

KAMILA POKORSKA-NIEWIADA, MILENA SADOWSKA, AGATA WITCZAK,
MAŁGORZATA SZCZUKO

PIERWIASTKI ŚLADOWE W PŁATKACH ŚNIADANIOWYCH - KORZYŚCI I ZAGROŻENIA ZWIĄZANE Z ICH KONSUMPCJĄ

Streszczenie

Wprowadzenie. Płatki śniadaniowe - wbrew swojej nazwie, są spożywane nie tylko na śniadania, ale również jako przekąski między posiłkami. Za głównych konsumentów płatków uznaje się dzieci, ale po tego typu produkty chętnie sięgają również osoby dorosłe. Tak duże zainteresowanie zbożowymi płatkami śniadaniowymi wynika m.in. z szerokiego asortymentu płatków, łatwości przygotowania, niskiej ceny, ale przede wszystkim z wysokiej zawartości składników odżywczych, w tym pierwiastków śladowych. Celem niniejszej pracy była analiza zawartości pierwiastków śladowych w płatkach śniadaniowych pod kątem korzyści i zagrożeń dla konsumentów. Materiał do badań stanowiło jedenaście rodzajów płatków śniadaniowych zakupionych w lokalnym handlu detalicznym. Analizy wykonano metodą ICP-AES (emisyjnej spektrometrii atomowej w plazmie indukcyjnie sprzężonej) oraz GF-AAS (absorpcyjnej spektrometrii atomowej z atomizacją elektrotermiczną w kuwecie grafitowej).

Wyniki i wnioski. Przeprowadzona analiza wykazała, że średnia zawartość żelaza ze wszystkich analizowanych płatków wynosiła 62,8 mg/kg, a najbogatszym źródłem tego pierwiastka były płatki wielozbożowe. Największą ilością cynku, miedzi oraz manganu charakteryzowały się natomiast płatki owsiane. Zauważono również, że spożycie porcji płatków owsianych dostarcza 57 % dziennego zapotrzebowania na mangan dla mężczyzn oraz prawie 73 % dla kobiet. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono także, że spożywanie płatków śniadaniowych nie stwarza ryzyka zdrowotnego związanego z narażeniem konsumentów na niekorzystne oddziaływanie pierwiastków dostarczanych organizmowi wraz ze spożyciem tych produktów.

Słowa kluczowe: ICP-AES, GF-AAS, płatki śniadaniowe, mikroelementy, toksyczne pierwiastki śladowe

*Dr K. Pokorska-Niewiada ORCID: 0000-0002-4835-8517; mgr M. Sadowska; dr hab. A. Witczak ORCID: 0000-0002-7705-2138, Katedra Toksykologii, Technologii Mleczarskiej i Przechowalnictwa Żywności, Wydział Nauk o Żywności i Rybactwa, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, ul. Papieża Pawła VI 3, 71-459 Szczecin; prof. dr hab. M. Szczuko ORCID: 0000-0002-7705-2138, Zakład Żywienia Człowieka i Metabolomiki, Wydział Nauk o Zdrowiu, Pomorski Uniwersytet Medyczny w Szczecinie, ul. Rybacka 1, 70-204 Szczecin.
Kontakt: e-mail: Kamila.pokorska@zut.edu.pl*

Wprowadzenie

Płatki śniadaniowe należą do najpopularniejszych i najczęściej wybieranych produktów zbożowych na świecie, klasyfikowanych jako przetworzone produkty zbożowe [1,2]. Zgodnie z Rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego [3] oznaczają żywność należąca do „prostych produktów zbożowych, które są lub muszą być przygotowane do spożycia poprzez dodanie mleka lub innych odpowiednio odżywczych płynów” lub „produktów zbożowych z dodatkiem składników wysokobiałkowych, które są lub muszą być przygotowane do spożycia poprzez dodanie wody lub innego płynu niezawierającego białka”.

Pierwiastki śladowe są niezbędne do przebiegu wielu różnych procesów biologicznych zachodzących we wszystkich organizmach żywych. Żelazo (Fe) odgrywa kluczową rolę w transporcie tlenu i elektronów, procesach metabolicznych i energetycznych, podziale i różnicowaniu komórek oraz w syntezie kwasu dezoksyrybonukleinowego [4]. Cynk (Zn) w organizmie człowieka stanowi składnik strukturalny, katalityczny i regulacyjny wielu procesów metabolicznych. Miedź (Cu) zapewnia prawidłowe funkcjonowanie układu nerwowego i aktywację neuropeptydów oraz jest niezbędna do syntezowania i utrzymywania mieliny [5,6]. Z kolei mangan (Mn) umożliwia prawidłowe funkcjonowanie układu immunologicznego, kostnego, syntezę hormonów steroidowych i neuroprzekaźników [5]. Te same pierwiastki mogą stać się jednak szkodliwe dla organizmu i powodować niekorzystne skutki zdrowotne, jeśli zgromadzą się w ilościach przekraczających ich dopuszczalne zawartości [7].

Obok pierwiastków niezbędnych w produktach spożywczych obecne są również pierwiastki, które w komórkach nie spełniają żadnej funkcji biologicznej i nawet w niskich stężeniach są wysoce toksyczne dla organizmu, m.in. kadm (Cd) i ołów (Pb) [8,9].

Biorąc pod uwagę popularność i częstość spożywania płatków śniadaniowych – szczególnie wśród dzieci, istotna z punktu widzenia żywieniowego wydaje się być analiza i ocena zawartości pierwiastków w tych produktach. Przeprowadzenie analizy umożliwi nie tylko oszacowanie pokrycia dziennego zapotrzebowania organizmu na dany mikroelement, ale także określenie ryzyka związanego z nadmierną podażą danego pierwiastka wraz z płatkami zbożowymi.

Materiał i metody badań

Materiał do badań stanowiło jedenaście rodzajów płatków śniadaniowych (A-K) zakupionych pięciokrotnie (płatki różniły się numerem partii) w lokalnym handlu detalicznym.

Tabela 1. Charakterystyka płatków zakupionych do badań

Table 1. Characteristics of flakes purchased for research

Rodzaj płatków / Type of flakes	Skład produktu deklarowany przez producenta / Product composition declared by the manufacturer	Grupa / Group
A	94% ziarno kukurydzy (bez GMO) / 94 % corn grain (non-GMO), cukier / sugar, sól / salt, emulgator: mono- i diglicerydy kwasów tłuszczowych / emulsifier: mono- and diglycerides of fatty acids, substancje wzbożające (witaminy E, B ₁ , B ₂ , B ₃ , B ₅ , B ₆ , B ₉ i żelazo) / enriching substances (vitamins: E, B ₁ , B ₂ , B ₃ , B ₅ , B ₆ , B ₉ and iron).	kukurydziane / corn
B	grys kukurydziany / maize grits (99,9%), cukier / sugar, sól / salt, glukoza / glucose, cukier brązowy / brown sugar, syrop cukru inwertowanego / invert sugar syrup, melasa cukru trzcinowego / cane sugar molasses, regulator kwasowości (fosforany sodu) / acidity regulator (sodium phosphates), substancje wzbożające (witaminy B ₂ , B ₃ , B ₅ , B ₆ , B ₉) / enriching substances (vitamins B ₂ , B ₃ , B ₅ , B ₆ , B ₉).	kukurydziane / corn
C	mąka pszenna pełnoziarnista / whole grain wheat flour (35%), czekolada w proszku / powdered chocolate (22,5%), cukier / sugar, kakao / cocoa (7,2%), mąka pszenna / wheat flour (17%), mąka kukurydziana / corn flour (15,2%), syrop glukozowy / glucose syrup, cukier / sugar, ekstrakt słodowy jęczmienny/ barley malt extract , olej palmowy i/lub słonecznikowy / palm oil and/or sunflower oil, emulgator (lecycyny) / emulsifier (lecithins), sól / salt, aromaty naturalne/ natural flavors, substancje wzbożające (wapń, żelazo i witaminy: B ₁ , B ₂ , B ₃ , B ₅ , B ₆ , B ₉) / enriching substances (calcium, iron and vitamins: B ₁ , B ₂ , B ₃ , B ₅ , B ₆ , B ₉).	wielozbożowe / multi-cereal
D	mąka pszenna pełnoziarnista / whole grain wheat flour (37%), mąka ryżowa / rice flour (28,5%), cukier/sugar, olej palmowy / palm oil, syrop glukozowy / glucose syrup, skrobia kukurydziana/ corn starch, substancja wypełniająca (węglan wapnia) / filling substance (calcium carbonate), sól/salt, cynamon/ cinnamon (0,3%), emulgator (lecycyny)/ emulsifier (lecithins), przeciwutleniacz (mieszanina tokoferoli) / antioxidant (mixture of tocopherols), ekstrakt słodowy jęczmienny ciemny/ dark barley malt extract , aromat naturalny / natural flavor, barwnik (annatto norbixyna) / colorant (annatto norbixin), substancje wzbożające (żelazo i witaminy B ₃ , B ₅ , B ₆ , B ₂ , B ₁ , B ₉ , D) /enriching substances (iron and vitamins: B ₁ , B ₂ , B ₃ , B ₅ , B ₆ , B ₉ , D).	wielozbożowe / multi-cereal
E	mąka pszenna pełnoziarnista / whole grain wheat flour (34,6%), mąka kukurydziana / corn flour (28,3%), cukier / sugar, syrop glukozowy / glucose syrup, skrobia pszenna / wheat starch, olej palmowy / palm oil, mąka pszenna/ wheat flour (2,4%), kakao o obniżonej zawartości tłuszczu/ low-fat cocoa, sól/salt, substancja spulchniająca (wodorowęglan sodu) / raising agent (sodium bicarbonate), aromat naturalny / natural flavor, przeciwutleniacz (mieszanina tokoferoli) / antioxidant (mixture of tocopherols), substancje wzbożające (wapń, żelazo i witaminy: B ₂ , B ₃ , B ₅ , B ₆ , B ₉ , D) / enriching substances (calcium, iron and vitamins: B ₂ , B ₃ , B ₅ , B ₆ , B ₉ , D).	wielozbożowe / multi-cereal
F	mąka owsiana pełnoziarnista / whole wheat oat flour (27,2%), mąka pszenna pełnoziarnista / whole grain wheat flour (27,8%), cukier / sugar, mąka jęczmienna pełnoziarnista / whole wheat barley flour (16,8%), skrobia pszenna / wheat starch, miód / honey (3,5%), mąka kukurydziana pełnoziarnista / whole wheat corn flour 2%, mąka ryżowa pełnoziarnista / whole wheat rice flour 2%, syrop cukru inwertowanego / invert sugar syrup, sól / salt, olej słonecznikowy / sunflower oil, melasa / molasses, przeciwutleniacz (mieszanina tokoferoli) / antioxidant (mixture of tocopherols), aromat naturalny / natural aroma, substancje wzbożające (wapń, żelazo i witaminy C, B ₂ , B ₃ , B ₅ , B ₆ , B ₉ , D) / enriching substances (calcium, iron and vitamins: C, B ₂ , B ₃ , B ₅ , B ₆ , B ₉ , D).	wielozbożowe / multi-cereal
G	mąka pszenna pełnoziarnista/whole grain wheat flour (53,1%), cukier/sugar, mąka kukurydziana / corn flour (17,2%), syrop glukozowy / glucose syrup, kakao o obniżonej zawartości tłuszczu / low-fat cocoa (5,6%), substancja wzbo-	wielozbożowe / multi-cereal

	gacająca (wapń, żelazo, witaminy: B ₃ , B ₅ , B ₂ , B ₆ , B ₁ , B ₉ , D) / enriching substance (calcium, iron, vitamins: B ₃ , B ₅ , B ₂ , B ₆ , B ₁ , B ₉ , D), zawiera olej słonecznikowy i/lub palmowy / contains sunflower oil and/or palm oil, sól / salt, aromaty naturalne / natural flavors,.	
H	płatki owsiane błyskawiczne (100%) / instant oat flakes	owsiane / oatmeal
I	płatki owsiane górskie (100%) / mountain oat flakes	owsiane / oatmeal
J	płatki jęczmienne (100%) / barley flakes (100%)	jęczmienne / barley
K	płatki żytnie (100%) / rye flakes (100%)	żytnie / rye

Explanatory notes / objaśnienia:

Opracowanie własne na podstawie składu deklarowanego przez producentów / Own study based on the composition declared by producers.

Na podstawie składu zbóż deklarowanego przez producentów płatki podzielono na pięć grup: kukurydziane, owsiane, jęczmienne, żytnie oraz wielozbożowe (tab. 1). Z każdego opakowania do dalszych analiz pobierano 20 g, które rozdrabniano w moździerzu agatowym, w celu ujednoczenia próbki. Następnym krokiem było przygotowanie próbek (w trzech powtórzeniach) do mineralizacji. W tym celu naważano $0,5 \pm 0,001$ g płatków i dodawano 3 cm^3 stężonego kwasu azotowego (69 % Merck KGaA, Darmstadt, Niemcy), a następnie próbki mineralizowano techniką mikrofalową w aparacie MDS-2000 (CEM Corp., Matthews, NC, USA). Po zakończonej mineralizacji i schłodzeniu prób, roztwór przenoszono ilościowo do uprzednio zważonych butelek polietylenowych i rozcieńczano za pomocą wody dejonizowanej ($0,05 \mu\text{S}/\text{cm}$ Barnstead™ GenPure™ Pro, Thermo Scientific, Hennigsdorf, Niemcy) do objętości 20 cm^3 . Otrzymane roztwory przetrzymywano w butelkach LDPE (Hünersdorff GmbH, Ludwigsburg, Niemcy) w temperaturze pokojowej do czasu wykonania analiz, nie dłużej niż 24 h.

Zawartość Fe, Zn, Cu i Mn oznaczono metodą emisyjnej spektrometrii atomowej w plazmie indukcyjnie sprzężonej (ICP-AES) w aparacie Yobin Yvon JY-24 zaopatrzonej w nebulizer Meinhard TR 50-C. Pierwiastki oznaczono przy długości fali (nm): Cu - 237,4; Fe - 238,2; Mn - 257,6; Zn - 213,9.

Kadm i ołów oznaczono metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej z atomizacją elektrotermiczną w kuwecie grafitowej z korekcją tła Zeemana (GF-AAS) w aparacie Perkin Elmer ZL 4110. Kadm oznaczono przy dł. fali 228,8 nm, a ołów – 283,3 nm. Wzorce kalibracyjne do oznaczeń przygotowano poprzez rozcieńczenie objętościowe jednoelementowego wzorca kalibracyjnego wyżej wymienionych pierwiastków w kolbach miarowych z użyciem 0,2-procentowego HNO_3 (Cd, Pb) lub 15-procentowego HNO_3 (Fe, Zn, Cu, Mn).

W celu określenia granic wykrywalności (LOD) oznaczono zawartość pierwiastków w roztworach zerowych (zawierających jedynie kwas azotowy i wodę dejonizowaną). LOD i LOQ analizowanych pierwiastków śladowych obliczono z odchyłek standardowych (SD) dziesięciu pomiarów próbek zerowych (równanie 1) [10].

$$\text{LOD} = 3 \times \text{SD} \qquad \text{LOQ} = 10 \times \text{SD} \qquad [1]$$

Jakość oznaczeń weryfikowano (co dwanaście próbek) na podstawie wartości współczynników kalibracyjnych. Przyjęto granicę wartości współczynnika kalibracji $\geq 0,995$. Precyzja zastosowanej procedury analitycznej została zweryfikowana na certyfikowanym materiale odniesienia INCT – MPH-2 (ICHTJ, Polska) (tab. 2).

Tabela 2. Wartości granicy wykrywalności (LOD), oznaczalności (LOQ) oraz weryfikacja precyzji zastosowanej procedury analitycznej

Table 2. Values of the limit of detection (LOD) and quantification (LOQ) and verification of the precision of the applied analytical procedure

Pierwiastek/Element	LOD [$\mu\text{g}/\text{kg}$]	LOQ [$\mu\text{g}/\text{kg}$]	Odzysk [%]	CV [%]
żelazo/ iron	1,2	4,0	96,6	4,3
cynk/ zinc	3,1	10,3	97,9	4,6
miedź/copper	2,9	9,7	98,0	3,7
mangan/manganese	0,8	2,6	98,3	3,8
kadm/ cadmium	0,1	0,4	98,1	3,0
ołów/ lead	1,3	4,3	99,1	2,5

Explanatory notes / objaśnienia:

CV – współczynnik zmienności / coefficient of variation

Stopień pokrycia zalecanego dziennego pobrania (RDA - Recommended Dietary Allowances) Fe, Zn, Cu i Mn wraz ze spożyciem płatków śniadaniowych określano w oparciu o polskie normy [5]. Założono, że konsument spożywa dziennie rekomendowaną przez producentów płatków śniadaniowych porcję wynoszącą 30 gram.

Ocenę ryzyka zdrowotnego wynikającego z narażenia konsumentów na pierwiastki dostarczane organizmowi wraz ze zbożowymi płatkami śniadaniowymi określono na podstawie następujących parametrów:

a) Szacowane dzienne spożycie (EDI – Estimation of daily intake) (równanie 2)

$$\text{EDI} = \frac{\text{MS} \times \text{C}}{\text{MC}} \left[\frac{\text{mg}}{\text{kg}} \text{ masy ciała/dzień} \right] \qquad [2]$$

MS – średnie dzienne spożycia płatków śniadaniowych – 5,3 g/dzień [11]; C – zawartość pierwiastka w analizowanych płatkach śniadaniowych (mg/kg); MC – średnia masa ciała osoby dziecka (30 kg), osoby dorosłej (70 kg).

b) Tymczasowe tolerowane tygodniowe spożycie (PTWI – Provisional Tolerable Weekly Intake) (równanie 3)

$$\text{PTWI} = \text{PTWI}' \text{ (wyznaczone dla danego pierwiastka)} \times \text{MC} \qquad [3]$$

PTWI – dla Pb wynosi 25 $\mu\text{g}/\text{kg}$; dla Cd – 7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ [12]; MC – średnia masa dziecka (30 kg), osoby dorosłej (70 kg).

c) Docelowy współczynnik ryzyka (THQ – Target Hazard Quotient) (równanie 4)

$$\text{THQ} = \frac{\text{EF} \times \text{ED} \times \text{MS} \times \text{C}}{\text{RfD} \times \text{MC} \times \text{AT}} \times 10^{-3} \quad [4]$$

EF – częstotliwość narażenia na pierwiastek (365 dni/rok); ED – czas trwania ekspozycji (70 lat); MS – średnie dzienne spożycie płatków śniadaniowych – 5,3 g/dzień [11]; C – zawartość pierwiastka w analizowanych płatkach śniadaniowych (mg/kg); RfD – doustna dawka referencyjna pierwiastka (m/kg mc/dzień) – Fe = 0,7; Zn = 0,3; Cu = 0,04; Mn = 0,14; Cd = 0,001; Pb = 0,004 [12]; MC – średnia masa ciała dziecka (30 kg), osoby dorosłej (70 kg); AT – uśredniony czas ekspozycji na nierakotwórczy pierwiastek (365 dni x 70 lat).

d) Wskaźnik ryzyka (HI – Hazard Index) (równanie 5)

$$\text{HI} = \sum_{i=0}^n \text{THQ} \quad [5]$$

THQ – Docelowy współczynnik ryzyka obliczony według równania 4.

Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem programu Statistica 13.3 (Statsoft, Kraków, Poland) i przedstawiono je jako średnie arytmetyczne z odchyleniami standardowymi (SD) oraz wartościami minimalnymi i maksymalnymi. Do przetestowania korelacji między zmiennymi wykorzystano korelację Pearsona. Istotność różnic sprawdzono za pomocą testu post-hoc Tukeya ($p < 0,05$).

Wyniki i dyskusja

Przeprowadzona analiza wykazała, że badane płatki zbożowe różnią się między sobą zawartością oznaczanych pierwiastków śladowych (tab. 3, rys. 1A, rys. 1B). Najwyższą średnią zawartość żelaza stwierdzono w płatkach wielozbożowych (rys. 1A), przy czym wszystkie płatki różniły się statystycznie między sobą ($p < 0,05$) pod tym względem. Zbliżone wartości deklarowali producenci tych płatków (93,6 mg/kg), zaś według włoskiej Bazy Danych Składu Żywności (BDA) średnia zawartość żelaza w płatkach wielozbożowych jest zdecydowanie niższa (28 mg/kg) [13].

W płatkach kukurydzianych stwierdzono średnio 50,5 mg/kg żelaza, co jest wynikiem wzbogacenia ich składu w ten pierwiastek. Podobne stwierdzili Perera i wsp. [14]. Kunachowicz i wsp. [15] wskazali znacznie niższe ilości (8 mg/kg). W płatkach owsianych stwierdzono średnio 35,1 mg/kg żelaza, podobne wyniki uzyskali też Berski i wsp. [16]. Inni autorzy stwierdzili nieco wyższe wartości tego pierwiastka [1, 15, 17,18]. Według Kunachowicz i wsp. [15] zawartość żelaza w płatkach jęczmiennych

i żytnich była znacznie wyższa i wynosiła odpowiednio 36 mg/kg oraz 27 mg/kg tego pierwiastka.

Tabela 3. Zakres minimalnej i maksymalnej zawartości pierwiastków w płatkach śniadaniowych [mg/kg]

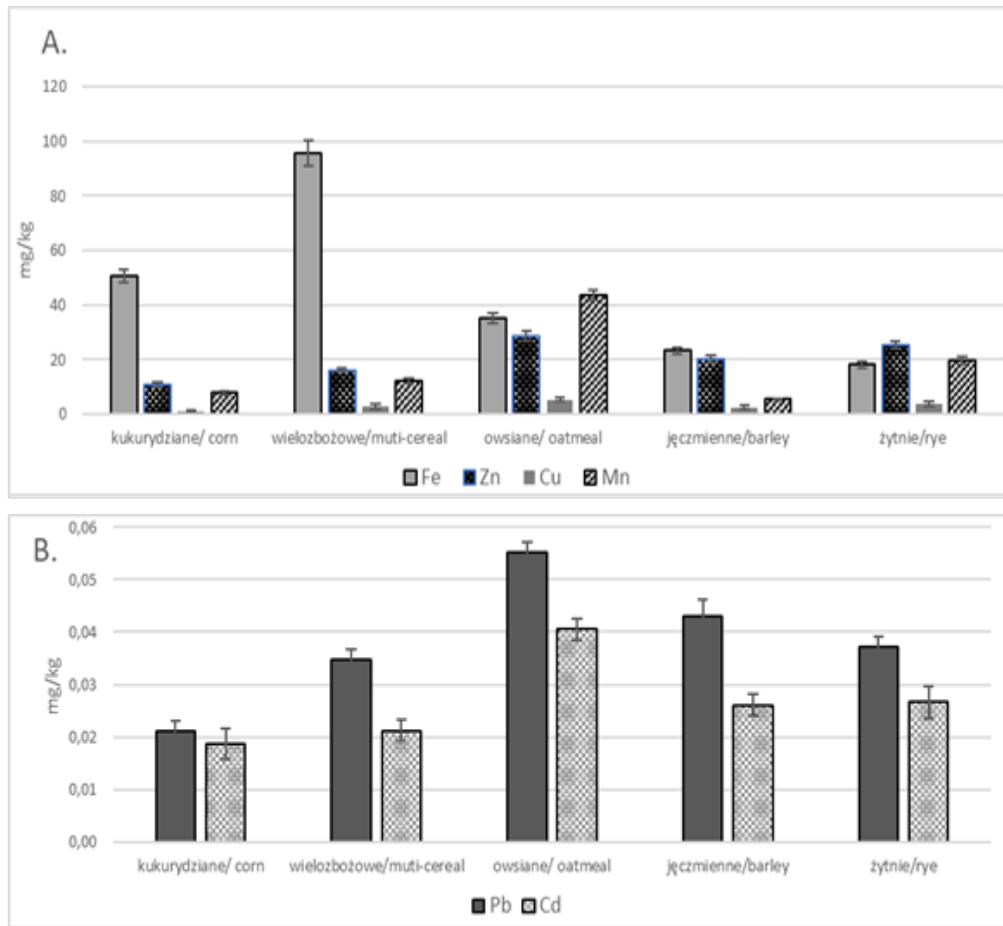
Table 3. Range of minimum and maximum element content of breakfast cereals [mg/kg]

Rodzaj płatków / Type of flakes	żelazo / iron	cynk / zinc	miedź / copper	mangan / manganese	kadm / ca- dmium	ołów / lead
	zakres / range: min-max [mg/kg]					
A	91,0 ÷ 103,5	17,13 ÷ 20,45	1,82 ÷ 2,12	12,82 ÷ 16,93	0,017 ÷ 0,030	0,016 ÷ 0,034
B	6,1 ÷ 8,0	1,96 ÷ 2,80	0,35 - 0,56	0,40 ÷ 0,60	0,007 ÷ 0,022	0,006 ÷ 0,030
C	104,1 ÷ 116,2	17,41 ÷ 19,27	3,51 - 3,88	14,82 ÷ 16,82	0,011 ÷ 0,027	0,019 ÷ 0,040
D	64,6 ÷ 73,3	12,05 ÷ 14,01	1,92 - 2,24	9,18 ÷ 12,85	0,017 ÷ 0,026	0,014 ÷ 0,039
E	71,2 ÷ 77,7	13,96 ÷ 16,12	3,02 - 3,28	10,06 ÷ 12,43	0,017 ÷ 0,026	0,027 ÷ 0,048
F	115,9 ÷ 128,4	18,83 ÷ 23,07	2,47 - 2,93	10,23 ÷ 12,64	0,012 ÷ 0,035	0,033 ÷ 0,062
G	101,4 ÷ 109,1	12,36 ÷ 16,17	3,23 ÷ 3,62	10,25 ÷ 14,06	0,017 ÷ 0,026	0,020 ÷ 0,039
H	30,2 ÷ 37,0	26,10 ÷ 29,18	4,99 ÷ 5,91	41,27 ÷ 45,12	0,028 ÷ 0,043	0,046 ÷ 0,067
I	34,0 ÷ 41,8	28,00 ÷ 31,14	5,14 ÷ 6,01	41,37 ÷ 47,01	0,038 ÷ 0,052	0,047 ÷ 0,066
J	20,0 ÷ 28,2	19,71 ÷ 21,64	2,42 ÷ 2,69	5,01 ÷ 6,10	0,020 ÷ 0,030	0,027 ÷ 0,061
K	14,2 ÷ 22,0	24,07 ÷ 26,73	3,00 ÷ 4,26	17,62 ÷ 20,88	0,018 ÷ 0,033	0,027 ÷ 0,044

Explanatory notes / Objasnienia:

A – płatki kukurydziane z witaminami i żelazem/ corn flakes with vitamins and iron; B – płatki kukurydziane / corn flakes; C – płatki wielozbożowe: muszelki czekoladowe / multi-cereal flakes: chocolate shells; D – płatki wielozbożowe: cynamonowe / multi-cereal flakes: cinnamon; E – płatki wielozbożowe: miasteczkowe / multi-cereal flakes: cookies; F – płatki wielozbożowe: miodowe / multi-cereal flakes: honey; G – płatki wielozbożowe: kuleczki czekoladowe / multi-cereal flakes: chocolate balls; H – płatki owsiane błyskawiczne/ instant oatmeal; I – płatki owsiane górskie / mountain oat flakes; J – płatki jęczmienne / barley flakes; K – płatki żytnie / rye flakes.

Badane rodzaje płatków różniły się istotnie ($p < 0,05$) między sobą pod względem zawartości cynku (rys. 1A). Średnia zawartość cynku ze wszystkich rodzajów płatków wynosiła 18,63 mg/kg i była zbliżona do badań innych autorów [19, 20]. W analizowanych płatkach owsianych ilość cynku była porównywalna do badań innych autorów [1, 15, 18, 20]. Niższe ilości zaobserwowali natomiast Berski i wsp. [16] oraz Kot i wsp. [6] - odpowiednio 25,46 mg/kg oraz 24,91 mg/kg tego pierwiastka, natomiast blisko dziewięciokrotnie mniej stwierdzili Filipiak-Florkiewicz i wsp. [21]. Średnia zawartość cynku w płatkach żytnich wynosiła 25,24 mg/kg, co stanowiło wartość porównywalną do ilości podawanej przez wielu autorów [15, 20]. Według innych autorów zawartość tego pierwiastka w płatkach żytnich była znacznie niższa [1, 21].



Rys. 1. Porównanie średniej zawartości analizowanych pierwiastków w różnych rodzajach analizowanych płatków śniadaniowych. A – mikroelementy B – toksyczne pierwiastki śladowe. (odchylenie standardowe: kukurydziane Fe = 2,38; Zn = 0,99; Cu = 0,46; Mn = 0,81; Pb = 0,002; Cd = 0,003; wielozbożowe Fe = 4,86; Zn = 0,83; Cu = 0,91; Mn = 1,0; Pb = 0,002; Cd = 0,002; owsiane Fe = 1,83; Zn = 1,75; Cu = 0,85; Mn = 2,0; Pb = 0,002; Cd = 0,002 ; jęczmienne Fe = 1,0; Zn = 1,59; Cu = 0,83; Mn = 0,38; Pb = 0,003; Cd = 0,002; żytnie Fe = 0,98; Zn = 1,28; Cu = 0,85; Mn = 1,32; Pb = 0,002; Cd = 0,003).

Fig.1. Comparison of the average content of the analyzed elements in different types of the analyzed breakfast flakes. A – microelements, B – toxic trace elements. (standard deviation: corn: Fe= 2.38; Zn = 0.99; Cu = 0.46; Mn = 0.81; Pb = 0.002; Cd = 0.003; multi-cereal Fe = 4.86; Zn = 0.83; Cu = 0.91; Mn = 1.0; Pb = 0.002; Cd = 0.002; oatmeal Fe = 1.83; Zn = 1.75; Cu = 0.85; Mn = 2.0; Pb = 0.002; Cd = 0.002; barley Fe = 1.0; Zn = 1.59; Cu = 0.83; Mn = 0.38; Pb = 0.003; Cd = 0.002; rye Fe = 0.98; Zn = 1.28; Cu = 0.85; Mn = 1.32; Pb = 0.002; Cd = 0.003).

Analizowane grupy płatków różniły się statystycznie ($p < 0,05$) między sobą pod względem zawartości miedzi (rys. 1A). Najwyższą zawartością miedzi charakteryzowały się płatki owsiane, w których stwierdzono porównywalną ilość jak w badaniach Kunachowicz i wsp. [15]. Wielu autorów stwierdziło znacznie niższe zawartości miedzi, m.in. Kot i wsp. [6] 2,9 mg/kg; Berski i wsp. [16] 3,04 mg/kg i Achremowicz i wsp. [18] 3,17 mg/kg. W płatkach żytnich stwierdzona średnia zawartość miedzi 3,72 mg/kg była wyższa od ilości deklarowanej przez innych badaczy [1, 15]. Płatki wielozbożowe zawierały porównywalne ilości miedzi do deklarowanych przez bazę danych o składzie żywności do badań epidemiologicznych we Włoszech (BDA) [13] – 2,6 mg/kg, a także prawie o 36 % wyższa, niż poziom oznaczony w badaniu Kot i wsp. [6] – 1,86 mg/kg.

Średnia zawartość manganu w analizowanych płatkach wynosiła 17,22 mg/kg, co stanowiło wartość nieco niższą od oznaczonej przez Winiarską-Mieczan i wsp. (21,38 mg/kg) [19]. Najwyższą zawartością tego pierwiastka charakteryzowały się płatki owsiane – 43,70 mg/kg (rys. 1A). Zbliżony poziom stwierdzili m.in. Kunachowicz i wsp. [15] – 41,9 mg/kg, Achremowicz i wsp. [1] – 41,22 mg/kg oraz Berski i wsp. [16] – 38,5 mg/kg. Podobnie, wielu badaczy zaobserwowało wyższe stężenia manganu [15, 17]. Ponadto wykazano, że płatki kukurydziane zawierały 7,84 mg/kg manganu, co stanowiło dziesięciokrotnie wyższą ilość od deklarowanej przez Kunachowicz i wsp. [15].

Przeprowadzono również analizę zawartości w płatkach pierwiastków szkodliwych. Maksymalną zawartością kadmu charakteryzowały się płatki owsiane górskie – I, w których oznaczono 0,052 mg/kg tego pierwiastka (tab.3). Oznaczone ilości kadmu nie przekraczały jednak maksymalnie dopuszczalnych poziomów tego pierwiastka [22]. Oznaczona zawartość kadmu w płatkach owsianych (rys. 1B) była porównywalna do ilości oznaczonych przez Achremowicza i wsp. [18] – 0,039 mg/kg. Inni autorzy stwierdzili nieco niższe ilości, odpowiednio 0,03 mg/kg [1]; 0,027 mg/kg [7] i 0,024 mg/kg [23]. Średnia zawartość kadmu w płatkach kukurydzianych wynosiła 0,019 mg/kg i była wyższa niż w ilości stwierdzanej w badaniach Orzeł i Styczyńskiej [9] – 0,009 mg/kg oraz Siebielec i Siebielca [7] – 0,001 mg/kg. Znacznie wyższą zawartość kadmu w płatkach kukurydzianych stwierdzili natomiast Fiłon i wsp. [24], która wynosiła 0,035 mg/kg. Stwierdzone ilości kadmu w płatkach owsianych (0,041 mg/kg) były znacznie niższe od ilości stwierdzonych przez wielu autorów [1, 7, 8, 16], u których ilość kadmu wahała się w przedziale 0,053 ÷ 0,070 mg/kg. Odnosząc się do zawartości kadmu w płatkach wielozbożowych (0,021 mg/kg) stwierdzono, że oznaczone ilości były nieznacznie wyższe od poziomów podawanych przez innych autorów [7] – 0,019 mg/kg.

Badając zawartość ołowiu wykazano, że maksymalne ilości tego pierwiastka występowały w płatkach owsianych błyskawicznych – H (tab. 3), ale różnice statystycznie

istotne ($p < 0,05$) występowały jedynie pomiędzy płatkami owsianymi a kukurydzianymi (rys. 1B). Podobnie jak przy oznaczeniu ilości kadmu, oznaczone zawartości ołowiu nie przekraczały maksymalnie dopuszczalnych poziomów tego pierwiastka w zbożach określonych w Rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego [22]. Średnia zawartość ołowiu w analizowanych płatkach wielozbożowych wynosiła 0,035 mg/kg i była prawie trzykrotnie wyższa od oznaczonej przez Siebielec i Siebielca [7]. Analizowane płatki kukurydziane zawierały 0,021 mg/kg ołowiu. Znacznie niższe ilości stwierdzili Siebielec i Siebielec [7] – 0,002 mg/kg, natomiast inni autorzy zaobserwowali wartości wyższe, odpowiednio 0,131 mg/kg [23] oraz – 0,300 mg/kg [8] ołowiu w płatkach.

Pojawiające się rozbieżności dotyczące zawartości pierwiastków w płatkach śniadaniowych, pomiędzy wynikami uzyskanymi w niniejszej analizie a wynikami innych autorów, wynikają z kilku przyczyn. Jednym z powodów jest porównywanie badań przeprowadzanych na płatkach śniadaniowych wytwarzanych z różnych ziaren zbóż. W skład porównywanych płatków wielozbożowych wchodziły różne rodzaje zbóż w odmiennych proporcjach, co przełożyło się na znaczne zróżnicowanie w poziomach składników mineralnych. Wiąże się to również z odmiennymi warunkami uprawy, wymaganiami i sposobem nawożenia gleby oraz ewentualnym stosowaniem preparatów wzbogacających w składniki mineralne.

Ponadto, ze względu na powszechnie występujące w diecie niedobory witamin i składników mineralnych, wśród których najczęściej obserwowany jest zbyt niski poziom żelaza, producenci dążą do zmniejszenia deficytów oraz zwiększenia podaży tego pierwiastka wraz z dietą. Wobec powyższego, firmy często wzbogacają swoje produkty w żelazo oraz inne składniki mineralne [4]. Wyjaśnia to znaczne rozbieżności w ilościach żelaza w płatkach śniadaniowych, szczególnie w wielozbożowych oraz kukurydzianych, które były fortyfikowane w różnym stopniu. Z kolei różnice w zawartości kadmu i ołowiu w płatkach śniadaniowych prawdopodobnie wynikały z porównywania produktów wytwarzanych ze zbóż z obszarów o zróżnicowanym stopniu uprzemysłowienia [25].

W celu określenia wartości dziennego zapotrzebowania na poszczególne pierwiastki, odniesiono się do norm żywienia dla populacji Polski [5]. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że konsumpcja 1 porcji płatków kukurydzianych pokrywa około $\frac{1}{5}$ rekomendowanego spożycia żelaza oraz manganu wśród dzieci w wieku 1 ÷ 3 lata (tab. 4). Wykazano również, że płatki kukurydziane tylko w niewielkim stopniu pokrywają dzienne zapotrzebowanie na cynk oraz miedź we wszystkich analizowanych grupach wiekowych (tab. 4).

Tabela 4. Pokrycie zalecanego dziennego spożycia pierwiastków (mg/dobę) wraz z porcją (30 g) analizowanych płatków
 Table 4. The coverage of the recommended daily intake of elements (mg/day) with a portion (30 g) of the analyzed cereals

Pierwiastek Element	Rodzaj płatków Type of flakes	dzieci/children			chłopcy/boys		dziewczęta / girls		mężczyźni / men	kobiety / women
		1 ÷ 3 lata / years	4 ÷ 6 lat / years	7 ÷ 9 lat / years	10 ÷ 12 lat / years	13 ÷ 18 lat / years	10 ÷ 12 lat / years	13 ÷ 18 lat / years		
Fe mg/24 h	kukurydziane / corn	21,6	15,1	15,1	15,1	12,6	15,1	15,1	15,1	8,4
	wielozbożowe / multi-cereal	41,0	28,7	28,7	28,7	23,9	28,7	19,1	28,7	15,9
	owsiane / oatmeal	15,0	10,5	10,5	10,5	8,8	10,5	7,0	10,5	5,8
	jęczmienne / barley	10,0	7,0	7,0	6,7	5,8	7,0	4,7	7,0	3,9
	żytnie / rye	7,8	5,4	5,4	5,4	4,5	5,4	3,6	5,4	3,0
Zn mg/24 h	kukurydziane / corn	10,7	6,4	6,4	4,0	2,9	4,0	3,6	2,9	4,0
	wielozbożowe / multi-cereal	16,2	9,7	9,7	6,1	4,4	6,1	5,4	4,4	6,1
	owsiane / oatmeal	28,7	17,2	17,2	10,8	7,8	10,8	9,6	7,8	10,8
	jęczmienne / barley	20,2	12,1	12,1	7,6	5,5	7,6	6,7	5,5	7,6
	żytnie / rye	25,2	15,1	15,1	9,5	6,9	9,5	8,4	6,9	9,5
Cu mg/24 h	kukurydziane / corn	12,1	9,1	5,2	5,2	4,0	5,2	4,0	4,0	4,0
	wielozbożowe / multi-cereal	30,0	22,5	12,9	12,9	10,0	12,9	10,0	10,0	10,0
	owsiane / oatmeal	54,3	40,7	23,3	23,3	18,1	23,3	18,1	18,1	18,1
	jęczmienne / barley	25,5	19,1	10,9	10,9	8,5	10,9	8,5	8,5	8,5
	żytnie / rye	37,2	27,9	15,9	15,9	12,4	15,9	12,4	12,4	12,4
Mn mg/24 h	kukurydziane / corn	19,6	15,7	15,7	12,4	10,7	14,7	14,7	10,2	13,1
	wielozbożowe / multi-cereal	30,6	24,5	24,5	19,3	16,7	22,9	22,9	16,0	20,4
	owsiane / oatmeal	109,2	87,4	87,4	69,0	59,6	81,9	81,9	57,0	72,8
	jęczmienne / barley	13,7	11,0	11,0	8,7	7,5	10,3	10,3	7,2	9,2
	żytnie / rye	49,1	39,3	39,3	31,0	26,8	36,8	36,8	25,6	32,7

Jednorazowe spożycie płatków wielozbożowych dostarcza również około $\frac{1}{4}$ zalecanego dziennego spożycia żelaza wśród większości populacji polskiej (tab. 4), natomiast konsumpcja płatków owsianych w znacznym stopniu pokrywa dzienne zapotrzebowanie na mangan we wszystkich grupach wiekowych. U dzieci w wieku od 4 do 9 lat płatki owsiane mogą pokryć blisko w 90 % zalecane dzienne spożycie Mn, natomiast wśród dzieci w wieku 1 ÷ 3 lata rekomendowana dawka jest nawet nieznacznie przekroczona (tab. 4). Należy jednak mieć na uwadze, że ten rodzaj płatków nie jest zbyt często spożywany przez dzieci.

Płatki jęczmienne dostarczają niewielkie ilości mikroelementów. Spożycie jednej porcji tych płatków może zaspokoić w $\frac{1}{5}$ rekomendowaną ilość cynku oraz w $\frac{1}{4}$ zalecaną dzienną porcję miedzi wśród dzieci w wieku od 1 do 3 lat (tab. 4). Spożywanie płatków żytnich pokrywa $\frac{1}{4}$ dziennego zapotrzebowania na mangan wśród mężczyzn oraz chłopców w wieku od 13 do 18 lat (tab. 4).

Określono ryzyko zdrowotne wynikające z narażenia konsumentów na pierwiastki dostarczane organizmowi codziennie (EDI) wraz z płatkami śniadaniowymi (tab. 5). Stwierdzono, że największe ilości żelaza – zarówno wśród dzieci, jak i osób dorosłych – są pobierane wraz ze spożyciem płatków wielozbożowych, natomiast największe ilości cynku oraz manganu - płatków owsianych (tab. 5). Szacuje się również, że w ujęciu ogólnym najwięcej mikroelementów dostarcza spożycie płatków wielozbożowych, natomiast najmniej – konsumpcja płatków jęczmiennych. W odniesieniu do pierwiastków szkodliwych dla zdrowia oszacowano, że największe pobranie kadmu i ołowiu u dzieci następuje wraz ze spożyciem płatków owsianych. U osób dorosłych to ryzyko jest mniejsze (tab. 5).

W celu określenia ryzyka zdrowotnego związanego z pobraniem wraz z porcją płatków śniadaniowych pierwiastków szkodliwych odniesiono się do współczynnika PTWI. Wykazano, że oszacowane ilości tygodniowego spożycia są wielokrotnie niższe od wartości tymczasowo tolerowanych (tab. 5).

Parametry te określają możliwość wystąpienia niepożądanego działania zdrowotnego, innego niż rakotwórczy, w wyniku długoterminowego narażenia na dany czynnik toksyczny (THQ) [26] lub wynikającego z łącznego narażenia na działanie wielu substancji potencjalnie szkodliwych (HI) [27].

Uzyskane wielkości współczynników przyrównuje się do wartości krytycznej = 1. I, gdy parametr THQ jest mniejszy lub równy liczbie krytycznej ($THQ \leq 1$) można wnioskować, że dzienna ekspozycja na tym poziomie nie wywoła negatywnych skutków zdrowotnych [26], natomiast dla $HQ < 1$ prawdopodobieństwo wystąpienia działań niepożądanych nie jest większe niż podczas narażenia na każdą substancję oddzielnie [27]. Jeśli natomiast wartość współczynników jest większa lub równa liczbie

Tabela 5. Dzielne pobranie pierwiastków śladowych (EDI) oraz tymczasowe tolerowane tygodniowe pobranie (PTWI) ołowiu oraz kadmu wraz z 30 g porcją płatków śniadaniowych

Table 5. Daily trace element intake (EDI) and Provisional Tolerable Weekly Intake (PTWI) of lead and cadmium with a 30 g portion of breakfast cereal

Grupa wiekowa / Age group	Rodzaj płatków / Type of flakes	EDI [mg/kg masy ciała dzień] / [mg/kg body weight day]						Szacowane tygodniowe spożycie / Estimated weekly intake	PTWI	Szacowane tygodniowe spożycie / Estimated weekly intake	PTWI
		Fe	Zn	Cu	Mn	Pb	Cd	Pb [mg/kg masy ciała/ body weight]	Cd [mg/ kg masy ciała/ body-weight]		
dziecko / infant	kukurydziane / corn	8,9	1,9	0,2	1,4	0,004	0,003	0,026	0,75	0,023	0,21
	wielozbożowe / multi-cereal	16,9	2,9	0,5	2,2	0,006	0,004	0,043		0,026	
	owsiane / oatmeal	6,2	5,1	1,0	7,7	0,010	0,007	0,068		0,050	
	jęczmienne / barley	4,1	3,6	0,5	1,0	0,008	0,005	0,053		0,032	
	żytnie / rye	3,2	4,5	0,7	3,5	0,007	0,005	0,046		0,033	
osoba dorosła / adult	kukurydziane / corn	3,8	0,8	0,1	0,6	0,002	0,001	0,011	1,75	0,010	0,49
	wielozbożowe / multi-cereal	7,2	1,2	0,2	0,9	0,003	0,002	0,018		0,011	
	owsiane / oatmeal	2,6	2,2	0,4	3,3	0,004	0,003	0,029		0,022	
	jęczmienne / barley	1,8	1,5	0,2	0,4	0,003	0,002	0,023		0,014	
	żytnie / rye	1,4	1,9	0,3	1,5	0,003	0,002	0,020		0,014	

Explanatory notes / Objasnienia:

EDI – Szacowane dzielnne spożycie / Estimation of daily intake; PTWI – Tymczasowe tolerowane tygodniowe spożycie / Provisional Tolerable Weekly Intake

Tabela 6. Szacowane wartości docelowego współczynnika ryzyka – THQ oraz HI

Table 6. Estimated Target Risk Factor – THQ and HI

Grupa wiekowa / Age group	Rodzaj płatków / Type of flakes	Docelowy współczynnik ryzyka / Target Hazard Quotient (THQ)						HI
		Fe	Zn	Cu	Mn	Pb	Cd	
Dzieci / infant	kukurydziane / corn	0,013	0,0063	0,0053	0,0099	0,0009	0,0033	0,038
	wielozbożowe / multi-cereal	0,024	0,0095	0,0132	0,0154	0,0015	0,0037	0,067
	owsiane / oatmeal	0,009	0,0169	0,0240	0,0551	0,0024	0,0072	0,114
	jęczmienne / barley	0,006	0,0119	0,0112	0,0069	0,0019	0,0046	0,042
	żytnie / rye	0,005	0,0149	0,0164	0,0248	0,0016	0,0047	0,067
Osoby dorosłe / adult	kukurydziane / corn	0,006	0,0027	0,0023	0,0042	0,0004	0,0014	0,017
	wielozbożowe / multicereal	0,010	0,0041	0,0057	0,0066	0,0007	0,0016	0,029
	owsiane / oatmeal	0,004	0,0072	0,0103	0,0236	0,0010	0,0031	0,049
	jęczmienne / barley	0,003	0,0051	0,0048	0,0030	0,0008	0,0020	0,018
	żytnie / rye	0,002	0,0064	0,0070	0,0106	0,0007	0,0020	0,029

Explanatory notes / objaśnienia:

HI – Wskaźnik ryzyka / Hazard index Porównując uzyskane wyniki do liczby krytycznej spostrzeżono, że wszystkie oszacowane wartości – zarówno parametru THQ, jak i HI, były znacząco niższe od wartości granicznej (THQ < 1, HI < 1) (tab. 6). Oznacza to, że spożycie płatków śniadaniowych nie stwarza ryzyka zdrowotnego związanego z narażeniem konsumentów na negatywne oddziaływanie pierwiastków wprowadzanych do organizmu wraz z konsumpcją tych płatków.

krytycznej ($THQ \geq 1$, $HQ > 1$), można zakładać, że w wyniku narażenia na dany czynnik toksyczny istnieje potencjalne zagrożenie dla zdrowia [26, 27]. W pracy określono również współczynniki ryzyka – THQ oraz HI (tab. 6).

Wnioski

1. Płatki śniadaniowe stanowią dobre, ale zróżnicowane źródło pierwiastków śladowych. Różnice w ich zawartości można wyjaśnić m.in. różnorodnością wykorzystanych zbóż. Stwierdzono, że płatki wielozbożowe stanowią najlepsze źródło żelaza, zaś płatki owsiane są cennym źródłem cynku, miedzi oraz manganu.
2. Spożycie 30 g porcji płatków wielozbożowych oraz kukurydzianych przez dzieci pokrywa odpowiednio prawie w 29 % oraz w nieco ponad 15 % zalecane dzienne spożycie żelaza wśród dzieci w wieku od 4 do 12 lat. Porcja płatków owsianych dostarcza natomiast ponad 87 % dziennego zapotrzebowania na mangan wśród dzieci w wieku od 4 do 9 lat. Należy jednak zaznaczyć, że dzieci preferują smakowe płatki wielozbożowe oraz kukurydziane i niezbyt często spożywają pozostałe rodzaje płatków.
3. Spożycie porcji płatków owsianych dostarcza 57 % dziennego zapotrzebowania na mangan dla mężczyzn oraz blisko 73 % – dla kobiet, natomiast spożycie płatków wielozbożowych dostarcza nieco ponad 28 % dziennego zapotrzebowania na żelazo dla mężczyzn oraz kobiet po 50 r.ż.
4. Poza źródłem cennych składników mineralnych, płatki owsiane zawierają też największe stężenia szkodliwych pierwiastków, takich jak kadm i ołów. Szacowane wartości podaży tych pierwiastków wraz ze spożyciem płatków śniadaniowych nie przekraczają jednak poziomów tymczasowego tolerowanego tygodniowego spożycia, co oznacza, że nie występuje ryzyko narażenia zdrowotnego na negatywne oddziaływanie tych metali.
5. Oszacowane wielkości współczynników ryzyka THQ oraz HI były znacząco niższe od wartości krytycznej ($THQ, HI < 1$), co oznacza, że spożycie płatków śniadaniowych nie stwarza ryzyka zdrowotnego związanego z narażeniem konsumentów na niekorzystne oddziaływanie pierwiastków dostarczanych organizmowi wraz z płatkami zbożowymi.

Praca została wykonana w ramach badań monitoringowych żywności prowadzonych w Katedrze Toksykologii, Technologii Mleczarskiej i Przechowalnictwa Żywności, ZUT w Szczecinie.

Literatura

- [1] Achremowicz B., Haber T., Kaszuba J., Puchalski C., Wiśniewski R.: Płatki zbożowe – ocena porównawcza. Część I. Porównanie składu chemicznego i mineralnego. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 2016, 2, 97-101.
- [2] Rusu I., Kehoe L., Buffini M., Kearney J., McNulty B.A., Flynn A., Walton J.: The role of breakfast in the diets of school-aged children (5-12Y) in Ireland. *Proc. Nutr. Soc.*, 2021, 80 (OCE1), E38.
- [3] Ustawa z dnia 12 czerwca 2009 roku o żywności przeznaczony dla niemowląt i małych dzieci oraz żywności specjalnego przeznaczenia medycznego i środków spożywczych zastępujących całodzienną dietę, do kontroli masy ciała oraz uchylające dyrektywę Rady 92/52/EWG, dyrektywy Komisji 96/8/WE, 1999/21/WE, 2006/125/WE i 2006/141/WE, dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/39/WE oraz rozporządzenia Komisji (WE) nr 41/2009 i (WE) nr 953/2009. Dz. U.UE 2013 nr 609.
- [4] Żuk E., Skrypnik K., Suliburska J.: Analiza wybranych grup produktów spożywczych wzbogaconych w żelazo. *Forum Zaburzeń Metabolicznych*, 2018, 9(3), 103-111.
- [5] Jarosz M., Rychlik E., Stoś K., Charzewska J.: Normy żywienia dla populacji Polski i ich zastosowanie. Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego, Państwowy Zakład Higieny, 2020, 273–292.
- [6] Kot A., Zaręba S., Wyszogrodzka-Koma L.: Ocena zawartości miedzi i cynku w wybranych produktach zbożowych. *Brom. Chem. Toksykol.*, 2011, 44(1), 32-37.
- [7] Siebielec S., Siebielec G.: Zawartość kadmu i ołowiu w pieczywie i produktach zbożowych. *Dokonywania Naukowe Młodych Naukowców*, 2016, 119-130.
- [8] Kot A., Zaręba S., Wyszogrodzka-Koma L.: Ocena skażenia ołowiem zbóż, przetworów zbożowych i ziemniaków z regionu lubelskiego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2009, 4(65), 86-91.
- [9] Orzeł D., Styczyńska M.: Ocena zawartości ołowiu i kadmu w płatkach śniadaniowych dostępnych w handlu. *Brom. Chem. Toksykol.*, 2008, 41(1), 41-45.
- [10] Pawełczyk J., Zajac M.: Walidacja metod analizy chemicznej. Przykład walidacji metod. Wydawnictwo UM Poznań 2005, ss.156.
- [11] Główny Urząd Statystyczny. Budżety gospodarstw domowych. 2021. <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/warunki-zycia/dochody-wydatki-i-warunkizycia-ludnosci/budzety-gospodarstw-domowych-w-2021-roku,9,17.html> Dostęp dnia 21.04.2023 r.
- [12] US EPA IRIS. 2011. US Environmental Protection Agency's Integrated Risk Information System. Environmental Protection Agency Region I. Washington DC 20460. <http://www.epa.gov/iris/>.
- [13] Baza danych o składzie żywności do badań epidemiologicznych we Włoszech (BDA). <http://www.bda-iao.it/test/GroupFood.aspx?Lan=Eng&groupid=8003>. Dostęp dnia 25.04.2023 r.
- [14] Perera DRG, Gunawardana D, Jayatissa R, Silva ABG.: Estimation of Iron Content and Its Contribution in Iron-Fortified Food Products Consumed by School Children in Sri Lanka. *J. Food Qual.*, 2020, #6079379
- [15] Kunachowicz H., Przygoda B., Nadolna I., Iwanow K.: Tabele składu i wartości odżywczej produktów spożywczych [w: Tabele składu i wartości odżywczej żywności]. Wydanie II zmienione, 2019, PZWL, 450-463.
- [16] Berski W., Achremowicz B., Gambuś F., Gambuś H.: Zawartość wybranych mikroelementów i pierwiastków śladowych w płatkach owsianych. *Acta Agrophys.*, 2017, 24(1), 5-15.
- [17] Kiewlicz J., Rybicka I.: Minerals and their Bioavailability in relations to dietary fiber, phytates and tannins from gluten and gluten-free flakes. *Food Chem.*, 2020, 305, 125452.

- [18] Achremowicz B., Kuczyński A.P., Puchalski C., Wiśniewski R., Kaszuba J.: Porównanie jakości płatków owsianych z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej. *Nauka Przyroda Technologie*, 2016, 10(3), 28.
- [19] Winiarska-Mieczan A., Kwiecień M., Kwiatkowska K., Krusiński R.: Breakfast cereal as a source of sodium, potassium, calcium and magnesium for school-age children. *J. Elementol.*, 2016, 21(2), 571-584.
- [20] Lignicka I., Balgalve A., Zidere-Laizāne A.M.: Zinc content in different muesli samples. *Agro. Res.*, 2021, 19(1), 136-146.
- [21] Filipiak-Florkiewicz A., Florkiewicz A., Dereń K.: Zawartość składników bioaktywnych w wybranych przetworach zbożowych. *Brom. Chem. Toksykol.*, 2016, 49(2), 194-202.
- [22] Rozporządzenie Komisji (UE) 2023/915 z dnia 25 kwietnia 2023 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych poziomów niektórych zanieczyszczeń w żywności oraz uchylające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006. *Dz. U. UE. 2023 nr 915*.
- [23] Staniek H., Krejpcio Z.: Ocena zawartości Cd i Pb w wybranych produktach ekologicznych i konwencjonalnych. *Probl. Hig. Epidemiol.*, 2013, 94(4), 867-861.
- [24] Fiłon J., Karwowska A., Karczewski J.: Zawartość kadmu w produktach zbożowych dostępnych w sprzedaży detalicznej w województwie podlaskim. *Brom. Chem. Toksykol.*, 2012, 45(3), 343-348.
- [25] Buczek J., Jasiewicz C.: Występowanie ołowiu, kadmu i cynku w zbożach uprawianych w sąsiedztwie drogi E4 Tarnów - Rzeszów - Przemyśl. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 2020, 471, 865-872.
- [26] Barone G., Storelli A., Garofalo R., Busco V.P., Quaglia N.C., Centrone G., Storelli M.M.: Assessment of mercury and cadmium via seafood consumption in Italy: Estimated dietary intake (EWI) and target hazard quotient (THQ). *Food Addit. Contam.: Part A*, 2015, 32(8), 1277-1286.
- [27] Price P.S.: The Hazard index at thirty-seven: New science new insights. *Curr. Opin. Toxicol.*, 2023, 34, #100388

TRACE ELEMENTS IN BREAKFAST FLAKES - BENEFITS AND RISKS ASSOCIATED WITH THEIR CONSUMPTION

S u m m a r y

Introduction. Breakfast flakes, contrary to their name, are eaten not only for breakfast, but also as snacks between meals. Children are considered to be the main consumers of flakes, but adults are also eager to choose this type of products. Such a great interest in breakfast flakes is, among others, due to a wide product range, the ease of preparation, low price and high content of nutrients, including trace elements. The aim of this study was to analyze the content of trace elements in breakfast flakes in terms of benefits and risks for consumers. Eleven types of breakfast flakes purchased at a local retail store were the material for the study. The analyses were carried out using ICP-AES (inductively coupled plasma atomic emission spectrometry) and GF-AAS (atomic absorption spectrometry with electrothermal atomization in a graphite cuvette).

Results and conclusions. The analysis showed that the average iron content in all the analyzed flakes was 62.8 mg/kg, and the richest source of this element were multi-cereal flakes. Oatmeal was characterized by the largest amounts of zinc, copper and manganese. It was also noted that the consumption of a portion of oatmeal provides 57 % of the daily requirement of manganese for men and almost 73 % for women. Based on the results obtained, it was also found that the consumption of breakfast cereals does not

pose a health risk related to the exposure of consumers to the adverse effects of elements supplied to the body while consuming these products.

Key words: ICP-AES, GF-AAS, breakfast flakes, microelements, toxic trace elements 