

## ANTROPOGENICZNE ZANIECZYSZCZENIA ŻYWNOSCI

### ANTHROPOGENIC FOOD CONTAMINATION

*Artur Potocki, Jadwiga Helbin*

*Zakład Higieny i Ekologii Collegium Medicum Uniwersytet Jagielloński  
Kierownik Zakładu: Prof. dr hab. n. med. Emilia Kolarzyk*

#### Streszczenie

Żywność, którą spożywamy zanieczyszczają zarówno czynniki naturalne jak i te związane z działalnością człowieka. Ta druga grupa dzieli się na: substancje celowo dodane (głównie dodatki funkcjonalne), zanieczyszczenia związane z produkcją i obrotem oraz zanieczyszczenia środowiskowe. Rodzaj i ilość substancji celowo dodanych jest odpowiednio normowana i poddawana kontroli. Zanieczyszczenia związane z produkcją (pestycydy, antybiotyki, leki hormonalne itp.) gdy są obecne w żywności są zawsze niepożądanym jej składnikiem. Podobnie jest z substancjami w rodzaju WWA, PCB, PCDD/F itd. oraz z metalami takimi jak Pb, Cd i Hg. Obecność tych substancji może być związana zarówno ze stanem środowiska jak i obróbką cieplną. W tej ostatniej olbrzymią rolę mają procesy nieenzymatycznej glikacji (reakcja Maillarda) prowadzące do powstawania związków Amadori, którym towarzyszą produkty uboczne w rodzaju akroleiny, acrylamidu, aldehydu furfurylowego, HAA i wielu innych. Opakowania nieodpowiedniej jakości oraz w zły sposób stosowane także stwarzają zagrożenia dla konsumenta. Dotyczy to zarówno opakowań z tworzyw sztucznych (obecność cząstek monomerów, wypełniaczy, stabilizatorów, plastifikatorów, pigmentów itp. jak i opakowań z glinu, czy ocynkowanej blachy stalowej.

Słowa kluczowe: *żywność, produkcja, obrót, substancje obce, zanieczyszczenia, opakowania*

#### Summary

The food that is consumed by people is contaminated by natural substances and those that are connected with human activity. The second group may be divided into: substances that are added on purpose (mainly additions)-the contaminants connected with production and turn of the substances and environmental contaminants. The kind and amount of the substances added on purpose is standardised and undergoes many controls.

The contaminants connected with production (pesticides, antibiotics, hormonal drugs), when they are present in food they are always undesirable components.

The similar situation concerns WWA, PCB, PCDD/F and metals such as: Pb, Cd and Hg.

The presence of these substances may be connected with the environmental situation and heat treatment. In the last one the processes of non enzymatic glycation (Maillard reaction) play an important role.

They may lead to new substances creation such as Amador, that are accompanied by side products as acroleine, acrylamide, furfuryl aldehyde, HAA and others. The packings of improper quality and improper usage are also dangerous. It concerns packings from plastic (the presence of molecules of monomers, filling materials, stabilizers, plasticators and pigments). It concerns also packings from aluminium and galvanized sheet steel.

Key words: *food, production, turn, strange substances, contaminants and packings*

Żywność, którą spożywamy od bardzo dawna trudno uznać za naturalną. Już pierwsze użycie ognia do przygotowywania pożywienia przez człowieka pierwotnego spowodowało olbrzymie zmiany jej składu jak i przydatności do spożycia. W

starożytności a szczególnie w średniowieczu decydujący wpływ na jakość chemiczną żywności miał brak świadomości zagrożeń wynikających z używania naczyń wykonanych z cyny ze znaczną ilością ołowiu, a także stosowanie źle wypalonych garnków

Nadesłano: 23.01.2009

Zatwierdzono do druku: 6.01.2010

glinianych, których polewy zawierały znaczne ilości metali ciężkich. Niebagatelne znaczenie miały też zanieczyszczenia związane z toksynami mikrobiologicznymi będącymi efektem rozwoju mikroorganizmów w żywności. Powszechne były zatrucia związane ze spożywaniem żywności zawierającej naturalne endotoksyny. Przykładem może być stosowanie duryjki, która powszechnie była używana do zwiększenia narkotycznego działania piwa lub fałszowania chleba. Dziś ocenia się, że w skrajnych warunkach już 6 g tego zboża mogło wywołać śmiertelne zatrucia. Jednak to współcześnie (wraz z rozwojem nowoczesnego przetwórstwa żywności, masowego żywienia, chemizacji środowiska i zmian zwyczajów żywieniowych)

problem jakości żywności stał się tak istotny. Jest bardzo wiele sposobów podziału substancji nieodżywczych w żywności. Jednym z proponowanych jest taki, który zasadniczo dzieli te substancje na dwie podstawowe grupy – substancje naturalne i substancje obce (tabela I, II).

Na obecność substancji naturalnej mamy jedynie wpływ przez dobór produktów żywieniowych. Natomiast o obecności substancji obcych decydują nasze działania zarówno w skali środowiska jak i przechowywanie oraz przetwórstwo. Przedmiotem poniższego opracowania będą czynniki przedstawione w tabeli II z pominięciem czynników biologicznych, ze względu na ograniczone rozmiary publikacji.

**Tabela I.** Naturalne nieodżywcze substancje w produktach spożywczych  
**Table I.** Natural nonnutritious substances in foodstuff

Działające na przewod pokarmowy	Wykazujące działanie ogólne	Wykazujące potencjalne działanie karcinogenne, mutagenne, teratogenne
<b>1. Substancje balastowe</b> – zwierzęce (keratyna, elastyna) – roślinne (błonnik pokarmowy)  <b>2. Substancje trudno wchłaniane</b> – saponiny – garbniki – fitynizyny	Inhibitory enzymatyczne i antywitaminy  Związki o specyficznym ukierunkowanym działaniu – hepatotropowe – neurotropowe – psychotropowe – tyreotropowe	Np. amigdalina, solanina, hydrazyna, tomatyna, indofenole, safrole, aldehyd octowy, niektóre estry alkilowe i alilowe

**Tabela II.** Obce nieodżywcze substancje w produktach spożywczych  
**Table II.** Foreign nonnutritious substances in foodstuff

Celowo dodane	Zanieczyszczenia chemiczne		Zanieczyszczenia biologiczne i ich toksyny
	Związane z produkcją i obrotem	Zanieczyszczenia środowiskowe	
Substancje wpływające na cechy organoleptyczne (barwiące smakowe, zapachowe, zagęszczające, spulchniające, regulujące pH itp.) substancje konserwujące	Związki stosowane: 1. Przy uprawach roślin (nawozy, pestycydy itp.) 2. W hodowli zwierząt (antybiotyki, leki hormonalne, uspokajające itp.)  Zanieczyszczenia techniczne pochodzące z opakowań i urządzeń  Związki czyszczące, dezynfekujące, zmiękczające, fermenty, stabilizatory itp.	Związki pochodzące z emisji zakładów przemysłowych i środków transportu – metale i pierwiastki szkodliwe – węglowodory w tym WWA, dioksyny i furany, PCB – pierwiastki promieniotwórcze	Organizmy niejadalne towarzyszące uprawom – rośliny trujące – grzyby kapeluszowe – pasożyty roślinne i zwierzęce – pleśnie i ich toksyny – drobnoustroje i ich toksyny – GMO?

## **Substancje celowo dodane**

Grupa substancji celowo dodanych jest szczególnie źle postrzegana przez konsumentów, chociaż z drugiej strony w bardzo wielu przypadkach, to właśnie ich preferencje i wymogi stoją za ich stosowaniem [1]. Generalnie powszechnie akceptowana jest zasada, że do żywności nie wolno dodawać niczego co nie jest dopuszczone do obrotu a także może mieć zmienny skład [2]. Istotne znaczenie ma pojęcie „*quantum satis*” zalecające stosowanie danej substancji w dawce minimalnej, a zarazem niezbędnej do uzyskania żadanego efektu [3]. Chociaż substancje celowo dodane przed dopuszczeniem do obrotu muszą przejść badania toksykologiczne, to zawsze istnieje ryzyko związane z ich niedoskonałością. Powszechność stosowania i długotrwałość oddziaływania powodują, że nigdy nie ma stuprocentowej pewności co do skutków dla poszczególnych konsumentów (różnice genetyczne), jak i efektów które mogą wystąpić w następnych pokoleniach [4]. ADI (*acceptable daile intake*), czyli dopuszczalne dzienne pobranie ma maksymalnie chronić konsumenta przed negatywnymi efektami spożywania substancji dodatkowych. Trzeba jednak mieć świadomość, że poziomy te wyznaczane przez komitet ekspertów FAO/WHO do spraw dodatków do żywności, pomimo że zawierają duży margines bezpieczeństwa, mogą być przez nieuczciwych producentów jak i przez irracjonalne zachowania konsumentów przekraczane [3]. Przykładem tego może być sytuacja jaka miała miejsce we wrześniu 2008 roku, gdy w produktach mlecznych pochodzących z Chin wielokrotnie notowano bardzo wysokie poziomy melaminy, która była do nich dodawana w celu fałszywego podniesienia teoretycznej zawartości białka. Na skutek takich działań poważnemu zatruciu uległo ponad 54 tys. niemowląt, a 4 z nich zmarło. W efekcie działań profilaktycznych zakazano eksportu z Chin mleka w proszku i produktów zawierających w swym składzie mleko prawie do wszystkich krajów świata. Mimo tych działań sporadyczne przypadki pojawienia się w handlu skażonych produktów odnotowano w Słowacji, Niemczech, Japonii i w Wielkiej Brytanii. Generalnie na skutek prowadzonych badań i rosnącej wiedzy lista substancji celowo dodanych ulega ciągłemu skróceniu, a także wyraźnie widoczna jest tendencja do ograniczania ich ilości i możliwości stosowania. Dzieje się tak mimo silnej presji ze strony lobby przemysłu spożywczego i handlu.

## **Zanieczyszczenia chemiczne.**

Powszechnie akceptowana definicja zanieczyszczenia brzmi: „zanieczyszczeniem jest każda substancja nie dodawana celowo do żywności a której

obecność jest wynikiem produkcji, hodowli zwierząt, zabiegów weterynaryjnych, przetwarzania, obróbki i pakowania, transportu i przechowywania lub rezultatem zanieczyszczenia środowiska”. Bardzo istotne jest przestrzeganie podstawowych zasad bezpieczeństwa żywności. Brzmia one następująco:

- zasada opcji zerowej – zawartość zanieczyszczeń powinna być na jak najniższym poziomie
- zasada normowania – dla każdej substancji monitorowanej w żywności istnieje obowiązek określenia poziomów maksymalnych
- zasada bezpieczeństwa – żywność nie może zawierać zanieczyszczeń w ilościach stanowiących bezpośrednie i pośrednie zagrożenie dla zdrowia konsumenta.

Pierwszą grupą zanieczyszczeń będących typowymi egzotoksynami są substancje stosowane w rolnictwie w produkcji roślinnej. Zaliczamy do nich nawozy i środki ochrony roślin. Teoretycznie nawożenie zarówno organiczne jak i nawozami mineralnymi, czy to pochodzenia naturalnego (np. saletry), czy też syntetycznego nie powinno powodować zmian w składzie pozyskiwanej żywności. Według International Centre for Research in Organic Food Systems (ICROFS) – zawartość wszystkich składników odżywczych, mineralnych i mikroelementów jest taka sama w uprawach ekologicznych jak i chemicznych, gdy prowadzone są one zgodnie z zasadami dobrej wytwórczości. Jednak głównym problemem jest jakość używanych nawozów, ich zbilansowanie pod względem proporcji pomiędzy azotem, fosforem a pozostałymi istotnymi pierwiastkami, jak i ich bezwzględna ilość. W przypadku nawozów organicznych istotne znaczenie ma sposób przygotowania kompostu jak i fermentowania nawozów pochodzenia zwierzęcego. Niebagatelne znaczenie ma też problem skażenia biologicznego gleby wywołany organizmami mogącymi powodować antropozoonozy. Stosowanie nawozów pochodzenia ludzkiego powinno być całkowicie wykluczone. Przenawożenie azotem w przypadku upraw szklarniowych czy też pod folią często doprowadza do istotnego wzrostu poziomu azotanów (V) ( $\text{NO}_3$ ) w warzywach. Ich przeznaczenie do żywienia niemowląt w przypadku jeszcze do niedawna używanej marchwianki powinno być wykluczone ze względu na możliwość wystąpienia methemoglobinemii z sinicą. Także firmy produkujące soki i przetwory warzywne przeznaczone dla małych dzieci zobowiązane są do monitorowania zawartości azotanów (a de fakto wielu innych składników) w warzywach i owocach przeznaczonych do przerebu. W przypadku nawożenia mineralnego zagrożenia wynikały z nadmiernej ilości jonów metali ciężkich (Pb, Cu, Zn) i fluoru (np. w nawozach fosforowych otrzymanych z mauretańskich i tunezyjskich

fosforytów i apatytów). Skrajnym przypadkiem może być zawartość arsenu w dolomicie (nawet w Polsce). Jednak głównym problemem związanym z produkcją żywności pochodzenia roślinnego jest kwestia stosowania środków ochrony roślin. Historia ich użytkowania sięga XIX wieku, gdy  $\text{CuSO}_4$  był stosowany do zwalczania chorób grzybiczych winorośli.

Lata 30. XX wieku przyniosły odkrycie zoobójczego działania **chlorowcopochodnych** węglowodorów [5]. W czasie II wojny światowej zastosowano DDT w zwalczaniu insektów u żołnierzy w armiach alianckich. Po wojnie preparat ten był masowo stosowany w zwalczaniu owadów na całym świecie. Dzięki zwalczaniu zarodźca malarii udało się zmniejszyć pod koniec lat 50. liczbę zgonów z powodu tej choroby z około 5–7 mln do 600 tys. Niestety cena za ten sukces była wysoka. W 1960 roku w Wielkiej Brytanii ukazała się książka pt. „Silent Spring” autorki R. Carlson. Opisowała ona zanikanie ptaków w tym kraju. W następstwie badań przeprowadzonych przez brytyjskich ornitologów stwierdzono w tkance tłuszczowej ptaków stężenia DDT około  $10^6$  razy większe niż środowiskowe [6]. Tak wysokie stężenia tej substancji wywoływały zaburzenia w gospodarce wapniem, a także skutkowało problemami z rozmnażaniem. W efekcie działań ustawodawczych w większości krajów rozwiniętych zakazano stosowania DDT. W Polsce odpowiednik azotox został zakazany w 1973 roku (produkcja), a całkowity zakaz stosowania wprowadzono od 1979 roku. Mimo tych ograniczeń na początku lat 90. stężenie DDT w mleku kobiet amerykańskich było cztery razy większe niż maksymalna wartość w odniesieniu do mleka krowiego. To i tak niewiele w porównaniu z 20-krotnym przekroczeniem tego stężenia pod koniec lat 70. w RFN. Niestety w krajach trzeciego świata DDT jest dalej stosowane ze względu na niską cenę, wysoką skuteczność i relatywnie niską toksyczność dla ssaków. W tej chwili znamy około 2000 różnych substancji czynnych stosowanych w preparatach ochrony roślin. Dodatkowo sprzedawane są one pod wieloma nazwami handlowymi. Podstawowe grupy pod względem budowy chemicznej to związki chlorowcopochodne, fosforoorganiczne, karboaminiany i piretroidy syntetyczne. Kiedyś powszechnie stosowano jeszcze związki zaliczające się do grupy metaloorganicznych. Jednak ze względu na obecność niebezpiecznych środowiskowo kationów Hg, Cu, Sn, As i innych aktualnie są one zakazane (poza zawierającymi Cu jako fungicydy nieorganiczne). W aspekcie ochrony żywności ciągle największe zagrożenie dotyczy substancji z grupy chlorowcopochodnych, ze względu na ich długi czas rozpadu i wynikającą z tego trwałość w środo-

wisku, oraz ich lipofilność powodującą możliwość odkładania się w tkance tłuszczowej. Z tego względu, że są stosowane głównie jako trucizny kontaktowe bardzo istotne jest mycie świeżej żywności przed spożyciem lub przetwarzaniem. Jednak przy znacznym przekroczeniu dopuszczalnych dawek tolerancji usunięcie ich z powierzchni jest trudne, ze względu na bardzo niską ich rozpuszczalność w wodzie. Ustalony poziom pozostałości zawiera ją się w granicy od 0,5–7 mg/kg tłuszczu w zależności od substancji i produktu. Ustalona przez Kodeks Alimentarius ADI dla większości z nich zawiera się w przedziale od 0–0,006 mg/kg masy ciała [7]. Zagrożenia dla człowieka związane ze związkami z tej grupy najczęściej łączy się z ich aktywnością podobną do estrogenów. Dlatego też podejrzewane są o działanie karcinogenne, embriotoksyczne i teratogenne.

Insektycydy **fosforoorganiczne** także słabo rozpuszczają się w wodzie, a dobrze w tłuszczach. Jednak w porównaniu z chlorowcoorganicznymi są znacznie mniej trwałe i z tego względu cechuje ich krótki czas karencji. Niestety toksyczność dla ssaków tych substancji jest wysoka i mogą być łatwo przyczyną ostrych zatruc nawet z możliwością zgonu. Dawki rzędu 1 mg mogą wywoływać podostre zatrucia, zaś rzędu 0,3 g zejście śmiertelne. Dawki tolerancji dla pozostałości w mięsie i w warzywach mieszczą się na ogół w przedziale 0,1–0,5 mg/kg, a w mleku 0,02 mg/kg, dla większości pozostałych środków spożywczych około 0,1 mg/kg. Dawki ADI wynoszą od 0–0,1 mg/kg masy ciała.

**Karboaminiany** podobnie jak estry kwasu fosforowego są inhibitorami esteraż i hydrolaz. Z tego względu toksyczność dla ssaków tych związków jest wysoka. Ich działanie na owady jest głównie kontaktowe, ale wykazują również działanie jako trucizny pokarmowe lub układowe. Dawki ADI kształtują się na poziomie 0–0,01 mg/kg, a maksymalna dopuszczalna pozostałość w zależności od produktu i substancji od 0,05 mg/kg dla mięsa i mleka do 3 mg/kg dla owoców. Istotne znaczenie mają też **herbicydy**. Są one w większości silnie toksyczne. Dawki letalne tych substancji często nie przekraczają 20 mg/kg masy ciała. Zatrucia nimi dotyczą głównie pracowników wykonujących zabiegi agrotechniczne. Są one często rozpuszczalne w wodzie, działają systemowo i przedostają się w głąb roślin, wywołując zaburzenia metaboliczne. W przypadku stosowania nieodpowiednich dawek oraz nieprzestrzegania zasad agrotechnicznych (np. pory dnia i temperatury oprysku) może dochodzić do zmiany składu chemicznego żywności i obniżenia jej wartości odżywczej (znane przypadki dotyczą zbóż i roślin okopowych). Bardzo groźna jest pozostałość herbicydów np. w jęczmieniu

browarnianym. W latach 90. kilkakrotnie na świecie dochodziło do produkcji skażonego piwa. Mimo rosnącej świadomości zagrożeń na świecie stosowanie pestycydów nie maleje. Według FDA w 2005 roku 33% sprzedawanej w USA żywności zawierało mierzalne ilości tych związków. Wśród nich około 9% pochodziło z grupy 53 rodzajów uznawanych za potencjalnie rakotwórczych. Najwyższe dopuszczalne poziomy pozostałości pestycydów stosowanych w naszym kraju podaje Dz.U.nr119.poz.817 z dnia 16.5.2007.

### ***Antybiotyki, leki hormonalne, leki uspokajające***

Prawdopodobieństwo że zbliżamy się do ery gdy większość nawet 90% bakterii będzie opornych na wszystkie antybiotyki rośnie z dnia na dzień. Te słowa wypowiedane przez wielu lekarzy dużo mówią o skali problemu powszechnego stosowania antybiotyków. Według danych amerykańskich (American Society for Mikrobiologii) w hodowli zwierzęcej w 1999 roku zużyto 11350 ton antybiotyków, a na leczenie ludzi w całych latach 90. tylko 2043 tony. Z tego względu dla konsumenta jest istotne nie tylko to, czy w mięsie istnieje niebezpieczna dla jego zdrowia pozostałość antybiotyku lub produktów jego przemian metabolicznych, czy też na skutek masowego stosowania hodowli nie spadnie również skuteczność stosowania antybiotyków w leczeniu ludzi. Chociaż przepisy zabraniają dodawania do paszy i leczenia zwierząt antybiotyków stosowanych przez człowieka, to ze względu na zdolność przekazywania sobie przez bakterie antybiotykooporności zagrożenie takie istnieje. Nie jest to tylko teoretyczne stwierdzenie o czym może świadczyć fakt np. stosowania awoparyny, która wywołała odporność niektórych bakterii z rodzaju *Enterococcus* na wankomycynę. Zgodnie z dyrektywą UE96/22/WE istnieje zakaz stosowania w hodowli zwierzęcej substancji o działaniu hormonalnym, tyrostatycznym, beta-agonistycznym, anabolicznym, a wcześniejsze zalecenia normują stosowanie i kontrolują ilość substancji o działaniu farmakologicznym, w tym antybiotyków, pestycydów, detergentów i innych substancji mogących negatywnie wpływać na jakość żywności i jej cechy organoleptyczne. Mimo to problem zanieczyszczenia żywności substancjami z tej grupy jest dalej aktualny. W mięsie pozyskanym zgodnie z prawem w USA zawartość w suchej masie pozostałości substancji farmakologicznych jest do 60 razy większa niż w nasionach zbóż. Stosowanie w weterynarii związków z tej grupy pociąga dla konsumenta skutki nie tylko farmaceutyczne, ale także toksykologiczne takie jak: potencjalna mutagenność, teratogenność czy też rakotwórczość,

a również efekty związane z nadwrażliwością (alergie) na sam antybiotyk jak i metabolity (np. pokrzywki, wysypki, nasilenie objawów ostrych, a nawet wstrząs anafilaktyczny). Szacuje się że objawy tego typu mogą występować w krajach rozwiniętych nawet u 10% populacji.

W przypadku pozostałości w mięsie substancji hormonalnych problem ten w Europie praktycznie nie istnieje, ze względu na zakaz ich stosowania. Historia jednak pokazuje, że kiedyś zagrożenia z tego powodu były poważne. Słynna w latach 70. była afera Stilbestrolu – żeńskiego hormonu stosowanego między innymi do tuczenia kurcząt. Chociaż od lat 40. wiadano, że jest to związek potencjalnie rakotwórczy dla człowieka, to był on stosowany np. w USA, gdyż roczne oszczędności w hodowli z powodu przyspieszenia wzrostu masy kurcząt sięgały sumy kilkuset milionów ówczesnych USD. Gdy wykryto przypadki szybkiego powiększania się biustu u mężczyzn spożywających duże ilości szyjek kurzych i kilka przypadków nie występującego do tej pory u kobiet przed 30. rokiem życia raka pochwy, substancja została zakazana [8].

### ***Nienaturalna karma***

Do niedawna w hodowli wielkoprzemysłowej stosowano wiele składników pasz nie będących normalnie w przyrodzie spożywanych przez dany gatunek zwierzęcia. Przykładem może być karmienie bydła paszą z dodatkiem mączki kostnej i homogenizatów białkowych pozyskiwanych z mięsa owiec, często chorych na zakażenia prionowe (choroba Scrapie). W następstwie tego doszło do zakażenia transgatunkowego i pojawienia się choroby BSE (gąbczastej encefalopatii bydła) zwanej też trzęsawką lub kołowacizną. W roku 1984 odnotowano pierwszy przypadek tej choroby w Wielkiej Brytanii. Rekord zachorowań padł 1992 roku (37.280 przypadków), mimo zaprzestania wzbogacania pasz i wprowadzenia praktyki wybijania całych zakażonych stad. Istnieje wysoce prawdopodobna hipoteza, że pojawienie się nowego wariantu vCJD (choroby Creutzfeldta – Jakoba) u młodych ludzi wiąże się ze spożywaniem mięsa krów chorych na tę chorobę. Na całe szczęście liczba przypadków nie jest duża, a maksimum zachorowań zanotowano w 2000 roku (27 przypadków). Wątpliwości dotyczą też stosowania mączki rybnej w hodowli drobiu. Ta wysoko białkowa pasza istotnie skraca czas chowu, jednak gdy w odpowiednim momencie przed ubojem nie zaprzestanie się karmienia zwierząt tym produktem, to pozyskane mięso wykazuje wyraźny zapach ryb. Związane jest to z obecnością amin nie metabolizowanych przez organizmy ptaków, nie żywiących się w przyrodzie rybami.

## **Opakowania i przedmioty kontaktujące się z żywnością**

Największym problemem z tej grupy zagrożeń stanowią opakowania i naczynia. W historii znane były zatrucia ołowiem, kadmem czy manganem pochodzącym ze źle wypalonych naczyń ceramicznych (np. zwykłych garnków glinianych). Dziś emalie i polewy są odpowiedniej jakości, a zawartość ołowiu i kadmu jest w nich normowana. Szkło jest jako opakowanie praktycznie całkowicie bezpieczne ze względu na swoją nierozpuszczalność w wodzie i to zarówno w środowisku obojętnym i kwaśnym. Jedynie w przypadku silnie zasadowego środowiska, a takie w żywności nie bywa, mogłoby dojść do roztworzenia szkła, a zatem skażenia żywności np. pigmentami metalicznymi zawartymi w nim. Jeżeli chodzi o metale to największe ilości dotyczą naczyń, puszek, sztućców i folii wykonany z glinu (aluminium). Metal ten w środowisku obojętnym praktycznie nie przenika do żywności (pasywacja). Jednak w środowisku kwaśnym jak i alkalicznym ulega silnemu roztworzeniu, tym samym skażając produkty kontaktujące się z nim. Zdania co do szkodliwości glinu są podzielone. W latach 60. i 70. XX wieku twierdzono, że wysokie poziomy glinu w pożywieniu mogą mieć związek z występowaniem choroby Alzheimera. Potem z tych twierdzeń się wycofano. Aktualnie jednak znowu pojawiają się doniesienia o możliwości takiego związku. Z tego względu jest lepiej gdy produkty kwaśne np. soki owocowe nie kontaktują się z glinem i jego stopami. W przypadku dobrej jakości stali nierdzewnej zagrożenia dla konsumenta są niewielkie (brak korozji) [1]. Niektóre gatunki stali węglowej są stosowane do produkcji urządzeń, lecz dużo bezpieczniejsze jest gdy jego powierzchnia jest pochromowana lub pokryta emalią. Dla naczyń stołowych są odpowiednie normy jakościowe określające maksymalną dopuszczalną migrację poszczególnych substancji do roztworu wzorcowego. Istotne znaczenie ma jakość blachy ocynowanej stosowanej do produkcji puszek konserwowych. W lutecie stosowanym do lutowania takich pojemników zawartość ołowiu jest ściśle ograniczona. Coraz częściej wewnątrz puszek jest dodatkowo chronione lakierem niedopuszczającym do bezpośredniego kontaktu żywności z metalem. Niestety nie zawsze (np. u producentów dalekowschodnich) jakość lakieru jest odpowiednia, co może doprowadzać do skażenia żywności toksycznymi jego składnikami (np. fenolami). Istotne znaczenie w czasie użytkowania pojemników konserwowych ma rygorystyczne przestrzeganie warunków przechowywania i czasu przydatności do spożycia. Aktualnie największe znaczenie mają opakowania i przedmioty z tworzyw sztucznych. Z założenia powinny być one całkowicie bez-

piecznym dla użytkowania, gdyż są to związki wielkocząsteczkowe, czyli w praktyce całkowicie nierozpuszczalne. Niestety wszystkie reakcje polimeryzacji, polikondensacji czy poliaddycji nie zachodzą do końca, tak że tworzywo zawiera zawsze pewną ilość monomeru. Dodatkowo tworzywa ulegają też degradacji (rozpadowi), co skutkuje zanieczyszczeniem produktami tego procesu. W praktyce też nigdy nie mamy do czynienia z czystym tworzywem. Zawiera ono wypełniacze, plastyfikatory, barwniki, pigmenty, stabilizatory, wyblyszczacze i inne związki. Te wszystkie substancje mogą migrować do żywności. Z tego względu produkty przeznaczone do kontaktu z żywnością powinny mieć odpowiednie atesty.

Największe zagrożenia wynikają ze stosowania złej jakości przedmiotów z **PCV (polichloru winylu)** i to zarówno w formie twardej (winidur) czy miękkiej (igielit) [1]. Obie formy zawierają duże ilości substancji dodatkowych. Monomer PCV, chlorek winylu jest substancją o udowodnionym działaniu rakotwórczym dla człowieka (białaczki). Samo tworzywo jest nierozpuszczalne w wodzie, jak i w kwasach i zasadach. W przypadku zawartości chloru winylu powyżej 1 mg/kg produktu jest wykluczony jego kontakt z żywnością i wodą do picia [1].

Sporo wad ma też **polistyren** ze względu na obecność monomeru jakim jest styren. Jest to też substancja rakotwórcza. Chociaż polistyren jest nierozpuszczalny w wodzie, to doskonale rozpuszcza się w wielu rozpuszczalnikach organicznych. Z tego względu wykluczony jest jego kontakt z tłuszczami i alkoholem [1].

**Polietylen** występuje w formie nisko i wysoko ciśnieniowej oraz w postaci wielu kopolimerów. Jest tworzywem bardzo odpornym na wodę i rozpuszczalniki organiczne. Stosunkowo łatwo ulega fotodegradacji. Złej jakości pojemniki polietylenowe zmieniają właściwości organoleptyczne przechowywanej w nich żywności, a szczególnie roztworów wodnych [1]. Dodatkową wadą opakowań z polietyleny jest jego zdolność do absorpcji substancji aromatycznych z żywności, co ogranicza wielokrotność ich stosowania.

**Polipropylen** jest tworzywem odporniejszym fizycznie i chemicznie od polietyleny. Wyroby z tego tworzywa zawierają mniejsze ilości substancji pomocniczych. Tworzywo to znajduje zastosowanie do laminowania papieru. Jednak jak w przypadku polietyleny prawdopodobieństwo pogorszenia smaku i zapachu żywności w przypadku jego stosowania jest wysokie [1].

**Tworzywa poliamidowe** (polikondensaty aminokwasów lub kwasów dikarboksyłowych z diamina-ami), mają główne zastosowania w przemyśle włókienniczym (nylon, stylon). Ale produkuje się z nich

też folie i drobne przedmioty użytkowane w gospodarstwie domowym. Monomery tych tworzyw często są niskotoksyczne (aminokwasy), jednak posiadają wyraźny smak i są rozpuszczalne w wodzie, co powoduje że mogą w dużej ilości migrować do żywności pogarszając jej jakość [1].

**Tworzywa termoplastyczne** (termoutwardzalne) z grupy **fenoplastów**, **aminoplastów** oraz **poliestry** i **epoksydy** cechuje duża wytrzymałość mechaniczna. Jednak cząstki monomerów: fenol, formaldehyd, mocznik, melamina, alkohole wielowodorotlenowe, kwasy dikarboksylowe, dieny i epichlorohydryny posiadają wysoką toksyczność, a także niektóre z nich podejrzewane są o mutagenność, teratogenność i rakotwórczość. W przypadku wielu z nich na zimno migracja monomerów jest niewielka, lecz na gorąco (wrząca woda, gorący tłuszcz w czasie smażenia), mogą powodować przenikanie znacznych tych substancji do żywności. Stosowanie butelek z poliestru do przechowywania roztworów alkoholu powinno być całkowicie wykluczone, gdyż tworzywo częściowo się w nim rozpuszcza, tak że ilość przenikających do żywności substancji dodatkowych jest duża [1]. Zmiana smaku płynów dla konsumenta jest maskowana przez zawartość alkoholu.

Ogólnie migracja składników tworzywa zawsze może stanowić zagrożenie dla konsumenta. Z tego względu każdy przedmiot mający kontakt z żywnością powinien mieć wyznaczoną ekstrakcyjność, czyli procentową suchą pozostałość z wyciągów z tworzywa. Do zbadania tego parametru używa się wody destylowanej, 10% roztworu alkoholu etylowego, 3% roztworu kwasu octowego i eteru naftowego. Wyciągi te mogą być dodatkowo badane za pomocą metod instrumentalnych (najczęściej chromatograficznie) na zawartość wyekstrahowanych związków [1]. Przykładem na to że pobieramy substancje pochodzące z opakowań wraz z żywnością i wodą jest powszechna zawartość ftalanów w krwi ludzkiej [9]. Ftalany są estrami kwasu ftalowego (PAE). Są one powszechnie stosowane jako plastyfikatory (zmiękczacze) przy produkcji wyrobów z PCV i gumy. Zawartość ich w tworzywie może sięgać 50%. Obecne są w folii spożywczej, butelkach (np. dla niemowląt), opakowaniach do przechowywania serów oraz mięsa. Ftalany rozpuszczają się zarówno w wodzie jak i rozpuszczalnikach organicznych i dlatego przenikają prawie do praktycznie wszystkich produktów spożywczych zwłaszcza do tych o wysokiej zawartości tłuszczu. Podejrzewa się je o wywoływanie nowotworów (głównie u pracowników mających bezpośredni z nimi kontakt) i nasilenie lub wywołanie astmy i alergii szczególnie u małych dzieci. Prawdopodobnie ograniczają zdolność do prokreacji.

## ***Zanieczyszczenia środowiskowe związane z emisją z zakładów przemysłowych i środków transportu***

Przemysł produkuje rocznie około 400 mln ton związków chemicznych. Spora ich część to ksenobiotyki lub substancje występujące w przyrodzie w warunkach naturalnych jedynie w ilościach śladowych. Ocenia się, że w samej UE 30 tys. różnych związków ma produkcję jednostkową przekraczającą 10 ton. Najistotniejsze znaczenie mają związki persystentne, trwale pozostające w środowisku (POPs-Persistent Organic Pollutants). Ogólnie można przyjąć że związki z tej grupy mają wspólne cechy w postaci przede wszystkim dużej trwałości środowiskowej, posiadania właściwości toksycznych, lipofilności prowadzącej do bioakumulacji, migracyjności (rozprzestrzenione są w środowisku w skali planety). Człowiek będący późnym ogniwem łańcucha troficznego jest na nie szczególnie narażony. Typowym przykładem tego typu substancji są związki zaliczone w 2000 roku przez United Nations Environmental Programme do grupy Dirty Dozen (parszywej dwunastki) substancji szczególnie niebezpiecznych dla środowiska a produkowanych przez człowieka i które powinny być wycofane z użycia. Wśród nich znajdują się polichlorowane bifenyle PCB, heksachlorobenzen (HCB), polichlorowane dibenzo-p-dioksyny (PCDD) i polichlorowane dibenzofurany (PCDF).

**Polichlorowane bifenyle (PCB)** zostały wprowadzone do produkcji w latach 30-tych ubiegłego stulecia. Mogą one też powstawać samorzutnie w niewielkich ilościach w procesach pirolitycznych uzdatniania wody (chlorowanie) i przy produkcji papieru. Są nierozpuszczalne w wodzie ale dobrze rozpuszczalne w rozpuszczalnikach organicznych Posiadają stosunkowo wysoką temperaturę zapłonu i są izolatorami [10]. Z cech chemicznych najistotniejsza jest ich bierność. W przemyśle mają zastosowanie jako dielektryki, ciecze hydrauliczne i smarujące, plastyfikatory itp. Człowiek od lat 30. XX wieku wyprodukował ich około 2 mln ton, a w środowisku uległo rozproszeniu około 400 tys. ton. Olbrzymia większość bo około 90% dziennego pobrania przez człowieka, odbywa się drogą pokarmową. W mleku krowim notowano stężenia w zakresie 10–200 ng/g tłuszczu [11]. Wpływ na organizm człowieka przy stężeniach środowiskowych ciągle nie jest pewny. Ponieważ wpływają na równowagę hormonalną, uznaje się za wysoce prawdopodobną tezę, że prowadzą do zaburzeń w funkcjonowaniu układu rozrodczego i neurologicznego. Podejrzewa się je też o działania rakotwórcze i zostały uznane przez IARC za substancje z grupy 2A [12]. Ze względu na ich powszechność w środowisku i zdolność do bio-



akumulacji w tkance tłuszczowej skutki narażenia nawet w sytuacjach zaprzestania stosowania zapewne będą obserwowane przez wiele pokoleń [13].

**Dioksyny (PCDD) i dibenzofurany (PCDF)**, powstają w każdym procesie spalania w źródle ognia obecne są atomy chlorowca, a temperatura procesu nie przekracza 1200–1400° C [6]. Dla człowieka decydujące znaczenie ma pobranie z pożywieniem (około 90%), jednak w sytuacji przebywania w środowisku nimi zanieczyszczonym (np. w pobliżu palenisk domowych, gdy spalane są w nich śmieci bytowe) pobranie drogą oddechową w całkowitym bilansie może być istotne [14]. Aktualnie środowiskowym głównym źródłem tych substancji jest gospodarka komunalna (przede wszystkim spalanie śmieci w domu i na wysypiskach). Nowoczesne spalarnie, cementownie, środki transportu, bielenie chlorem masy celulozowej itp. mają marginalne znaczenie. Podstawowym źródłem dioksyn w żywności jest obróbka termiczna, w wyniku której dostają się do niej ze źródła ciepła. W czasie słynnej afery „chickengate” – dioksynowe kurczaki (1999 rok Belgia) dioksyny dostały się do organizmów kurcząt wraz ze skażoną paszą. Zawartość PCDD/F wahała się według różnych autorów w zakresie 100–5000 pg/kg [15]. Zagrożenie dla zdrowia można uznać za średnie, gdyż aby przekroczyć TDI wynoszące wg WHO 10 pg TEQ/kg masy ciała konsument musiał by spożyć od 0,7–7 kg masy mięsa w ciągu jednego dnia, aby nastąpiło przekroczenie normy. Trzeba mieć świadomość, że normy dla dioksyn są bardzo restrykcyjne, jeżeli by takie stosować np. dla alkoholu etylowego to wg O’Nella moglibyśmy spożyć od 4–10 ng alkoholu (1 szklaneczkę wina raz na 350 lat) [16]. Dioksyny ulegają bioakumulacji i dlatego są obecne w podwyższonej ilości np. w rybach morskich i długożyjących (ryby bałtyckie 3 ngTEQ/kg świeżej ryby, 40 ngTEQ/kg dorosłego sumy) [17]. Procesy termiczne bardzo podwyższają stężenie dioksyn w przygotowywanych pokarmach. W przypadku wołowiny stężenie rośnie z 1 ngTEQ/kg do nawet 50 ngTEQ/kg po grillowaniu [14]. Na wchłanianie do naszego organizmu istotny wpływ ma też jednoczesna konsumpcja wysoko procentowego alkoholu. Szkodliwe działanie PCDD/F jest już dokładnie znane. W stężeniach nie środowiskowych wywołują zaburzenia dermatologiczne (chloracne – trądzik chlorowy) i są silnymi truciznami. Zostały uznane przez IARC za karcinogeny grupy 1A czyli za substancje o działaniu udowodnionym na człowieka, ale istnieje szereg publikacji kwestionujących tę tezę, zwłaszcza w odniesieniu do stężeń środowiskowych [12]. Wpływają na układ hormonalny zakłócając wydzielanie progesteronu, mogą wywoływać też spadek liczby plemników (w efekcie możliwe problemy z prokreacją) [18, 19]. Aktualnie wpro-

wadzono bardzo rygorystyczne normy zawartości dioksyn w żywności, w paszy dla zwierząt, w spalinach ze spalarni i wielu innych procesach technologicznych. Przykładowe najwyższe dopuszczalne stężenia łączne PCB, PCDD/F w TEQpg/g tłuszczu wg normy UE (Wenr1881/2006) wynoszą: wątroba 12, oleje zwierzęce 10, ryby 8, jaja kurze 6, drób 4, wieprzowina 1,5.

**Węglowodory aromatyczne policykliczne WWA (PHA-polynuclear aromatic hydrocarbons)** są obecne w środowisku od zawsze [19, 20]. Ich stężenie w ropie naftowej, łupkach bitumicznych, naturalnym asfalcie, węglu, produktach pożaru lasów, wybuchach wulkanów i w wyniku przemian biochemicznych (glony morskie, mikroorganizmy glebowe) jest często wysokie. Jednak to działanie człowieka w postaci wydobycia i przerobu ropy naftowej i węgla oraz masowego użytkowania produktów ropopochodnych i istnienie przemysłu ciężkiego wprowadziło do środowiska ogromne ich ilości [21]. Do żywności dostają się one bezpośrednio ze środowiska w czasie produkcji i podczas przetwarzania głównie w procesach wędzenia, pieczenia, smażenia, grillowania, a także w procesach piekarniczych i suszenia (np. jęczmienia browarnianego spalinami) [22]. Wpływ na jakość żywności ma też obróbka cieplna. Zanieczyszczenia z nią związane dostają się do żywności z dwóch źródeł. Pierwsze z nich to płomień zawierający produkty spalania (a raczej niepełnego spalania). Dotyczy to nie tylko ogrzewania otwartym ogniem (pieczenie na ognisku, grillowanie), ale także przy wykorzystaniu ciepła popiołu i dymu (wędzenie). Do głównych zagrożeń z tym związanych zaliczamy WWA i PCDD/F. Następane to procesy chemiczne zachodzące w żywności w wyniku działania podwyższonej temperatury. Decydujące znaczenie ma tutaj tzw. **reakcja Maillarda** [23]. Jest to proces indukowany ciepłem pomiędzy cukrami redukującymi (pentozami i heksozami oraz niektórymi dwucukrami) a aminokwasami. W pierwszym etapie reakcji zachodzi kondensacja grupy aminowej aminokwasu z tlenem grupy karbonylowej cukru z wydzieleniem wody. Powstają N-podstawione glukozyloaminy. Noszą one ogólną nazwę produktów Amadori. Jest ich bardzo wiele. Wynika to z faktu, że w żywności jest na ogół 5 cukrów redukujących (ryboza, ksyloza, glukoza, fruktoza, maltoza) i około 20 aminokwasów. Mnogość substratów daje możliwość powstania około 100 różnych produktów które dodatkowo mogą występować pod postacią trzech izomerów ulegających dalszym przemianom. W zależności od pH, rodzajów substratów i temperatury powstaje złożona mieszanina polimerów i kopolimerów o brązowym zabarwieniu (pigment ten nosi nazwę **melanoidyny**). To właśnie on



odpowiedzialny jest za barwę skórki chleba, ciasta, pieczonego mięsa itd. Produkty uboczne takie jak furfural (aldehid furfurylowy), hydroksymetylofurfural (HMF), akroleina (aldehid propenowy), akrylamid i inne są odpowiedzialne za smak a przede wszystkim zapach przetwarzanej żywności. Większość powstałych produktów małowatczkowych wykazuje wysoką reaktywność w tym potencjalną rakotwórczość. Tak lubiany zapach pieczonego mięsa pochodzi od akrylamidu, substancji uznawanej za karcinogenną. Powstaje on też np. w czasie smażenia frytek podczas wielokrotnego stosowania tego samego oleju a także przegrzewania frytkownicy powyżej 180 °C. Spadek temperatury przygotowania frytek poniżej 120 °C praktycznie eliminuje ryzyko powstawania tego związku, choć wydłuża czas ich brązowienia (24).

Do substancji o potencjalnie najsilniejszym działaniu negatywnym na organizm konsumenta, których stężenie wzrasta w czasie obróbki termicznej zalicza się heterocykliczne aminy aromatyczne (HAA) i N-nitrozoaminy. Aktualnie z olbrzymiej grupy heterocyklicznych amin 17 uznaje się za szkodliwe dla zdrowia. W większości są to pochodne piridyny, chinoliny i chinoksaliny [17]. Aminy te indukują nowotwory u wielu zwierząt laboratoryjnych przede wszystkim gryzoni. Powstają one w wyniku pirolizy (rozkładu termicznego) aminokwasów, białek i produktów reakcji Maillarda w temperaturze powyżej 150 °C. Istotne jest to, że im temperatura jest wyższa, tym wydajność ich syntezy rośnie. Z tego względu że tak wysokie temperatury występują głównie na powierzchni pieczonego na otwartym ogniu mięsa i ryb gromadzą się one w przypiekanej skórce. W przypadku smażenia na patelni substancje te powstają w mniejszych ilościach. Generalnie można powiedzieć, że im czas grillowania dłuższy i temperatura wyższa, tym stężenie niebezpiecznych produktów jest większe.

W naszym pożywieniu mogą też pojawiać się rakotwórcze N-nitrozoaminy. Zasadniczym ich źródłem są reakcje drugorzędowych amin zawartych w żywności z azotanami (III) (azotynami) w środowisku kwaśnym [25]. Z tego względu że

azotany (III) powstają przez redukcję azotanów (V) przy udziale flory bakteryjnej. Stosowanie zalew azotanowych (peklowanie) ma istotny wpływ na intensywność tych procesów. Powstawanie N-nitrozoamin ma też miejsce w czasie ogrzewania żywności powyżej 130 °C i dlatego stosowanie peklowanego konserwowanego (E-249 azotyn sodu, E-250 azotyn potasu/nitryl/ E-251 azotan sodu, E-252 azotan potasu) mięsa, wyrobów wędliniarskich i ryb powinno być zupełnie wykluczone. Dotyczy to szczególnie parówek i szynki wiejskiej, których już smażenie na

patelni powinno być bardzo krótkie lub w ogóle zaniechane. W przypadku produktów traktowanych zalewami fosforanowymi (E-450-52 di, tri i polifosforany) stężenie nitrozoamin jest mniejsze niż w przypadku mięsa niekonserwowanego. Ogólnie aby zmniejszyć ilość substancji niebezpiecznych powstających w czasie silnego ogrzewania mięsa należy stosować dobrej jakości paliwa (węgiel drzewny), drewno naturalne (konserwowane lub malowane całkowicie wykluczone). Produkty powinny być wstępnie ogrzane (rozmrózone) aby skrócić czas pieczenia, należy też unikać przegrzewania, a powierzchnia produktu nie powinna być nadmiernie spalona.

### *Metale w żywności*

Obecność metali w żywności jest powszechna, jednak w wielu przypadkach naturalne poziomy stężeń wynikające z czynników biochemicznych i geochemicznych są przekraczane. W takim przypadku stają się zanieczyszczeniami. Pochodzą one głównie z emisji przemysłowych (przemysł metalurgiczny, cementowy, górniczy, chemiczny i inne), rolnictwa (nawozy, pestycydy), opakowań i substancji dodawanych celowo do żywności. Aktualnie zagrożenia zatruciami metalami są dużo mniejsze niż kiedyś mimo to przepisy ściśle normują dopuszczalną ilość metali w środkach spożywczych, dodatkach do żywności jak i alkoholu.

W starożytności i w średniowieczu **ołów** w naszym środowisku bytowania związany był głównie z kuchnią (naczynia cynowo-ołowiane), medycyną, był też składnikiem napojów miłosnych (octan ołowiu-cukier ołowiowy), z kosmetykami (pigmenty w pudrach, glejta, minia), z systemem wodociągowym (rury ołowiane), sykatywami w farbach olejnych, minią w kitach szklarskich (zwyczaj trzymania kitu w ustach przez szklarzy, by nie stwardniał). Współcześnie przyszło zastosowanie ołowiu w drukarstwie i przede wszystkim masowe użycie benzyny etylizowanej zawierającej tetrametylołów jako dodatek przeciwstukowy. Ołów kumuluje się w kościach, głównie w postaci nierozpuszczalnego fosforanu [26]. Wiele czynników związanych z dietą powoduje uruchomienie jego depozytu w kościach. Szczególnie silnie działa alkohol etylowy i niedobory wapnia w diecie. Przy równoczesnym połączeniu tych dwóch czynników może dochodzić nawet do ostrych autozatruc. Zatrucia przewlekłe prowadzą do zaburzeń neurologicznych i anemii. W przypadku większych dawek pojawia się rąbek ołowicy na dżiąsłach, zaburzenia ze strony układu pokarmowego, nerwowego, wzmożona drażliwość, kolka, zmiany w obrazie krwi, wysokie ciśnienie, obniżone tętno, zaburzenia psychiczne i porażenia kończyn.

**Rtęć** jest metalem który był przyczyną masowych zatruczeń alkilowymi i aryłowymi pochodnymi dostającymi się do organizmów ludzi wraz z pożywieniem. Choroba Minamata (Japonia) spowodowała w latach 60. XX wieku śmierć 1057 osób i wiele tysięcy przypadków o ciężkim przebiegu. Źródłem jej związków były wtedy skażone ryby z Zatoki Minamata [26]. Gleby w Szwecji są zanieczyszczone rtęcią ze względu na fakt że przez wiele dziesiątków lat stosowano w tym kraju rtęciowe zaprawy do ziarna. Przekazanie przez rząd szwedzki ziarna siewnego do Iraku spowodowało ostre zatrucie rtęcią kilku tysięcy Kurdów w tym kraju [16]. W Polsce od 1979 roku użycie preparatów rtęciowych jest zakazane. Zatrucie rtęcią cechuje bardzo długi okres utajenia. Pierwiastek ten kumuluje się w wielu narządach (przede wszystkim w nerkach) [27]. Organiczne związki rtęci działają neurotoksycznie, a zmiany nimi powodowane są nieodwracalne. Kontakt z parami rtęci i jej związkami nieorganicznymi można stwierdzić na podstawie stanu dziąseł (rozpułchnienie, rąbek). Aktualnie poziomy dopuszczalne rtęci są bardzo niskie na granicy wielkości naturalnych [28].

Przez długi czas cynk i stosowane w medycynie związki tego pierwiastka były zanieczyszczone **kadmem**. Pewne też jego ilości trafiały do organizmu człowieka z przedmiotów kuchennych (garnki, wiadra ocynkowane). Najbardziej znanym ostrym zatruciem kadmem było 157 przypadków choroby Itai-Itai wywołanej spożywaniem ryżu skażonego tym pierwiastkiem w Japonii. Zatrucia przewlekłe kadmem wywołują zaburzenia w gospodarce wapniem, niedokrwistość i zmiany enzymatyczne. Na nasilenie lub obniżenie toksycznych efektów zatruczeń kadmem wpływa obecność w diecie szeregu innych pierwiastków takich jak Ca, Fe, Se.

Kiedyś związki **arsenu** powszechnie stosowane były w medycynie. Arsenik  $As_2O_3$  był używany jako trucizna, ale także, co może jest dość dziwne jako narkotyki. Poprzez zażywanie stopniowo można było dojść do dawek wielokrotnie większych od śmiertelnych. Dziś zatrucia arsenem mają miejsce w Bangladeszu i Pakistanie ze względu na użytkowanie studni zanieczyszczonych tym pierwiastkiem (czynnik geochemiczny). W krajach tych obserwuje się u ludzi pijących skażoną arsenem wodę wzrost liczby nowotworów. Generalnie arsen wywołuje zaburzenia enzymatyczne. Zatrucia ostre (próby samobójcze, czyny kryminalne, przypadkowe zatrucia trutkami na szczury – arsenki) powodują utratę świadomości, porażenie ośrodka oddechowego i naczyniowo-ruchowego. Inne pierwiastki przede wszystkim miedź, nikiel, chrom, cyna, antymon mają mniejsze znaczenie.

## Piśmiennictwo

- Gertig H.: Żywność a zdrowie. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 1996.
- Świdorski F. (red): Żywność wygodna i żywność funkcjonalna. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne. Warszawa 1999.
- Rutkowski A, Gwiazda S, Dąbrowski K.: Dodatki funkcjonalne do żywności. Agro & Food Technology, 1993, Katowice.
- Czapski J., Wieland A.: Dodatki do żywności – przyjaciel czy wróg? PWRiL, 1992, Poznań.
- Gawęcki J., Mossor-Pietraszewska T. (red): Kompendium wiedzy o żywności, żywieniu i zdrowiu. PWN 2004, Warszawa.
- Alloway B.J., Ayres D.C.: Chemiczne podstawy zanieczyszczenia środowiska. PWN 2000, Warszawa.
- Codex Alimentarius, Abridged Version FAO/WHO, 1990 Roma.
- Sienko J.M., Plane A.A.: Chemia Podstawy i Własności. PWN 1980, Warszawa.
- [www.pl/informacje/publikacje/detox/chemikalia](http://www.pl/informacje/publikacje/detox/chemikalia) w naszej krwi. Raport przygotowany przez ekspertów z Państwowego Zakładu Higieny. 16.11.2004, Warszawa.
- Falandysz J.: Polichlorowane bifenyle (PCBs) w środowisku: chemia, analiza, toksyczność, stężenia i ocena ryzyka. Fundacja Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 1999.
- European Commission. Scientific Committee on Food. Opinion of the Scientific Committee on Food on the risk assessment of dioxin and dioxin-like PCBs in food. Adopted on 22 November 2000. SCF/CS/CNTM/DIOXIN/8 final.
- IARC. Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans. Overall Evaluations of Carcinogenicity: An Updating of IARC Monographs Volumes 1 to 42. Supplement 7. WHO, Lyon.
- Van den Berg M., Birnbaum L.S., Denison M. „i wsp.”: The 2005 World Health Organization of human and mammalian toxic equivalence factors for dioxins and dioxin-like compounds. Toxicol Science, 2006, 93:223 – 41.
- Grochowalski A.: Problemy badania dioksyn w próbkach żywności. Konferencja „Dioksyny w środowisku” 15.03.2000, [www.tarnow.pl/pke/diok/diok.html](http://www.tarnow.pl/pke/diok/diok.html)
- Turrio-Baldassarri L., Abate V., Alivernini S. „i wsp.”: A study on PCB, PCDD/PCDF industrial contamination in a mixed urban-agricultural area significantly affecting the food chain and the human exposure. Part I: soil and feed. Chemosphere 2006.
- O’Neil P.; Chemia środowiska. PWN, 1998, Warszawa – Wrocław.
- Svensson B.G., Nilsson A., Jonsson E. „i wsp.”: Fish consumption and exposure to persistent organochlorine compounds, mercury, selenium and methylamines among Swedish fishermen. J Work Environ Health, 21:96 – 105, 1995.
- Juberg D.R.: An evaluation of endocrine modulators: Implications for human health. Ecotox. Environ. Safety, 2000, 45, 93-105.
- Piskorska-Pliszczyńska J.: Funkcja receptora Ah w mechanizmie działania dioksyn i związków pokrewnych. Pwet, 1998, Puławy.
- Bilek M.: Zanieczyszczenie środowiska naturalnego przez WWA. Biuletyn Wojewódzkiej Stacji Sanitarno-Epidemiologicznej 6, 2004 Kraków.
- SCF. 2002. Opinion of the Scientific Committee on Food on the risks to human health of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food SCF/CS/CNTM/PAH/29 Final. [http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/scf/out153\\_en.pdf](http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/scf/out153_en.pdf).
- Brandys J. (red): Toksykologia. 1999, Wyd. UJ Kraków.
- <http://www.food-info.net/pl/colour/maillard.htm>

24. Kolarzyk E. (red.): Wybrane problemy Higieny i ekologii człowieka. Wyd. UJ, 2008, Kraków.
25. Sikorski Z.E. (red.): Chemia żywności. 2006, WNT Warszawa.
26. Zakrzewski S.E.: Podstawy toksykologii środowiska. PWN, 2000, Warszawa.
27. Kurnatowska A. (red.), Kurnatowski P.: Ekologia medyczna- wybrane zagadnienia. 2003, Promedi.
28. Juszcak L.: Chemiczne zanieczyszczenia żywności. 2008, [www.laboratorium.elamed.pl/strona-numer-3-2008-15123.html](http://www.laboratorium.elamed.pl/strona-numer-3-2008-15123.html)

*Adres do korespondencji:*

*Artur Potocki*

*Zakład Higieny i Ekologii CMUJ*

*ul. Kopernika 7, 31-034 Kraków*

*tel./fax 12 422 37 20, 12 422 09 30*

*mail: [apotocki@yp.pl](mailto:apotocki@yp.pl)*