

Ryzyko zdrowotne wynikające z narażenia na kadm zawarty w niektórych rodzajach pieczywa

Health risk resulting from exposure to cadmium contained in some types of bread

Ilona Hajok^{1 (a)}, Danuta Rogala^{1 (b)}, Klaudia Gut^{1 (c)}, Weronika Osmala^(d)

¹ Zakład Zdrowia Środowiskowego, Katedra Zdrowia Środowiskowego,
Wydział Zdrowia Publicznego w Bytomiu Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach
Kierownik Zakładu: dr n. o zdr. I. Hajok

^(a) nadzór merytoryczny

^(b) opracowanie tekstu

^(c) przegląd piśmiennictwa

^(d) pobór i analiza próbek chleba

STRESZCZENIE

Wstęp. Przetworzone produkty zbożowe, w tym mąka i pieczywo, stanowią nie tylko podstawę codziennej diety, ale także źródło kadmu pobranego wraz z pożywieniem do organizmu człowieka. Celem pracy była ocena ryzyka zdrowotnego wynikającego z narażenia konsumentów na kadm w pieczywie dostępnym na polskim rynku.

Materiał i metody. Materiał badawczy stanowiło 100 próbek pieczywa zakupionego w sklepach i piekarniach zlokalizowanych na terenie województwa śląskiego. Materiał badawczy podzielono na cztery grupy: pieczywo graham (25 próbek), pszenne (20), pszenno-żytnie (29) oraz pieczywo chrupkie (26). Zawartość kadmu w próbkach oznaczono za pomocą spektrometru bezpłomieniowej absorpcji spektrometrii atomowej z atomizacją elektrotermiczną (ETAAS), przy użyciu pieca grafitowego GF 3000 firmy GBC. Ryzyko zdrowotne dla osoby dorosłej oszacowano zgodnie z modelem rekomendowanym przez Amerykańską Agencję Ochrony Środowiska poprzez obliczenie ilorazu zagrożenia (HQ).

Wyniki. Zakres oznaczonego stężenia kadmu mieścił się w przedziale 0,01–0,08 mg/kg św. m., a średnia zawartość Cd we wszystkich próbach wyniosła 0,03 mg/kg św. m. Najwyższą zawartość pierwiastka, dwukrotnie przekraczającą wartość normatywną, wykazano w pieczywie graham. W przypadku zaopatrywania się w pieczywo z jednego źródła, w którym stężenie kadmu przekracza wartość normatywną, spożycie pieczywa stanowiącego stały składnik diety, może wiązać się z ryzykiem zdrowotnym.

Wnioski. Biorąc pod uwagę narażenie populacji generalnej na kadm z żywności powszechnie dostępnej na ryn-

ku konsumenckim, konieczny jest stały monitoring zanieczyszczenia metalami ciężkimi produktów spożywczych stanowiących podstawę diety.

Słowa kluczowe: kadm, narażenie, pieczywo, ryzyko zdrowotne

ABSTRACT

Introduction. Processed cereal products, including flour and bread, are not only the basis of the daily diet, but also a source of cadmium taken into the human body. The aim of the study was to assess the health risk resulting from exposure to cadmium in bread available on Polish consumer market.

Material and methods. The research material consisted of 100 samples of bread purchased in grocery stores and bakeries in Upper Silesia region. The research material was divided into four groups: graham bread (25 samples), wheat bread (20 samples), wheat-rye bread (29 samples) and crispbread (26 samples). The cadmium content was determined by Electrothermal Atomic Absorption (ETAAS), using a graphite furnace GF 3000. Health risk was estimated according to the model recommended by the American Environmental Protection Agency by calculating the hazard quotient (HQ).

Results. Concentration of cadmium ranged from 0.01–0.08 mg/kg f.m., and the average Cd content in all samples was 0.03 mg/kg f.m. The highest content of cadmium, exceeding twice the normative value, was found in graham bread. In case of purchasing bread, in which the concentration of cadmium exceeds the normative val-

ue, the consumption of bread being a permanent component of the diet may involve health risk.

Conclusions. Considering the exposure of the general population to cadmium from commonly available food

on the consumer market, permanent monitoring of heavy metals in food products is necessary.

Key words: cadmium, exposure, bread, health risk

WSTĘP

Trwająca od wieków eksploatacja surowców naturalnych oraz zastosowanie pierwiastków metalicznych w wielu sektorach życia człowieka, przyczyniło się do zanieczyszczenia metalami ciężkimi niemal wszystkich elementów środowiska, w tym produktów żywnościowych. Wpływ zanieczyszczenia środowiska na bezpieczeństwo żywności jest poważnym problemem, o charakterze globalnym [1].

Na całym świecie jednymi z podstawowych elementów diety są przetworzone produkty zbożowe. Zgodnie z Rozporządzenia Ministra Zdrowia produkty zbożowe to: „przygotowane z jednego lub więcej zmielonych zbóż i/lub produktów bogatopskrobiowych. Zawartość zbóż i/lub produktów bogatopskrobiowych w końcowym produkcie nie powinna być niższa niż 25% w przeliczeniu na suchą masę” [2]. Pieczywo w diecie dostarcza niezbędnej do prawidłowego funkcjonowania organizmu energii i składników odżywczych, takich jak witaminy, lipidy i minerały oraz zapewnia od 50 do 90% całkowitego spożycia kalorii i białka [3, 4]. Średnie dzienne spożycie pieczywa w Stanach Zjednoczonych wynosi 55 gramów na osobę, w Rosji, Europie Zachodniej i Turcji odpowiednio 164, 274 i 400 g/osobę. W Polsce spożycie pieczywa w roku 2016 oszacowano na poziomie 125 g/osobę/dobę [5, 6].

Wszystkie rodzaje ziaren zawierają śladowe ilości metali, takich jak żelazo (Fe), mangan (Mn), magnez (Mg) czy miedź (Cu), jednak zastosowanie nawozów syntetycznych i osadów ściekowych podczas uprawy zbóż znacznie zwiększa poziom innych pierwiastków z grupy metali ciężkich, takich jak: kadm (Cd), ołów (Pb) czy cynk (Zn) [5].

Aktualnie kadm stanowi jedno z poważniejszych zagrożeń dla zdrowia człowieka ze względu na toksyczność i dużą koncentrację we wszystkich elementach środowiska, szybkie przemieszczanie się w łańcuchu troficznym, łatwe wchłanianie i bioakumulację w organizmach żywych. Badania epidemiologiczne udowodniły związek pomiędzy narażeniem na kadm a uszkodzeniem kanalików nerkowych w organizmie człowieka oraz zaburzeniami funkcjonowania układu hormonalnego, nerwowego

i sercowo-naczyniowego. W 1993 roku Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem (IARC) zaklasyfikowała jony Cd^{2+} do klasy I substancji kancerogennych [7].

Istotnym zagrożeniem jest zanieczyszczenie pieczywa metalami ciężkimi ze względu na fakt, że pieczywo stanowi istotny, codzienny składnik diety, zarówno dorosłych jak i dzieci. Celem niniejszej pracy była ocena poziomu zanieczyszczenia kadmem pieczywa dostępnego na polskim rynku oraz szacunkowa ocena ryzyka zdrowotnego wynikającego z narażenia konsumentów na kadm w pieczywie.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiło 100 próbek pieczywa zakupionego w losowo wybranych sklepach i piekarniach zlokalizowanych na terenie województwa śląskiego. W zależności od rodzaju pieczywa materiał podzielono, na cztery grupy: pieczywo graham (25 próbek), pszenne (20), pszenno-żytnie (29) oraz pieczywo chrupkie (26).

Wszystkie próbki poddano czteroetapowemu procesowi mineralizacji w mineralizatorze mikrofalowym Magnum II firmy ERTEC, przy użyciu stężonego kwasu azotowego spektralnie czystego (V) i 30% nadtlenu wodoru. W zmineralizowanych próbkach oznaczono zawartość kadmu za pomocą spektrometru bezpłomieniowej absorpcji spektrometrii atomowej z atomizacją elektrotermiczną (ETAAS) w spektrometrze SavantAA Sigma przy użyciu pieca grafitowego GF 3000 firmy GBC (długość fali: 228,80 z korekcją tła, LOQ=0,009; LOD=0,0045). W każdej z badanych próbek dokonano trzech pomiarów, z których odczytano wartość średnią i obliczono zawartość kadmu w pieczywie, w mg/kg świeżej masy. Poprawność zastosowanej metody analitycznej oceniono na podstawie analizy certyfikowanych materiałów odniesienia – Certificate of Certified Reference Materials NCS ZC73012 Cabbage z China National Analysis Center for Iron & Steel.

Metoda oceny ryzyka zdrowotnego wynikającego z narażenia na kadm oparta została na modelu re-

komendowanym przez Amerykańską Agencję Ochrony Środowiska (US EPA – *United States Environmental Protection Agency*), gdzie dla oszacowania narażenia na metale ciężkie oblicza się iloraz zagrożenia (HQ – *hazard quotient*). Ilość substancji szkodliwej pobranej w ciągu doby przez osobę dorosłą/dziecko oblicza się jako dawkę pobraną:

$$\text{Dawka pobrana} = \frac{C \cdot K}{MC}$$

gdzie:

C – stężenie kadmu w próbce pieczywa (mg/kg)

K – masa spożywanego pieczywa (kg/dobę)

MC – masa ciała osoby narażonej (kg)

Ryzyko zdrowotne dla osoby dorosłej oraz dziecka oszacowano obliczając iloraz narażenia, zgodnie ze wzorem:

$$HQ = \frac{D}{RfD}$$

gdzie:

HQ – iloraz zagrożenia

RfD – dawka referencyjna (dla Cd wynosi 1µg/kg masy ciała/dobę) [8].

W sytuacji, gdy iloraz narażenia jest większy od 1 przyjmuje się, że istnieje istotne ryzyko wystąpienia negatywnych skutków zdrowotnych, wynikających z przewlekłego narażenia na kadm. W przypadku gdy iloraz narażenia jest mniejszy od 1, narażenie nie stanowi istotnego zagrożenia dla zdrowia [8].

Wielkość dawki kadmu pobranej drogą pokarmową wraz ze spożywanym pieczywem, przez osobę dorosłą lub dziecko oszacowano uwzględniając różne scenariusze narażenia.

WYNIKI

Obecnie ustawodawstwo krajowe nie określa najwyższego dopuszczalnego stężenia (NDS) dla kadmu w pieczywie. Uchylone dnia 28.05.2004 roku Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 stycznia 2003 r., dotyczące maksymalnych poziomów zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych, które mogą znajdować się w żywności, składnikach żywności, dozwolonych substancjach dodatkowych, substancjach pomagających w przetwarzaniu albo na powierzchni żywności (Dz. U. Nr. 37 Poz. 325 i 326) ustalało najwyższą dopuszczalną zawartość kadmu w pieczywie na poziomie 0,05 mg/kg św.m. oraz

w pieczywie chrupkim 0,01 mg/kg św.m. [9]. Ze względu na brak krajowych regulacji prawnych określających najwyższe dopuszczalne stężenia metali ciężkich w pieczywie, oceny zanieczyszczenia kadmem pieczywa dokonano w oparciu o Rozporządzenie Komisji (UE) nr 488/2014 z dnia 12 maja 2014 r. zmieniającym rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 w odniesieniu do najwyższych dopuszczalnych poziomów kadmu w środkach spożywczych. W świetle Rozporządzenia, od dnia 1 stycznia 2015 roku, najwyższe dopuszczalne stężenie kadmu w przetworzonych produktach zbożowych, do których zalicza się pieczywo, wynosi 0,040 mg/kg św.m. [10].

Uzyskane w pracy wyniki wskazują na zróżnicowane wartości kadmu w badanych próbkach pieczywa. Zakres stężenia pierwiastka mieścił się w przedziale 0,01–0,08 mg/kg św. m. Średnia zawartość Cd w analizowanym materiale wyniosła 0,03 (±0,01) mg/kg św. m. (Tab. 1), a oznaczona wartość maksymalna w chlebie graham (0,08 mg Cd/kg św.m. pieczywa) przekracza dwukrotnie maksymalną wartość dopuszczalną.

Tabela I. Parametry opisujące rozkład stężenia kadmu w różnych rodzajach pieczywa

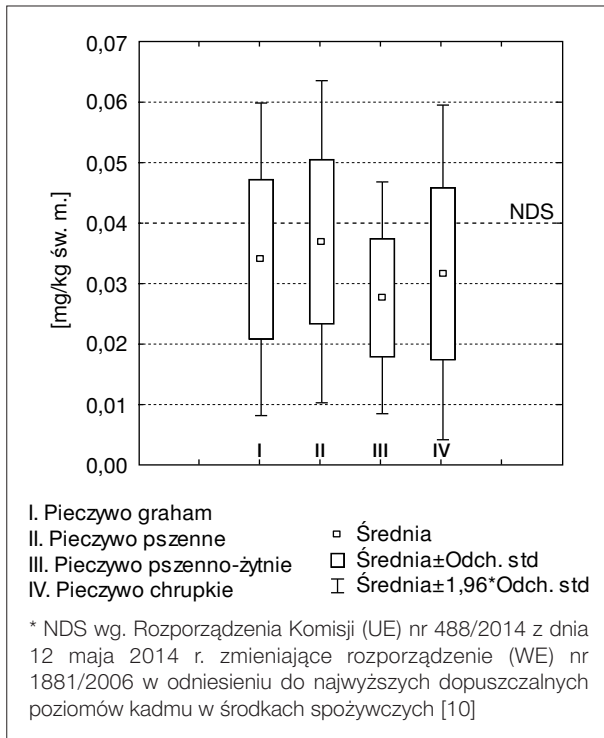
Table I. Parameters describing the distribution of cadmium concentration in various types of bread

Parametr	Rodzaj pieczywa			
	graham	pszenne	pszenno-żytnie	chrupkie
	mg/kg św. m.			
Liczba próbek	n=25	n=20	n=29	n=26
Mediana	0,03	0,03	0,03	0,03
Min.	0,02	0,01	0,01	0,01
Max.	0,08	0,07	0,05	0,07

Rozpatrując podział na cztery grupy najczęściej spożywanego pieczywa, najwyższe średnie stężenie kadmu, tj. 0,04 (±0,01) mg/kg św.m. odnotowano dla pieczywie pszennym. W przypadku pieczywa graham, pszenno-żytniego oraz pieczywa chrupkiego, średnie stężenie kadmu oznaczono na poziomie 0,03 (±0,01) mg/kg św.m. (Ryc. 1).

W odniesieniu do zapisów Rozporządzenia Komisji (UE) nr 488/2014, aż w 11% analizowanych próbek odnotowano przekroczenia najwyższej dopuszczalnej wartości kadmu w przetworzonych produktach zbożowych, a w kolejnych 21% prób oznaczono stężenia kadmu równe maksymalnej wartości dopuszczalnej (tj. 0,040 mgCd/kg św.m.). W każdej z analizowanych grup pieczywa stwierdzono minimum jedno przekroczenie wartości normatywnej. Najwięcej przekroczeń odnotowano w pieczywie

pszennym (20%) oraz w pieczywie chrupkim (15%). Spośród wszystkich analizowanych próbek pieczywa, najwyższe stężenie, dwukrotnie przekraczające NDS, oznaczono w chlebie graham, zakupionym w lokalnej piekarni (Ryc. 1).



Rycina 1. Stężenie kadmu w zależności od rodzaju pieczywa
 Figure 1. Concentration of cadmium depending on the type of bread

Oceny ryzyka zdrowotnego wynikającego z narażenia na kadm w pieczywie dokonano zakładając pięć scenariuszy narażenia. W scenariuszach rozpatrywano narażenie konsumentów (dorosłych i dzieci) na pieczywo o najwyższej oznaczonej zawartości kadmu, tj. 0,08 mg/kg św.m.. W oparciu o dane Głównego Urzędu Statystycznego (GUS) przeciętne miesięczne spożycie pieczywa dla osoby dorosłej, o masie 70 kg, przyjęto na poziomie 3,74 kg/osobę/tydzień, czyli 0,125 kg/osobę/dzień [6]. Celem szacunkowej oceny narażenia wszystkich konsumentów obliczeń dokonano także przy założeniu spożycia przez osobę dorosłą 6 kromek chleba pszenno-żytniego w ciągu doby, gdzie jedna kromka waży ok. 30 g oraz 3 bułek pszenno-żytnich, przyjmując wagę jednej bułki na poziomie 80 g. Szacunków dokonano także przy założeniach, że pieczywo o najwyższej zawartości kadmu, w zmniejszonych o 1/3 i 2/3 ilościach w stosunku do osoby dorosłej spożywa dziecko 3-letnie o masie ciała 15 kg oraz 15-letnie o wadze 58 kg [11] (Tab. 2).

Tabela II. Scenariusze narażenia
 Table II. Exposure scenarios

Scenariusz	Założenia
1	Osoba dorosła (70 kg m.c.) przeciętne dobowe spożycie pieczywa (125 g/osobę/dzień)
2	Osoba dorosła (70 kg m.c.) 6 kromek chleba pszenno-żytniego (180 g/osobę/dzień)
3	Osoba dorosła (70 kg m.c.) 3 bułki pszenno-żytnie (240 g/osobę/dzień)
4	Najwyższe oznaczone stężenie Cd [mg/kg św.m.] Dziecko 3-letnie (15 kg m.c.) 2 kromki chleba pszenno-żytniego (60 g/osobę/dzień)
5	Dziecko 3-letnie (15 kg m.c.) 1 bułka pszenno-żytnia (80 g/osobę/dzień)
6	Dziecko 15-letnie (58 kg m.c.) 4 kromki chleba pszenno-żytniego (120 g/osobę/dzień)
7	Dziecko 15-letnie (58 kg m.c.) 2 bułki pszenno-żytnie (160 g/osobę/dzień)

Tabela III. Dobowa dawka pobrana kadmu oraz szacunkowa ocena ryzyka zdrowotnego wynikającego z narażenia na kadm w pieczywie

Table III. The daily dose of cadmium and the estimated health risk resulting from exposure to cadmium in bread

Scenariusz	Stężenie Cd w badanej próbce [mg/kg św.m.]	Dobowe spożycie pieczywa [kg]	Masa ciała [kg]	Dawka pobrana	RfD	HQ
				[µgCd/kg m.c./dobę]		
1	0,08	0,125	70	0,14	1	0,14
2		0,180		0,21		0,21
3		0,240		0,27		0,27
4		0,060	20	0,32	1	0,32
5		0,080		0,42		0,42
6		0,120	58	0,16	1	0,16
7		0,160		0,22		0,22

Rozważając narażenie na Cd (0,08 mg/kg św.m.) przy przeciętnym dobowym spożyciu pieczywa (0,125 kg), szacuje się, iż dawka kadmu pobrana przez konsumenta w ciągu doby stanowi 14% dawki referencyjnej, określonej dla tego pierwiastka. Sce-

nariusz drugi zakłada, że osoba dorosła spożywa 6 kromek chleba pszenno-żytniego (tj. 0,180 kg) dziennie, co stanowi 21% RfD, natomiast spożycie 3 bułek pszenno-żytnich (0,240 kg) w ciągu doby przez osobę dorosłą (scenariusz nr 3) stanowi już niemal 1/3 bezpiecznej dziennej dawki kadmu pobranej do organizmu człowieka (HQ). Według scenariuszy nr 4 i 5, zakładających narażenie na kadm z pieczywa najmłodszych konsumentów (w wieku 3 lat), szacuje się, że spożycie już niewielkich ilości pieczywa (dwie kromki chleba/jedna bułka) stanowi od 32 do 42% bezpiecznej dziennej dawki określonej dla kadmu. W przypadku dziecka 15-letniego narażenie na kadm z pieczywa spożywanego w ilości 2 bułek i 4 kromek chleba pszenno-żytniego stanowi od 16 do 22% RfD (Tab. 3).

DYSKUSJA

Produkty żywnościowe otrzymywane na bazie zbóż i roślin strączkowych stanowią podstawę diety niemal na całym świecie. Pod względem spożycia pieczywo stanowi trzecią w kolejności, kluczową grupę produktów żywnościowych, zaraz po mleku i jego przetworach oraz ziemniakach. W modelu racjonalnego żywienia, podstawę stanowią produkty zbożowe reprezentowane przez wyroby piekarskie. Biorąc pod uwagę znaczenie pieczywa w diecie należy oczekiwać, że produkty te będą całkowicie bezpieczne dla konsumentów [11].

Jak wynika z badań, produkty zbożowe stanowią nie tylko podstawę codziennej diety, ale są także jednym z głównych źródeł pobrania kadmu do organizmu człowieka [12]. Na obecność metali śladowych w pieczywie ma wpływ bardzo wiele czynników, od warunków środowiskowych uprawy, po sposób przetwarzania zboża oraz proces produkcji pieczywa. Zmienność stężeń metali ciężkich, takich jak: Pb, Zn i Cd w przetworzonych produktach zbożowych jest zależna od stopnia zanieczyszczenia gleby uprawnej, stosowania nawozów chemicznych i osadów ściekowych podczas uprawy zbóż. Na stężenie pierwiastków śladowych w produkcie końcowym istotny wpływ ma także proces mielenia i przetwarzania zboża, jak również sam proces wypieku pieczywa [13].

Zanieczyszczenie kadmem pieczywa dostępnego na polskim rynku, będące przedmiotem niniejszej pracy jest porównywalne z wynikami prac innych autorów [3, 5, 13].

Podobnie jak w badaniach z innych rejonów świata, uzyskane wyniki wykazały zróżnicowane stężenia kadmu w pieczywie. Wykazany zakres stężeń

pierwiastka mieścił się w przedziale 0,01–0,08 mg/kg, a średnia zawartość Cd w analizowanym materiale wyniosła 0,03 ($\pm 0,01$) mg/kg. Badania przeprowadzone przez Naghipour i wsp. wykazały, że stężenia Cd w pieczywie sprzedawanym w jednym z irańskich miast wahały się od śladowych ilości do 3,3 mg/kg, ze średnim poziomem 0,07 mg/kg, w zależności od rodzaju pieczywa [5]. Jawad i wsp. wykazali, że zawartość Cd w chlebach z Iraku była na średnim poziomie 0,07 mg/kg [13], zaś średnie stężenie Cd w chlebie z Nigerii oznaczono na poziomie 0,002 mg/kg [14].

Ze wszystkich analizowanych próbek pieczywa najwyższe stężenie kadmu, przekraczające dwukrotnie wartość normatywną, odnotowano w próbce pieczywa graham, pochodzącego z lokalnej piekarni, a najwięcej przekroczeń wartości normatywnych odnotowuje się w pieczywie pszennym i pszenno-żytnim, zakupionym sklepach sieci hipermarketów dostępnych na terenie całego kraju (Biedronka).

Wśród wszystkich zbóż jadalnych pszenica jest najczęściej uprawiana i stanowi produkt bazowy dla wielu produktów zbożowych. Badania mąk pszennych z różnych rejonów świata wykazały zawartość kadmu w zakresie 0,006–0,24 mg/kg [15]. Wyższa zawartość Cd w mące, która stanowi główny składnik pieczywa, może przekładać się na zawartość pierwiastka w produkcie końcowym [5, 12].

W celu oceny ryzyka zdrowotnego wynikającego z narażenia populacji generalnej na kadm konieczna jest identyfikacja najważniejszych źródeł ekspozycji [4]. Na podstawie przeprowadzonej szacunkowej oceny ryzyka zdrowotnego, zakładającej pięć scenariuszy narażenia, można stwierdzić, że spożywanie pieczywa z różnych źródeł nie powinno stanowić ryzyka zdrowotnego zarówno dla dzieci, jak i osób dorosłych. Natomiast dość często stosowane w praktyce zakupy pieczywa w lokalnych, tych samych piekarniach, w przypadku przekroczeń wartości normatywnych kadmu w chlebie spożywanym codziennie, mogą wiązać się z ryzykiem zdrowotnym konsumentów.

WNIOSKI

1. Zawartość kadmu w pieczywie jest bardzo zróżnicowana; w jednej trzeciej analizowanych prób chleba oznaczono zawartość kadmu równą bądź wyższą od maksymalnej wartości dopuszczalnej.
2. Najmniejsze narażenie na kadm konsumentów chleba dostępnego w sprzedaży ma miejsce w przypadku konsumpcji pieczywa mieszanego i pochodzącego z różnych źródeł.

3. Przekroczenia wartości normatywnych kadmu w chlebie spożywanym codziennie mogą wiązać się z ryzykiem zdrowotnym konsumentów.
4. Biorąc pod uwagę narażenie populacji generalnej na kadm z żywności powszechnie dostępnej na rynku konsumenckim, konieczny jest stały monitoring zanieczyszczenia metalami ciężkimi produktów spożywczych będących podstawą codziennej diety.

LITERATURA

- [1] Jarup L.: Hazards of Heavy metal contamination, British Medical Bulletin 2003; 68:170-180.
- [2] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 17 października 2007 r. w sprawie środków spożywczych specjalnego przeznaczenia żywieniowego (Dz.U. Nr 209, poz. 1518, Załącznik nr 8).
- [3] Yasamin Feyzi Y., Malekirad A., Fazilati M., et.al.: Metals that are Important for Food Safety control of bread Product. Advances in Bioreserch Adv. Biores., 2017; 8(1): 111-116.
- [4] Udowelle N., Igweze Z., Asomugha R., et al.: Health risk assessment and dietary exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), lead and cadmium from bread consumed in Nigeria. Rocz Panstw Zakl Hig 2017; 68(3): 269-280.
- [5] Naghipour D., Amouei A., Nazmar S.: Comparative Evaluation of Heavy Metals in the Different Breads in Iran: A Case Study of Rasht City. Health Scope. 2014; 3(4): e18175.
- [6] Główny Urząd Statystyczny. Roczniki branżowe. Rocznik Statystyczny Rolnictwa. 2016, Warszawa. ISSN 2080-8798.
- [7] Czeczot H., Majewska M.: Kadm - zagrożenia i skutki zdrowotne, Katedra i Zakład Biochemii, I Wydział Lekarski, Warszawski Uniwersytet Medyczny, Warszawa 2010; 66(4), 243-250.
- [8] Integrated Risk Information System (IRIS). U.S. Environmental Protection Agency. Chemical Assessment Summary. National Center for Environmental Assessment. February 2015. https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/subst/0141_summary.pdf [data dostępu: 05.03.2018]
- [9] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 stycznia 2003 r. dotyczące maksymalnych poziomów zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych, które mogą znajdować się w żywności, składnikach żywności, dozwolonych substancjach dodatkowych, substancjach pomagających w przetwarzaniu albo na powierzchni żywności [Dz. U. Nr. 37 Poz. 325 i 326]
- [10] Rozporządzenie Komisji (UE) nr 488/2014 z dnia 12 maja 2014 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 w odniesieniu do najwyższych dopuszczalnych poziomów kadmu w środkach spożywczych.
- [11] Kułaga Z, Rózdżyńska-Świątkowska A, Grajda A, i wsp. Siatki centylowe dla oceny wzrastania i stanu odżywienia polskich dzieci i młodzieży od urodzenia do 18 roku życia. Stand Med, Pediatr. 2015; 12: 119-135.
- [12] Diowks A.: Pozycja pieczywa w diecie. Przegląd Piekarski i Cukierniczy. 2012; 10: 16-17.
- [13] Zajac G., Szyszlak-Bargłowicz J.: Ocena zawartości wybranych metali ciężkich w mąkach chlebowych. Ochrona środowiska i zasobów naturalnych. 2011; (48): 520-525.
- [14] Jawad I., Allafaji S.H.: The levels of Trace Metals Contaminants in Wheat Grains, Flours and Breads in Iraq. Aust J Basic Appl Sci. 2012; 6(10): 88-92.
- [15] Christophe E., Iniama G., Osabor V., et.al.: A Comparative Evaluation of Heavy Metals in Commercial Wheat Flours Sold in Calabar-Nigeria. Pakistan J Nutr. 2009; 8(5): 585-7.
- [16] Tejera R.L., Luis G., Gonzalez-Weller D., et al.: Metals in wheat flour; comparative study and safety control. Nutr Hosp. 2013; 28(2): 506-13.

Adres do korespondencji:

dr n. o zdr. Ilona Hajok
Wydział Zdrowia Publicznego w Bytomiu
Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach
Zakład Zdrowia Środowiskowego
ul. Piekarska 18, 41-902 Bytom
tel. 32 397-65-29
e-mail: ihajok@sum.edu.pl