostatecznym dostępie tlenu, wskutek czego powstaje frakcja WWA, która osadza się na wędzonym produkcie,
- smażenie i pieczenie, w których WWA powstają podczas pirolizy tłuszczu,
- suszenie, podczas którego wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne dostają się do materiału suszonego poprzez czynnik suszący, jakim są użyte spaliny,
- grillowanie, w trakcie którego zachodzi wytopienie tłuszczu obecnego w produkcie, który skrapla się na rozżarzony węgiel, a powstające w ten sposób WWA parują i osadzają się na powierzchni grillowanego surowca.

- WWA nie występują w środowisku w postaci pojedynczych związków – zawsze tworzą mieszaniny wieloskładnikowe.
- Skład ilościowy i jakościowy tych mieszanin zależy od rodzaju materiału spalanego oraz warunków, w jakich zachodzi proces spalania.
- Najistotniejszym ze zdrowotnego punktu widzenia skutkiem oddziaływania WWA na organizm jest zdolność niektórych z nich do wywoływania zmian nowotworowych.

Ryzyko (dane literaturowe)

- 70 % WWA dostarczanych jest z pożywieniem, przy założeniu że jesteśmy osobami niepalącymi.
- Poddając analizie ponad 200 produktów spożywczych, w których oznaczano zawartość benzo(a)piranu jako wskaźnika zanieczyszczeń WWA stwierdzono, że najwięcej tego związku zawierają produkty mięsne podlegające wędzeniu, smażeniu, pieczeniu, jak również produkty z rożna i grillowane.
- Dawki te niekiedy wynosiły 21% -29 % dawki, którą człowiek może spożyć, aby nie wywołała efektu mutagennego w jednej porcji badanego produktu.

Ryzyko (dane literaturowe)

- W wędzonych rybach i produktach mięsnych zawartość WWA waha się w granicach 200 µg/kg, w produktach grillowanych 130 µg/kg, a w produktach nie poddawanych obróbce termicznej 0,01-1,0 µg/kg.
- W grillowanych na węglu drzewnym próbach piersi z kaczki bez skóry stwierdzono zawartość WWA w granicach 320 µg/kg, ze skórą 300 µg/kg, w próbach poddanych pieczeniu 130 µg/kg, w próbach poddanych parowaniu 8,6 µg/kg a w próbach po dodatku preparatu dymu wędzarniczego 0,3 µg/kg.

Sposoby redukcji WWA

- wykorzystywanie chudego mięsa,
- unikanie kontaktu produktów grillowanych z płomieniami,
- należy unikać skapywania tłuszczu na ogień, co może spowodować powstawanie dymu otaczającego produkty grillowane,
- gotować produkty żywnościowe przy niewielkim wrzeniu wody przez dłuższy czas.
- podczas wędzenia należy stosować pośrednie paleniska lub generatory dymu, które umożliwiają kontrolę procesów wędzenia.
- pewnym rozwiązaniem może być także stosowanie preparatu dymu wędzarniczego.

Metabolizm WWA

- WWA są metabolizowane przez mikrosomalne enzymy cytochromu P 450 do związków mogących tworzyć trwale połączenia z DNA (np. epoksydy), co w konsekwencji może prowadzić do wysoce prawdopodobnego procesu tworzenia nowotworów.
- W celu systematycznej oceny toksyczności wszystkich rakotwórczych WWA, wprowadzono tzw. **względny współczynnik rakotwórczości (k), odnoszący się do rakotwórczości benzo[a]pirenu (BaP), dla którego przyjęto** wartość równą 1.

Względny współczynnik rakotwórczości dziewięciu najbardziej toksycznych WWA

Lp	Substancja	Względny współczynnik rakotwórczości k
1.	Dibenzo(a,h)antracen	5
2.	Benzo(a)piren	1
3.	Benzo(a)antracen	0,1
4.	Benzo(b)fluoranten	0,1
5.	Benzo(k)fluoranten	0,1
6.	Indeno(1,2,3-c,d)piren	0,1
7.	Antracen	0,01
8.	Chryzen	0,01
9.	Benzo(g,h,i)perylene	0,01

Analiza WWA

- Metody analityczne wykorzystywane do oznaczania analitów z grupy WWA w żywności w ostatnich latach został znacznie zmodernizowane, lecz nadal nie ma żadnej oficjalnej procedury, która rozwiązywała by problemy związane z bardzo skomplikowaną matrycą jaką jest żywność.
- Nie ma jednoznacznej metodyki związanej z oczyszczaniem i wzbogacaniem próby bez znaczących strat analitów.
- Istnieją problemy z określeniem sposobów separacji, wykrywania i identyfikacji poszczególnych WWA.

Przygotowanie próby

- Podstawowym elementem przygotowania próby do analizy jest izolacja i wzbogacanie, polegająca na przeniesieniu analitów z matrycy pierwotnej do matrycy wtórnej z równoczesnym usunięciem substancji przeszkadzających i zwiększeniem stężenia analitów do poziomów powyżej granicy oznaczalności stosowanego przyrządu kontrolno pomiarowego.
- Etap izolacji i wzbogacania analitów odgrywa kluczową rolę w odpowiednich procedurach wykorzystywanych do oznaczania analitów z grupy WWA

Oznaczenie końcowe

- W literaturze można znaleźć wiele metod końcowego oznaczania WWA z zastosowaniem chromatografii gazowej (GC), cienkowarstwowej (TLC), oraz wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC).
- W większości odnoszą się one do próbek związanych z ochroną środowiska. Najczęściej wykorzystywaną metodą jest metoda HPLC w układzie faz odwróconych na niepolarniej fazie stacjonarnej.
- Do detekcji najczęściej stosuje się detektor fotometryczny lub, znacznie czulszy, fluorymetryczny.

Podsumowanie

Choroby nowotworowe - przyczyny zgonów [%]

