

Źródła i poziom zawartości ołowiu w żywności

Sylwia Staniak

Zakład Mikrobiologii Rolniczej, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach
ul. Czarotoryskich 8, 24-100 Puławy, Polska

Abstrakt. O jakości zdrowotnej żywności decyduje między innymi zawartość niezbędnych mikroelementów oraz zawartość pierwiastków niepożądanych, takich jak kadm, ołów lub arsen. W publikacji dokonano przeglądu źródeł zanieczyszczenia żywności ołowiem oraz zintegrowano dane literaturowe dotyczące zawartości ołowiu w poszczególnych grupach żywności, zarówno nieprzetworzonej (owoce, warzywa, mięso), jak i w produktach przetworzonych. Przedstawione dane wskazują na stosunkowo bezpieczne zawartości ołowiu w zdecydowanej większości próbek żywności. Odrębnym zagadnieniem jest jakość warzyw pochodzących z upraw w rejonach oddziaływania przemysłu hutniczego. W części próbek warzyw notuje się przekroczenia dopuszczalnych obecnie zawartości ołowiu dla spożycia przez ludzi.

słowa kluczowe: ołów, źródła, żywność, biodostępność

WSTĘP

Pierwiastki śladowe są naturalnym i nieodłącznym elementem środowiska przyrodniczego. Działalność człowieka powoduje uwalnianie nadmiernych ilości metali do środowiska, co w pewnym stopniu powoduje również ich włączenie w łańcuch żywnościowy. Do niezbędnych pierwiastków mających ogromne znaczenie dla prawidłowego funkcjonowania organizmu należą makroelementy, takie jak: magnez, wapń czy potas, oraz mikroelementy: żelazo, miedź, cynk, kobalt, nikiel, selen, wanad, chrom, mangan oraz molibden. Z kolei grupę szczególnie szkodliwych pierwiastków, które niekorzystnie wpływają na zdrowie ludzi i zwierząt, stanowią: kadm, rtęć, arsen oraz ołów. Nie stwierdzono przydatności tych pierwiastków dla organizmu człowieka, mogą być natomiast przyczyną przewlekłych i niebezpiecznych zatruc. Na poziom akumulacji

metali w poszczególnych organizmach mają wpływ: sposób odżywiania, przyjęta dawka, szybkość usuwania, a także drogi wchłaniania (Seńczuk, 2005). Do grupy szczególnie toksycznych metali zaliczany jest ołów, który może oddziaływać na organizm różnymi drogami narażenia: poprzez układ oddechowy, układ pokarmowy oraz skórę. Pobrany w nadmiernych ilościach może doprowadzić do zaburzeń w funkcjonowaniu organizmu człowieka.

W XX wieku ołów był powszechnie stosowany do produkcji rur wodociągowych, kabli, farb, akumulatorów i wzbogacania benzyn silnikowych. Obecnie wykorzystanie ołowiu w produktach codziennego użytku zmniejszyło się. Jednak wciąż znajduje on zastosowanie w przemyśle, na skutek czego dostaje się do środowiska wraz z emisjami pyłów fabrycznych oraz z niewłaściwie zagospodarowanych odpadów przemysłowych. Ołów przedostający się do środowiska glebowego kumuluje się w warstwie powierzchniowej, z reguły nie wnika głębiej niż do 20 cm, jest to związane z jego małą ruchliwością w środowisku glebowym (Woźny, 1995).

Należy przypuszczać, że w przeciętnych warunkach, w których nie występuje bezpośrednie narażenie na ołów pochodzenia przemysłowego, pierwiastek trafia do organizmu człowieka głównie drogą pokarmową.

Celem pracy była analiza źródeł i poziomu zawartości ołowiu w produktach żywnościowych na tle obowiązujących zawartości dopuszczalnych.

ŹRÓDŁA ZANIECZYSZCZEŃ ŻYWNOCI OŁOWIEM

Jednym z naturalnych źródeł zanieczyszczenia żywności są rośliny, na bazie których wytwarzane są produkty żywnościowe. Istnieje wiele czynników, które sprzyjają pobieraniu ołowiu przez rośliny. Przystawalność tego pierwiastka zależy od: właściwości gleb, charakterystycznych cech gatunku czy też stanu fizjologicznego rośliny. Według Sauerbecka (1991) rośliny dwuliścienne absorbują metale znacznie łatwiej niż jednoliścienne.

Autor do kontaktu:

Sylwia Staniak
e-mail: sstaniak@iung.pulawy.pl
tel. +48 81 8863421 w. 245

Praca wpłynęła do redakcji 14 lutego 2014 r.

Ocenia się, że udział ołowiu pochodzenia atmosferycznego w roślinach wynosi ok. 73–95%, biorąc pod uwagę zarówno pobieranie metalu przez korzenie, jak i liście. Części nadziemne rośliny – w tym liście, mają niewielki udział w pobieraniu tego metalu w warunkach naturalnych. Bariere dla opadającego na liście ołowiu stanowią kutykula i warstwa wosków występująca na liściach. Ołów atmosferyczny może zostać wprowadzony do wnętrza rośliny poprzez szparki lub uszkodzenia kutykuli, powodowane np. przez kwaśne deszcze. Największa ilość złożeń ołowiu występuje w przestworach międzykomórkowych oraz komórkach budujących wiązkę liścia, natomiast nie stwierdzono ich w peroksydach oraz wtórnej ścianie komórkowej (Gruca-Królikowska, Waclawek, 2006).

Należy jednak dodać, że znaczne ilości ołowiu pochodzącego z opadu pyłów mogą znajdować się na powierzchni liści. Ta pula metalu nie wnika do tkanek liści, jest jednak dość trudna do usunięcia. Opad Pb związany z ruchem samochodowym to głównie siarczan ołowiu – mycie liści usuwa w tym przypadku zaledwie 50% ołowiu (Chaney i in., 1984).

Korzenie roślin mogą pobierać znacznie więcej ołowiu niż liście. Pobieranie pierwiastka tą drogą może wynosić nawet ok. 93–95% całkowitego pobrania. Korzenie pobierają ołów dość łatwo, przy czym jest on transportowany do części nadziemnych w ograniczonych ilościach. Pierwiastek ten znajduje się przede wszystkim w ścianach, a także błonie komórkowej komórek strefy wydłużania korzenia (Gruca-Królikowska, Waclawek, 2006).

Pośrednim źródłem zanieczyszczenia żywności ołowiem są gleby, szczególnie te występujące w pobliżu zakładów przemysłowych. Rośliny rosnące na skażonych glebach pobierają z nich toksyczne substancje, co w rezultacie może wpłynąć na ich skład chemiczny i jakość żywieniową. Całkowita zawartość ołowiu w glebie zależy od skały macierzystej, z której powstała gleba, oraz występujących na danym terenie zanieczyszczeń emitowanych m.in. przez transport i przemysł. Natomiast mobilność ołowiu zależy od właściwości gleb, takich jak odczyn, skład granulometryczny, i zawartości materii organicznej. Zakwaszenie gleby powstające w wyniku używania nawozów azotowych oraz opadów kwaśnych deszczy przyczynia się do uruchamiania metali, które mogą oddziaływać fitotoksycznie lub być nadmiernie akumulowane przez rośliny. Ołów jest nieco mniej ruchliwy w porównaniu z kadmem i cynkiem, które często towarzyszą mu w glebie (Chaney, Oliver, 1996). Jednak w określonych warunkach, gdy znajduje się w formach dostępnych dla roślin, może przedostawać się do nich w podwyższonych ilościach, a następnie trafia do organizmów zwierząt i, z produktami spożywczymi, do organizmu ludzkiego (Węglarzy, 2007).

Z badań monitoringowych na poziomie kraju wynika, że średnia zawartość tego pierwiastka dla gleb użytkowanych rolniczo wynosi 24 mg·kg⁻¹ (Terelak i in., 2008). Według najbardziej szczegółowych badań uwzględniających

około 50 tys. punktów pomiarowych tylko nieznaczna część użytków rolniczych została zanieczyszczona ołowiem. Około 97% gleb użytkowanych rolniczo odznacza się zawartością naturalną lub tylko w niewielkim stopniu podwyższoną (Terelak i in., 1999). Na obszarach znajdujących się pod wpływem oddziaływania przemysłu hutniczego cynku i ołowiu zawartość ołowiu w glebach może znacznie przekraczać 1000 mg·kg⁻¹ (Siebielec i in., 2006), przy czym zawartość dopuszczalna dla użytkowania rolniczego wynosi 100 mg·kg⁻¹ (Dz.U. 2002, nr 165, poz. 1359).

Według Kołacza i Dobrzańskiego (2006) ołów obecny w glebie może wpływać na organizm zwierząt w sposób bezpośredni (zjadanie gleby np. w czasie użytkowania pastwiskowego lub pyłu glebowego zawierającego metale, który osiadł na roślinach paszowych) lub pośredni, poprzez skarmianie roślin, które zakumulowały ołów.

Zwierzęta gospodarskie, chowane w ekstensywnych systemach pastwiskowych, pobierają wraz z roślinami pewne ilości gleby. Na przykład owce zjadają dziennie podczas wypasania ok. 300 g gleby, a kury – ok. 3 g. Zjawisko to dotyczy także kóz, bydła oraz koni, które pobierają zanieczyszczenia wraz z paszą. Chaney i in. (1984) podaje, że gleba stanowi 1–2% diety owiec i krow, ale jej udział w przypadku intensywnego wypasu przy niewielkich opadach może dochodzić nawet do 20%. W rejonach przemysłowych, kopalnianych, na obszarach składowisk czy wysypisk chów wolnowybiegowy powinien być zatem ograniczony lub pod stałą kontrolą. Zwierzęta i ludzie mogą być narażeni na ołów pochodzący z ujęć wodnych. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 20 kwietnia 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi określa dopuszczalne stężenia metali dla wody przeznaczonej dla spożycia przez zwierzęta gospodarskie oraz ludzi (Dz.U. 2010, nr 72, poz. 466), natomiast Rozporządzenie Ministra Środowiska z dn. 27 listopada 2002 roku określa dopuszczalne stężenia pierwiastków dla śródładowych wód powierzchniowych, niekiedy także wykorzystywanych do pojenia zwierząt gospodarskich (Dz.U. 2002, nr 204, poz. 1728).

W przypadku małych dzieci może mieć również miejsce przypadkowe spożycie gleby zanieczyszczonej ołowiem np. na placu zabaw czy w piaskownicy. Wynika to ze skłonności dzieci do wkładania do ust, lizania lub żucia różnych przedmiotów. Dzieci w wieku przedszkolnym są wyjątkowo narażone na Pb w przypadku przebywania w środowisku o podwyższonej zawartości tego pierwiastka w glebie (Seńczuk, 2005). Badania amerykańskie przeprowadzone w latach 70. wskazywały na ścisłą zależność stężenia ołowiu we krwi dzieci z jego zawartością w kurzu domowym i glebie wokół domów w obszarach przemysłowych (Chaney i in., 1984). Nadmierne wchłanianie tego pierwiastka przez dzieci może być także wynikiem stosowania farb, które produkowane są na bazie ołowiu (Seńczuk, 2005), również tych używanych do malowania do-

mów z zewnątrz. Zawartość ołowiu w glebie wokół domów malowanych farbami ołowianymi przekraczała co najmniej dwukrotnie zawartość notowaną w glebie wokół innych domów (Chaney i in., 1984). Farby bogate w ołów nie są obecnie stosowane, jednakże problem pozostał w wielu lokalizacjach, ponieważ zanieczyszczenie gleb ołowiem ma charakter długotrwały z uwagi na jego małą ruchliwość w glebie.

Szacuje się, że pierwiastek ten, poza terenami silnie zanieczyszczonymi, gdzie istnieje znaczne narażenie na kontakt z zanieczyszczonym kurzem, do organizmu przedostaje się jednak głównie z żywnością. W przypadku osób dorosłych wchłanianie jest 10–20% pobranej ilości ołowiu, natomiast w przypadku dzieci 10–40% (Andrejko, Andrejko, 2009). Według Dobrzańskiej i Moniuszko-Jakoniuk (1991) absorpcja tego pierwiastka jest jeszcze wyższa, u dzieci sięga nawet 50%, a u noworodków 80%.

Istotnym źródłem skażenia produktów żywnościowych ołowiem mogą być również procesy technologiczne. Ołów może przedostawać się z urządzeń stosowanych przy produkcji żywności oraz pochodzić z różnego rodzaju naczyń, opakowań czy wykorzystywanej aparatury. Ilość pierwiastków szkodliwych pobranych przez ludzi wraz z pożywieniem wynika nie tylko z zanieczyszczenia samego surowca czy produktu spożywczego. Ważne jest także postępowanie z produktem przed przystąpieniem do konsumpcji. Staranne mycie oraz czyszczenie może znacząco wpłynąć na zmniejszenie obecności ołowiu w produkcie. Prowadzone badania wykazały, że operacje techniczne typu gotowanie czy blanszowanie przyczyniały się także do zredukowania ilości szkodliwych metali obecnych w pożywieniu (Juszczak, 2008).

Innymi zabiegami, które mogą powodować zanieczyszczenie żywności ołowiem są cynowanie naczyń kuchennych i lutowanie puszek do konserw materiałem o pewnej zawartości Pb. Ołów może wnikać do żywności także z produktów ceramicznych typu naczynia glazurowane bądź z części porcelany, które służą jako dekoracja (Radwan, 1991).

Wnikanie pierwiastków do organizmu ludzkiego drogą oddechową zależy od wielu czynników, m.in. od ich stężenia w powietrzu czy składu chemicznego pyłów zawieszonych w powietrzu. W płucach zatrzymywane jest od 30 do 70% ołowiu (Kołac, Dobrzański, 2006). Dopuszczalna zawartość ołowiu w powietrzu została określona w Dyrektywie 2008/50/WE i wynosi $0,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Parlament Europejski, 2008), dopuszczalnej częstości przekroczenia nie zdefiniowano.

BIODOSTĘPNOŚĆ OŁOWIU I BEZPIECZNE DAWKI

Według Boguszewskiej i Pasternaka (2004) efektywność wchłaniania ołowiu, mierzona udziałem pierwiastka wnikającego do krwioobiegu w stosunku do całej dawki trafiającej do układu pokarmowego, wynosi ok. 10–50%.

Absorpcja ołowiu zależy od wielu czynników, np. postaci chemicznej pierwiastka czy stanu fizjologicznego osoby narażonej. Do istotnych czynników przyczyniających się do obniżania bądź zwiększania wchłaniania tego toksycznego pierwiastka zależy m.in. sposób odżywiania. Dla przykładu dieta dostarczająca dużych ilości cynku, miedzi, żelaza czy wapnia wpływa korzystnie i zmniejsza wnikanie ołowiu. Natomiast dieta bogata w tłuszcze czy dieta wysokobiałkowa oraz witamina D, kwas askorbinowy bądź cytrynowy zwiększają wchłanianie ołowiu. Fosfor zawarty w pożywieniu powoduje uwstecznianie ołowiu w postaci trudno rozpuszczalnych fosforanów (związki typu piromorfitu) również w warunkach przewodu pokarmowego (Ma i in., 1993; Cotter-Howels, 1996), dzięki czemu ołów jest wchłaniany w ograniczonym zakresie.

Poszczególne kraje w celu zmniejszenia niebezpieczeństwa dla konsumentów z powodu szkodliwych substancji przedostających się do żywności przyjęły dopuszczalne stężenia maksymalne. Obecna wiedza wskazuje, że rutynowe kontrole żywności nie zawsze są wystarczające, aby bezpieczeństwo konsumenta było zachowane. Ogromnego znaczenia nabierają badania monitoringowe kontaminantów, dotyczące w szczególności pochodzenia zanieczyszczeń produktów spożywczych oraz produktów rolnych. W badaniach czasowo-przestrzennych oceniane są chemiczne skażenia występujące w produktach pochodzących z zanieczyszczonych środowisk, gdzie odbywa się produkcja rolna oraz przetwórstwo (Obiedziński, Korzycka-Iwanow, 2005). Powyższe stwierdzenia w sposób klarowny zostały odzwierciedlone w preambule z Rozporządzenia (WE) 178/2002 Parlamentu Europejskiego i Rady z 28 stycznia 2002 r. uchwalającej zasady i oczekiwania dotyczące prawa żywnościowego, powołujące Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności i ustanawiające procedury odnoszące się do bezpieczeństwa żywności (Parlament Europejski, 2002).

Podstawowym aktem prawnym dotyczącym maksymalnych poziomów ołowiu w środkach spożywczych obowiązującym w krajach Unii Europejskiej, a więc również w Polsce, jest Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1881/2006 z dnia 19.12.2006 r., uaktualnione następnie przez Rozporządzenie Komisji (UE) nr 420/2011 z dnia 29 kwietnia 2011 r. (Komisja Europejska, 2006, 2011) (tab. 1).

W ocenie bezpieczeństwa związanego ze spożyciem ołowiu powszechnie stosowane są dwa wskaźniki, które ułatwiają kontrolę jego zawartości w organizmie człowieka. Pierwszy z nich jest to wskaźnik ADI (acceptable daily intake, dopuszczalne dzienne pobranie), drugi natomiast to wskaźnik PTWI (provisional tolerable weekly intake, dopuszczalne tygodniowe pobranie). Wartości tych parametrów określają ilości substancji wprowadzonych do organizmu bez szkody dla zdrowia (Dobrzańska, Moniuszko-Jakoniuk, 1991). Dopuszczalne dzienne pobranie ołowiu zostało ustalone przez WHO na poziomie 0,428 mg, natomiast częściej stosowany wskaźnik PTWI został pierwotnie przyjęty na poziomie $50 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ masy ciała dla osoby

Tabela 1. Maksymalne dopuszczalne poziomy ołowiu w wybranych środkach spożywczych według Rozporządzenia Komisji Europejskiej z 2006 roku, zmienione przez Rozporządzenie z 2011 roku (Komisja Europejska, 2006, 2011)

Table 1. Threshold lead contents in selected food products defined by the Commission Regulation (2006) updated by the Commission Regulation (2011) (European Commission, 2006, 2011).

Środek spożywczy Food product	Dopuszczalna zawartość Pb [mg·kg ⁻¹ świeżej masy] Threshold content [mg·kg ⁻¹ fresh matter]
Mleko; Milk	0,02
Preparaty dla niemowląt Baby food	0,02
Mięso; Meat	0,1
Podroby; Offal	0,5
Ryby; Fish	0,3
Skorupiaki; Shellfish	0,5
Małże; Mussel	1,5
Zboża; Cereal	0,2
Warzywa; Vegetable	0,1–0,3
Owoce; Fruits	0,1–0,2
Tłuszcze i oleje; Fat and oil	0,1
Soki owocowe i koncentraty Juices and concentrates	0,05
Wina; Wines	0,2

dorośli. Wartość ta została później obniżona i wynosi aktualnie 25 µg·kg⁻¹ masy ciała zarówno dla osób dorosłych, jak i dzieci (tab. 2). Wartość PTWI równa 25 µg·kg⁻¹ masy ciała odpowiada spadkowi wskaźnika IQ o 3 punkty indeksowe u dzieci oraz wzrostowi ciśnienia skurczowego krwi o 3 mm Hg u dorosłych (WHO, 2010).

W roku 2010 EFSA (Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności) zaproponował nowy wskaźnik Benchmark Dose Lower Confidence Limit – BMDL, czyli najniższe dawki związane z wywoływaniem ściśle określonego działania na organizm człowieka. Dopuszczalne wartości wskaźnika zostały ustalone na następującym poziomie: BMDL₀₁ dla dzieci (działanie neurotoksyczne) 0,50 µg·kg⁻¹ mc/dzień, a dla osób dorosłych BMDL₁₀ 0,63 µg·kg⁻¹ mc/dzień (działanie nefrotoksyczne) oraz BMDL₀₁ 1,50 µg·kg⁻¹ mc/dzień (zaburzenia sercowo-naczyniowe). Połączony Komitet Ekspertów FAO/WHO ds. Substancji Dodat-

Tabela 2. Normy tygodniowego pobrania (PTWI – mg·kg⁻¹ m.c.) ołowiu z żywnością przez człowieka na tle innych metali (WHO, 2010).

Table 2. Tolerable weekly intake of lead with food by human [mg·kg⁻¹ b.w.] as compared to other elements (WHO, 2010).

Pb	Hg	Cd	As	Cu	Zn	Sn
0,025	0,05	0,007	0,025	0,05–0,5	1,0	14,0

kowych (JECFA – The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) i Wspólny Komitet Ekspertów FAO/WHO ds. Dodatków do Żywności) zdecydowały o wycofaniu dotychczas obowiązującej wartości PTWI uznając, że nie zapewnia ona bezpieczeństwa zdrowotnego.

ZAWARTOŚĆ OŁOWIU W ŻYWNOSCI

Spośród roślin uprawnych największym pobieraniem metali śladowych charakteryzują się z reguły warzywa (Dudka i in., 1994; Gzyl i in. 1995). Z przeprowadzonych badań wynika, że największe ilości metali gromadzą: sałata, rzodkiewka, buraki, szpinak, pietruszka oraz marchew. Większą skłonność do akumulacji wykazują warzywa, których częścią jadalną są korzenie bądź liście, niż te, w przypadku których konsumowane są owoce (Grucza-Królikowska, Waclawek, 2006).

Pyryt i Kolenda (2006) badali bulwy ziemniaków jadalnych po ugotowaniu w celu określenia wpływu odmiany i sposobu obróbki na zawartość ołowiu. Po przeprowadzonej analizie nie stwierdzili przekroczenia ówczesnych norm dla Pb w bulwach ziemniaków. Poziom stężenia ołowiu w poszczególnych odmianach różnił się w zależności od sposobu gotowania – największy ubytek Pb widoczny był przy gotowaniu tradycyjnym oraz w szybkowarze. Wykazali oni także, że w największym stopniu ołów w bulwach gromadziła odmiana Delikat (0,062 mg·kg⁻¹).

W badaniach screeningowych Dobrzańskiej i Moniuszko-Jakoniuk (1991) wykazano przekroczenia przyjętych standardów zawartości ołowiu w roślinach w pojedynczych lokalizacjach. W okolicach Białegostoku średnia zawartość ołowiu w przebadanej naci pietruszki wyniosła 0,796 mg·kg⁻¹, a według Komisji Europejskiej norma dla warzyw liściastych wynosi 0,3 mg·kg⁻¹ świeżej masy. Badania innych produktów również wykazały odchylenia od obowiązujących standardów w pojedynczych próbkach. Najwyższe notowane zawartości ołowiu w ziemniakach wynosiły 2 mg·kg⁻¹, natomiast średnie zawartości w różnych regionach Polski wynosiły 0,014–0,490, przy średniej krajowej równej 0,180 mg·kg⁻¹ (Dobrzańska, Moniuszko-Jakoniuk, 1991).

Badania przeprowadzone w latach 2008–2009 na owocach i warzywach wykazały, że mniejsze ilości pierwiastków toksycznych kumulują z reguły owoce. Zanieczyszczenia owoców nie stanowią zatem zagrożenia dla zdrowia (tab. 3). Okazało się, że spośród warzyw największe ilości ołowiu zawierały: burak ćwikłowy, kapusta biała, kalafior oraz sałata (tab. 4). Monitorowanie zawartości pierwiastków toksycznych w warzywach z uwagi na zachowanie bezpieczeństwa konsumentów produktów rolno-spożywczych jest zatem szczególnie ważne (Bartodziejska i in., 2010).

Doniesienia literaturowe w zakresie zawartości ołowiu w grzybach jadalnych nie są jednoznaczne. Spodniewska i in. (2009) oraz Adamiak i in. (2013) nie zaobserwowali

Tabela 3. Zawartość ołowiu [$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$] w świeżych owocach w odniesieniu do obowiązujących zawartości dopuszczalnych (Bartodziejska i in., 2010)

Table 3. Lead content [$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$] in fresh fruits as related to the thresholds (Bartodziejska et al., 2010).

Owoce Fruits	Zawartość Pb Pb content		Dopuszczalny poziom Threshold value [#]
	min.	max.	
Truskawka Strawberry	<0,02	0,02	0,10
Śliwka; Plum	<0,02	0,02	0,10
Wiśnia; Cherry	<0,02	0,03	0,10
Czarna porzeczka Black currant	<0,02	0,03	0,20
Czarna jagoda Blackberry	<0,02	0,02	0,20
Jabłko antonówka Apple antonowka	<0,02	0,02	0,10

[#] wg Rozporządzenia Komisji (WE) Nr.1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r.; according to Commission Regulation 1881/2006 Dec. 19, 2006

Tabela 4. Zawartość ołowiu [$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$] w warzywach w odniesieniu do obowiązujących zawartości dopuszczalnych (Bartodziejska i in., 2010)

Table 4. Lead content [$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$] in vegetables as related to the thresholds (Bartodziejska et al., 2010).

Warzywo Vegetable	Zawartość Pb; Pb content			Dopuszczalny poziom [#] Threshold value [#]
	min.	max.	średnia mean	
Kapusta biała Cabbage	0,02	0,04	0,12	0,3
Salata; Lettuce	0,02	0,62	0,19	0,3
Burak ćwikłowy Red beet	0,02	0,18	0,04	0,10
Kalańfior Cauliflower	0,02	0,49	0,09	0,30
Marchew Carrot	0,02	0,07	0,04	0,10
Ogórek Cucumber	0,02	0,08	0,03	0,10
Pomidor; Tomato	0,02	0,05	0,03	0,10

[#] wg Rozporządzenia Komisji (WE) Nr.1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r.; according to Commission Regulation 1881/2006 Dec. 19, 2006

w przypadkach pieprznika jadalnego, kozłarza babki, borowika szlachetnego oraz podgrzybka brunatnego przekroczeń dopuszczalnych norm określonych w przepisach krajowych dla wszystkich grzybów jadalnych (Dz.U. 2003, nr 37, poz. 325 i 326) i unijnych dla grzybów uprawnych (Komisja Europejska, 2006, 2011), które wynoszą $0,3\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ świeżej masy. Z kolei badania Falandysza i in. (2007) wykazały liczne przekroczenia zawartości progowych w czubajce kani pochodzącej z okolic Poniatowej w woj. lubelskim.

Borowiec i in. (2009) przeprowadzili badania, które dotyczyły oznaczenia zawartości Pb i Cd w owocach krajowych. Do oceny wybrane zostały następujące grupy owoców: jabłka, brzoskwinie, nektaryny, śliwki, morele z terenu województwa dolnośląskiego. W trzech z pięciu próbek, które zostały przebadane, stwierdzono zawartość ołowiu poniżej poziomu oznaczalności, w pozostałych próbkach ilość pierwiastka była większa, ale wielokrotnie niższa od dopuszczalnego poziomu ($0,1\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ świeżej masy) (tab. 5).

Bednarek i in. (2010) również nie wykazali żadnych ograniczeń dla spożycia owoców miękkich, takich jak: wiśnia, czarna porzeczka oraz malina, ze względu na zawartość ołowiu.

Tabela 5. Zawartość Pb w owocach na terenie województwa dolnośląskiego (Borowiec i in., 2009)

Table 5. Pb content in selected fruits in Dolnoslaskie region (Borowiec et al., 2009).

Owoc Fruit	Zawartość Pb [$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ świeżej masy] Pb content [$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ fresh matter]
Jabłko; Apple	0,002
Brzoskwinia; Peach	< poziomu oznaczalności < detection limit
Nektarynka; Nectarine	< poziomu oznaczalności < detection limit
Śliwka; Plum	< poziomu oznaczalności; <detection limit
Morela; Apricot	0,008

Badania nad zanieczyszczeniem ołowiem produktów pochodzenia roślinnego pochodzących z rejonu Hut Miedzi „Głogów” i „Legnica” przeprowadzili Orzeł i in. (2010). Analizie zostały poddane ziarna zbóż (jęczmień, pszenica, pszenżyto, żyto), warzywa (pomidory, marchew, buraki, ziemniaki, kapusta, korzeń i nać pietruszki) oraz owoce (jabłka, gruszki). Okazało się, że w pomidorach, marchwi, burakach, ziemniakach, kapuście oraz jabłkach i gruszkach z rejonu Huty Miedzi „Głogów” nie zostały przekroczone dopuszczalne normy. Przekroczenia występowały niekiedy w pojedynczych próbkach ziarna zbóż. Znaczne zawartości ołowiu zostały oznaczone we wszystkich próbkach naci pietruszki z rejonu Huty Miedzi „Głogów”, ponadto zawartości przekraczające normy stwierdzono także w ok. 40% próbek korzeni pietruszki. Zawartość Pb w owocach z rejonu Huty Miedzi „Legnica” w 50% przypadków przekraczała dopuszczalną normę.

Kot i in. (2009) prowadzili badania nad zawartością ołowiu w zbożach: pszenicy, życie, jęczmieniu, owsie, oraz w kaszach, mąkach żytnich i pszennych, pieczywie i ziemniakach. Najniższe zawartości Pb stwierdzono w pieczywie drobnym, chlebie, mące. W żadnym z produktów zawartość nie przekroczyła dopuszczalnego stężenia, określonego w obowiązujących przepisach. Zaobserwowano także spadek zawartości ołowiu w chlebach i bułkach w stosunku do badań sprzed 18 lat.

Stevia rebaudiana Bertoni jest rośliną zielną, cenioną przede wszystkim ze względu na właściwości chemiczne oraz słodzące (Brandle, Telmer, 2007). Badania Kobus-Moryson i in. (2014) dotyczyły zawartości wybranych pierwiastków w ekstraktach ze stewii. Z badań tych wynika, iż ekstrakty ze stewii odznaczały się wysokim poziomem zawartości mikroelementów, natomiast nie stwierdzono w nich znaczących ilości potencjalnie toksycznych pierwiastków śladowych.

Istotnym źródłem pożywienia są dla ludzi także produkty pochodzenia zwierzęcego. Badania Żmudzkiego i in. (1991) oraz Kołacz i in. (1996) dotyczące produktów pochodzenia wołowego nie wykazały przekroczeń ówczesnych dopuszczalnych zawartości w takich tkankach jak: nerki, wątroba, mięśnie. Badania na przełomie lat 2001–2003 również wskazują na zgodne z dopuszczalnymi normami zawartości ołowiu w mięsie, niekiedy jednak odnotowywano pojedyncze przypadki przekroczenia obowiązujących limitów (Szkoda, 2006).

Szkoda i in. (2011) również w ostatnich latach prowadzili badania kontrolne poziomu zawartości pierwiastków potencjalnie toksycznych w żywności pochodzenia zwierzęcego. Autorzy na podstawie analiz prowadzonych w 2010 roku stwierdzili, iż w 33 próbkach, tj. 1% ogólnej liczby, przekroczone zostały najwyższe dopuszczalne zawartości oznaczanych pierwiastków, w szczególności ołowiu i kadmu. W próbkach reprezentujących drób, trzodę chlewną oraz bydło pochodzące z obszarów południowo-wschodniej Polski odnotowano nieco wyższe zawartości ołowiu i kadmu niż w pozostałych regionach kraju. Autorzy stwierdzają jednakże, że wieloletnie badania nad zawartością pierwiastków szkodliwych w żywności pochodzenia zwierzęcego pozwalają uznać ją za bezpieczną dla konsumentów, a pobranie takich pierwiastków jak Pb, Cd, Cu czy As wraz z produktami żywnościowymi stanowi tylko kilka procent wartości PTWI (dopuszczalne tygodniowe pobranie) (tab. 6-8).

Normy zawartości ołowiu dla mleka surowego wynoszą $0,02 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ świeżej masy, natomiast dla tłuszczu zwierzęcego i mlecznego $0,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Komisja Europejska, 2006). W zależności od badanego obszaru, z jakiego pochodził produkt, w badaniach Kołacz i in. (1996) występowały zarówno wyniki zgodne z aktualnymi normami, jak i przekraczające wartości dopuszczalne. Z badań przeprowadzonych w latach 2001–2003 wynika natomiast, że zawartość ołowiu w mleku nie przekracza dozwolonego limitu. Oznacza to, że ten produkt żywnościowy nie stwarza dla konsumenta niebezpieczeństwa związanego z obecnością ołowiu (Szkoda, 2006).

W odniesieniu do produktów pochodzących od trzody chlewnej w tkance mięśniowej tuczników uśrednione zawartości ołowiu wynoszą $0,05\text{--}0,58 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, natomiast w wątrobie $0,20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ św.m., przy aktualnych wartościach progowych $0,1$ i $0,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, odpowiednio dla mięsa i podrobów. Żmudzki i in. (1991) po przeprowa-

dzonej analizie wątrób i nerek pochodzących od świń z całego kraju stwierdzili, że zawartość ołowiu w tkankach zwierzęcych nie przekraczała dopuszczalnych norm. Z powyższych badań wynika, że mięso i przetwory wieprzowe z reguły nie stanowią zagrożenia dla konsumentów związanego z zawartością ołowiu (Kołacz i in., 1996).

Ołów może kumulować się także w mięśniach kurzych i jajach. W Polsce jednak nie ma odpowiednich norm dla zawartości metali ciężkich w jajach, dlatego też w celu oszacowania dopuszczalnych wartości przyjmowane były zazwyczaj tymczasowe zarządzenia odpowiedniego ministra w zakresie zdrowia (Kołacz i in., 1996). Wartości dopuszczalne dla mięsa drobiowego są równe zawartościom progowym dla innych typów mięs i dla ołowiu wynoszą $0,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ św.m. (Komisja Europejska, 2006). Podobnie jak w przypadku drobiu, badania dotyczące akumulacji pierwiastków śladowych u owiec są bardzo nieliczne. Z badań przeprowadzonych w skali krajowej wynika, że średnia zawartość ołowiu w wątrobie wynosi ok. $0,013 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, natomiast w nerkach ok. $6,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Kołacz i in., 1996).

W mięśniach koni nie stwierdzono nadmiaru pierwiastków toksycznych, w tym ołowiu (Kołacz i in., 1996).

Dopuszczalną zawartość pierwiastków śladowych w miodzie pszczołim określa Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 stycznia 2003 roku (Dz.U. 2003, nr 37, poz. 325 i 326). Z badań krajowych wynika, że miód zawiera zróżnicowane ilości metali śladowych, a czynnikami istotnie wpływającymi na skład miodu są m.in.: pochodzenie bądź gatunek miodu (Kołacz in., 1996). W przeszłości zawartości ołowiu w niektórych gatunkach miodu budziły pewien niepokój (Radwan, 1991) (tab. 9).

Mania i in. (2009) badali ilość zanieczyszczeń w koncentraty spożywczych. Autorzy stwierdzili, że zawartości pierwiastków szkodliwych, w tym ołowiu, w koncentraty deserów, lodów, ciast, dań obiadowych, napojów, soków oraz kaw zbożowych, jak również bulionów, rosółów i katalizatorów białkowych kształtowała się na bezpiecznym poziomie. Natomiast istotne okazało się zanieczyszczenie pojedynczych próbek ołowiem. Przeprowadzona analiza wykazała, że pojedyncze przekroczenia najczęściej zdarzały się w przypadku koncentratów kaw zbożowych oraz bulionów.

Wojciechowska i in. (2008) badali poziomy metali szkodliwych w przetworzonych produktach warzywnych, cukierniczych, zbożowo-psennych oraz w produktach dla dzieci, a także niemowląt w ramach krajowego monitoringu. Stwierdzili oni, że w tych produktach spożywczych poziom pierwiastków toksycznych jest znacznie niższy od ustalonych norm. Określili także, że nie ma widocznych różnic pomiędzy zawartością ołowiu w produktach pochodzących z kraju oraz importowanych z krajów UE. Uznali również, że celowe jest wdrożenie osobnych zakresów dotyczących zawartości ołowiu w produktach dla małych dzieci i niemowląt, a także wnikliwe rozpatrzenie wprowadzenia odpowiednich poziomów zawartości Pb

Tabela 6. Zawartości ołowiu w tkankach zwierząt [mg·kg⁻¹ św.m.] (Szkoda i in., 2011)
Table 6. Contents of lead in animal tissues [mg kg⁻¹ fresh weight] (Szkoda et al., 2011).

Parametry statystyczne Statistical parameters	Bydło Cattle		Świnie Pigs		Zwierzęta łowne Hunted animals		Drób Poultry		Owce Sheep		Króliki Rabbits	
	M [#]	W ^{##}	M	W	M	W	M	W	M	W	M	W
n	271	262	510	497	122	87	367	364	18	18	30	30
X	0,015	0,084	0,013	0,053	0,273	0,067	0,010	0,032	0,033	0,190	0,033	0,174
max	0,090	0,423	0,458	0,557	19,578	0,512	0,095	0,465	0,084	0,439	0,081	0,406

[#]M – mięśnie; muscles; ^{##}W – wątroba; liver

Tabela 7. Zawartość ołowiu w mięśniach koni, ryb oraz jajach, mleku i miodzie [mg·kg⁻¹ św.m.] (Szkoda i in., 2011)
Table 7. Content of lead in horse and fish meat eggs, milk and honey [mg kg⁻¹ fresh weight] (Szkoda et al., 2011).

Parametry statystyczne Statistical parameters	Konie Horses	Ryby Fish	Jaja Eggs	Mleko Milk	Miód Honey
n	151	92	100	147	41
X	0,028	0,016	0,014	0,003	0,021
SD	0,027	0,028	0,030	0,016	0,022
max	0,153	0,190	0,146	0,190	0,121

Tabela 8. Liczba próbek z przekroczeniami najwyższych dopuszczalnych poziomów (NDP) ołowiu i wartości maksymalne w produktach pochodzenia zwierzęcego (Szkoda i in., 2011)

Table 8. Number of samples above threshold and maximum values of lead content in products of animal origin (Szkoda et al., 2011).

Grupa zwierząt Animal group	Rodzaj próbki Type of sample	Liczba próbek > NDP ^{###} Number of samples > thresholds	Wartość maks. Maximum value [mg kg ⁻¹]
Bydło; Cattle (147) ^{##}	mleko; milk	1	0,19
Świnie; Pigs (510) [#]	mięśnie; muscles	1	0,46
	wątroba; liver	1	0,56
Konie; Horses (151) [#]	mięśnie; muscles	9	0,50
Zwierzęta łowne; Hunted animals(122) [#]	mięśnie; muscles	12	19,58
	wątroba; liver	1	0,51

[#] liczba badanych zwierząt; number of animals

^{##} liczba badanych próbek; number of samples

^{###} NDP wg Rozporządzenia Komisji (WE) nr 1881/2006 z 19 grudnia 2006 r. (Dz.U. L 364/5 z 20.12.2006 r. z późniejszymi zmianami); threshold contents according to Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs

w odniesieniu do produktów cukierniczych ze szczególnym uwzględnieniem czekolady.

Badania dotyczące skażenia ryb pierwiastkami śladowymi w strefie przybrzeżnej Morza Bałtyckiego prowadzone w latach 90. ubiegłego stulecia nie wykazały przekroczeń ówczesnych dopuszczalnych norm (Kończak i in., 1996). Staszowska i in. (2013) badali wpływ gatunku ryb i środowiska ich życia na poziom akumulacji ołowiu w tkance mięśniowej. Autorzy stwierdzili, iż najwięcej tego pierwiastka zawierały mięśnie śledzi i płoci, natomiast najmniej mięśnie pstrągów tęczowych i karpia. Naj-

niższe zawartości ołowiu zaobserwowano w mięśniach ryb z akwakultury – 0,043 mg·kg⁻¹ św.m., podczas gdy w mięśniach ryb morskich oraz słodkowodnych dziko żyjących stwierdzono zbliżone poziomy ołowiu, odpowiednio 0,142 i 0,164 mg·kg⁻¹ św.m.

Według Polak-Juszczak (2007) zawartość metali ciężkich w przetworzonej żywności morskiego pochodzenia nie przekroczyła dopuszczalnych wartości obowiązujących aktualnie w UE (Komisja Europejska, 2006). Oszacowano ponadto udział jednej konserwy rybnej o wadze 170 g w dopuszczalnej dziennej dawce pierwiastków toksycznych

Tabela 9. Zawartość ołowiu w miodach OSP w Poznaniu (Radwan, 1991)

Table 9. Lead content in honey of Poznan OSP (Radwan, 1991).

Typ miodu Honey type	Zawartość Pb [mg·kg ⁻¹ św.m.] Pb content [mg·kg ⁻¹ f.m.]
Miód z propolisem Propolis honey	2,36
Miód z pyłkiem kwiatowym Honey with pollen	1,25
Miód z mleczkiem Honey with milk	0,32
Miód z pyłkiem, propolisem i mleczkiem Honey with propolis, pollen and milk	0,67

nych (ADI) na podstawie ich średniej zawartości w konserwach. Dla ołowiu wkład jednej konserwy rybnej wynosił 1,90% dopuszczalnej dziennej dawki, co sugeruje, że przetwory tego typu są pod tym względem bezpieczne.

PODSUMOWANIE

Poszerzenie wiedzy z zakresu zanieczyszczeń żywności pierwiastkami śladowymi jest szczególnie istotne z uwagi na ich potencjalną szkodliwość. Na potrzeby badań w zakresie jakości żywności wskazuje szereg inicjatyw europejskich, takich jak ramowe projekty badawcze lub akcje COST – European Cooperation in Science and Technology (www.umb.no/costaction), których celem jest wskazanie metod zwiększenia ilości niezbędnych mikroelementów w diecie oraz ograniczenia spożycia niepożądanych pierwiastków śladowych.

Dane literaturowe wskazują na stosunkowo bezpieczne zawartości ołowiu w żywności, poza warzywami pochodzącymi z upraw w rejonach pod aktualną lub historyczną presją przemysłową. Niezbędne jest określenie aktualnego poziomu konsumpcji ołowiu, gdyż skutki akumulacji ołowiu w organizmie nie zawsze są widoczne natychmiast, niekiedy mogą ujawniać się po kilku latach. Aby zminimalizować niekorzystne skutki działania ołowiu, należy dążyć do maksymalnego zmniejszenia jego ilości w żywności.

Wskaźników poziomu spożycia potencjalnie toksycznych pierwiastków, takich jak BMDL czy PTWI, nie należy traktować jako ostateczne ze względu na wciąż istniejące luki w wiedzy na temat dróg narażenia i mechanizmów toksyczności metali. W przyszłości należy spodziewać się korekt norm dotyczących akceptowanych zawartości pierwiastków w poszczególnych produktach oraz dopuszczalnych poziomów pierwiastka, które mogą być zaabsorbowane przez organizm człowieka w określonym czasie.

PIŚMIENNICTWO

- Adamiak E.A., Kalembasa S., Kuziemska B., 2013.** Zawartość metali ciężkich w wybranych gatunkach grzybów jadalnych. *Acta Agrophysica*, 20(1): 7-16.
- Andrejko D., Andrejko M., 2009.** Zanieczyszczenia żywności. Źródła i oddziaływanie na organizm człowieka. Wyd. Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, Lublin, 94 ss.
- Bartodziejska B., Gajewska M., Czajkowska A., 2010.** Oznaczenie poziomu zanieczyszczeń metalami ciężkimi żywności pochodzącej z samodzielnej produkcji rolnej techniką spektrometrii absorpcji atomowej. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 43: 38-44.
- Bednarek W., Tkaczyk P., Dresler S., 2010.** Kadm i ołów w owocach miękkich z integrowanej produkcji. *Acta Agrophysica*, 15(1): 5-11.
- Boguszewska A., Pasternak K., 2004.** Ołów – wpływ na procesy biochemiczne w organizmie ludzkim. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska Lublin-Polonia*, vol. LIX. Suppl. XIV, 35: 179-183.
- Borowiec M., Huculak M., Hoffman K., Hoffman J., 2009.** Ocena zawartości wybranych metali ciężkich w produktach spożywczych zgodnie z obowiązującym w Polsce prawodawstwem. *Proceedings of ECOpole*, 3(2): 432-438.
- Brandle J., Telmer P., 2007.** Steviol glycoside biosynthesis. *Phytochemistry*, 68(14): 1855-1863.
- Chaney R. L., Oliver D. P., 1996.** Sources, potential adverse effects and remediation of agricultural soil contaminants. W: *Contaminants and the soil environment in the Australasia-Pacific Region*; ed. R. Naidu, *Proceedings of the First Australasia-Pacific Conference on Contaminants and Soil Environment in the Australasia-Pacific Region*, Adelaide, 18-23(02): 323-359.
- Chaney R.L., Sterrett S.B., Mielke H.W., 1984.** The potential for heavy metal exposure from urban gardens and soils. W: J.R. Preer (ed.) *Proc. Symp. Heavy Metals in Urban Gardens*. University District of Columbia Extension Service, Washington, DC., ss. 37-84.
- COST (www.umb.no/costaction). European Cooperation in Science and Technology.
- Cotter-Howels J., 1996.** Lead phosphate formation in soils. *Environmental Pollution*, 1: 9-16.
- Dobrzańska B., Moniuszko-Jakoniuk J., 1991.** Ocena narażenia ludności na wybrane metale ciężkie. *Polski Tygodnik Lekarski*, XLVI(24-26): 443-447.
- Dudka S., Piotrowska M., Chłopecka A., Witek T., 1994.** Trace metal contamination of soils and crop plants by the mining and smelting industry in Upper Silesia, South Poland. *Journal of Geochemical Exploration*, 52: 237-250.
- EFSA. 2010: Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on lead in food. *The EFSA Journal*, 8(4): 1570.
- Falandysz J., Gućia M., Mazur A., 2007.** Niektóre składniki mineralne i ich współczynnik biokoncentracji w czubajce kani (*Macrolepiota procera*) z okolic Poniatowej w woj. lubelskim. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, XL(3): 249-255.
- Gruca-Królikowska S., Waclawek W., 2006.** Metale w środowisku. Cz. II. Wpływ metali ciężkich na rośliny. *Chemia, Dydaktyka, Ekologia, Metrologia*, 11(1-2): 41-56.

- Gzyl J., Marchwińska E., Kulka E., Kucharski R., Nowińska Z., Sas-Nowosielska A., Piesak Z., Wcisło E., 1995. Monitoring zanieczyszczeń roślin jadalnych i paszowych w województwie katowickim. Wyd. IETU, Katowice, 48 ss.
- Juszczak L., 2008. Chemiczne zanieczyszczenia żywności i metody ich oznaczania. Cz. I. Laboratorium przemysłowe. 3: 32-42.
- Kobus-Moryson M., Gramza-Michałowska A., Kobus-Cisowska J., Korczak J., 2014. Zawartość wybranych pierwiastków w ekstraktach stewii (*Stevia rebaudiana* Bertoni). Problemy Higieny i Epidemiologii, 95(2): 445-448.
- Kołacz R., Dobrzański Z., 2006. Higiena i dobrostan zwierząt gospodarskich. Wyd. Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Wrocław, 537 ss.
- Kołacz R., Dobrzański Z., Bodak E., 1996. Bioakumulacja Cd, Pb i Hg w tkankach zwierząt. Medycyna Weterynaryjna, 52(11): 687-691.
- Komisja Europejska. 2006. Rozporządzenie Komisji (WE) Nr 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 roku ustanawiające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych (Dz. Urz. WE. L. 364 z 20.12.2006 r.).
- Komisja Europejska. 2011. Rozporządzenie Komisji (UE) nr 420/2011 z dnia 29 kwietnia 2011 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych.
- Kot A., Zaręba S., Wyszogrodzka-Koma L., 2009. Ocena skażenia łożyskami ziół, przetworów zbożowych i ziemniaków w regionu lubelskiego. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 4(65): 86-91.
- Ma Q., Traina S.J., Logan T.J., Ryan J.A., 1993. In-situ lead immobilization by apatite. Environmental Science and Technology, 27: 1803-1810.
- Mania M., Wojciechowska-Mazurek M., Starska K., Karłowski K., 2009. Koncentraty spożywcze – zanieczyszczenia metalami szkodliwymi dla zdrowia. Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, XLII(3): 443-454.
- Rozporządzenie Komisji (WE) NR 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r. ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej (Dz.U. L 364/5 z 20.12.2006 r. z późniejszymi zmianami).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dz.U. 2002 nr 165, poz. 1359).
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 27 listopada 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia (Dz.U. 2002. nr 204, poz. 1728).
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 20 kwietnia 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. 2010 nr 72, poz. 466).
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 stycznia 2003 r. w sprawie maksymalnych poziomów zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych, które mogą znajdować się w żywności, dozwolonych substancjach dodatkowych, substancjach pomagających w przetwarzaniu albo na powierzchni żywności (Dz.U. 2003, nr 37, poz. 325 i 326).
- Obiedziński M.W., Korzycka-Iwanow M., 2005. Zanieczyszczenia chemiczne żywności – krytyczne wyróżniki jakości i bezpieczeństwa żywności. Przemysł Spożywczy, 59(2): 10-12.
- Orzel D., Bronkowska M., Figura-Ciura D., Styczyńska M., Żechalko-Czajkowska A., Biernat J., 2010. Ocena zanieczyszczenia łożyskami produktów roślinnych z rejonu Legnicko-Głogowskiego. Bromatologia i Chemia Toksykologiczna, XLIII(1): 79-85.
- Parlament Europejski, 2008. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008 roku w sprawie jakości powietrza i czystego powietrza dla Europy.
- Parlament Europejski. 2002. Rozporządzenie (WE) 178/2002 Parlamentu Europejskiego i Rady z 28 stycznia, powołujące Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności.
- Polak-Juszczak L., 2007. Składniki mineralne w przetworzonej żywności pochodzenia morskiego. Inżynieria Rolnicza, 5(93): 331-337.
- Pyryt B., Kolenda H., 2006. Wpływ odmiany ziemniaków i sposobu ich obróbki kulinarnej na zawartość kadmu i ołowiu w bulwach po ugotowaniu. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 1(46): 114-120.
- Radwan S., 1991. Metale ciężkie w środowisku przyrodniczym. Wyd. Towarzystwo Wolnej Wszechnicy Polskiej, Lublin.
- Sauerbeck D.R., 1991. Plant, element and soil properties governing uptake and availability of heavy metals derived from sewage sludge. Water, Air, Soil Pollution, 57-58: 227-237.
- Seńczuk W., 2005. Toksykologia współczesna. Wyd. Lekarskie PZWL, Warszawa.
- Siebielec G., Stuczyński T., Korzeniowska-Puculek R., 2006. Metal bioavailability in long term contaminated soils of Tarnobrzeg area. Polish Journal of Environmental Studies, 15: 121-129.
- Spodniewska A., Barski D., Zasadowski A., 2009. Zawartość kadmu i ołowiu w wybranych gatunkach grzybów pochodzących z województwa warmińsko-mazurskiego. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, 41: 135-141.
- Staszowska A., Skalecki P., Florek M., Litwińczuk A., 2013. Wpływ gatunku i środowiska życia ryb na zawartość ołowiu oraz oszacowanie jego pobrania z tkanki mięśniowej. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 6(91): 60-68.
- Szkoda J., 2006. Pierwiastki toksyczne w tkankach zwierząt i mleku, ocena narażenia. Państwowy Instytut Weterynaryjny, Puławy, 96 ss.
- Szkoda J., Nawrocka A., Kmiecik M., Żmudzki J., 2011. Badania kontrolne pierwiastków toksycznych w żywności pochodzenia zwierzęcego. Roczniki Pomorskiej Akademii Medycznej w Szczecinie, 56(2): 118-128.
- Terelak H., Motowicka-Terelak T., Pondel H., Maliszewska-Kordybach B., Pietruch Cz., 1999. Monitoring chemizmu gleb ornych Polski. Program badań i wyniki wstępne. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Inspekcja Ochrony Środowiska, Warszawa, 70 ss.
- Terelak H., Stuczyński T., Motowicka-Terelak T., Maliszewska-Kordybach B., Pietruch Cz., 2008. Monitoring chemizmu gleb ornych Polski w latach 2005-2007. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Inspekcja Ochrony Środowiska, Warszawa, 135 ss.
- Węglarzy K., 2007. Metale ciężkie – źródła zanieczyszczeń i wpływ na środowisko. Wiadomości Zootechniczne, XLV(3): 31-38.

WHO, 2010. Evaluation of certain food additives and contaminants. 37th report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Technical report series.

Wojciechowska-Mazurek M., Starska K., Brulińska-Ostrowska E., Plewa M., Biernat U., Karłowski K.L., 2008. Monitoring zanieczyszczenia żywności pierwiastkami szkodliwymi dla zdrowia. Cz. I. Produkty zbożowe pszenne, warzywne, cukiernicze oraz produkty dla niemowląt i dzieci (rok 2004). Rocznik PZH, 59(3): 251-266.

Woźny A., 1995. Ołów w komórkach roślinnych. Pobieranie, reakcje, odporność. Wyd. Sorus, Poznań, 162 ss.

Żmudzki J., Szkoda J., Juszkiewicz T., 1991. Stężenia pierwiastków śladowych w tkankach bydła w Polsce. Medycyna Weterynaryjna, 47(3): 413-416.

S. Staniak

SOURCES AND LEVELS OF LEAD IN FOOD

Summary

Food quality is driven by balanced content of micronutrients and low contents of undesired elements such as cadmium, lead or arsenic. In the paper we reviewed sources of lead (Pb) in food products and integrated literature data on Pb content in both unprocessed (fruits, vegetables, meat) and processed food products. The provided review revealed relatively safe Pb contents in almost all food samples. Separate issue is the quality of vegetable produced in areas under pressure of smelting industry. A part of vegetable samples exceeds the current Pb thresholds in food.

key words: bioavailability, food, lead, source