

ZAWARTOŚĆ WYBRANYCH MIKROELEMENTÓW I PIERWIASTKÓW ŚLADOWYCH W PŁATKACH OWSIANYCH

Wiktor Berski¹, Bohdan Achremowicz², Florian Gambuś³, Halina Gambuś¹

¹Katedra Technologii Węglowodanów, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 122, 30-149 Kraków

²Katedra Ogólnej Technologii Żywności i Żywnienia Człowieka, Uniwersytet Rzeszowski
ul. Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów

³Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków
e-mail: rrbberski@cyf-kr.edu.pl

Streszczenie. W pracy oznaczono zawartość wybranych mikroelementów i pierwiastków śladowych w płatkach owsianych. Materiał do badań stanowiło 14 rodzajów płatków owsianych produkcji krajowej, jak i zagranicznych, określanych jako błyskawiczne i zwykłe, oraz tzw. ekologiczne i normalne. W materiale oznaczono zawartość: żelaza, manganu, cynku, miedzi oraz tzw. metali ciężkich (chrom, kadm, nikiel, ołów). Dopuszczalny poziom ołowiu został przekroczony w jednej próbce, która również charakteryzowała się zwiększoną zawartością miedzi. Nie zaobserwowano istotnej różnicy w zawartości miedzi i kadmu pomiędzy płatkami normalnymi a ekologicznymi. Płatki produkcji krajowej charakteryzowały się istotnie mniejszą zawartością żelaza, cynku oraz niklu, w porównaniu do płatków zagranicznych, z kolei poziom ołowiu był w nich istotnie wyższy. Pochodzenie płatków nie miało wpływu na zawartość manganu, miedzi oraz kadmu.

Słowa kluczowe: owies, płatki owsiane, mikropierwiastki, metale ciężkie

WSTĘP

Owies (*Avena sativa*) uprawiany jest w klimacie umiarkowanym i chłodnym, głównie na cele paszowe. Ziarno owsa i jego przetwory w żywieniu człowieka są raczej niedocenione, zwłaszcza w Polsce. Jednakże ziarno owsa ostatnio znajduje coraz większe uznanie jako surowiec do produkcji żywności prozdrowotnej, dzięki zawartość składników takich jak: błonnik, wysokowartościowe białko czy tłuszcz bogaty w NNKT. Znaczenie ma również obecność składników mineralnych, które wywierają wpływ na jakość gotowego wyrobu. Człowiek do prawidłowego rozwoju

wymaga obecności w diecie 22 makro- i mikroelementów, jednakże w produktach zbożowych, które stanowią podstawę wyżywienia większości ludności, część z nich występuje w niewielkich ilościach; są to mikroelementy i pierwiastki śladowe (White i Broadley 2005). Wspomniane mikroelementy mogą być pożądane, jak np. Cu, Zn, Mn, Fe, Cr (III), gdyż wchodzi w skład różnego rodzaju substancji biologicznych, takich jak białka enzymatyczne czy hemoglobina (Lieu i in. 2001, Trumbo i in. 2001, Filipek-Mazur 2011). Z drugiej strony jednak część mikroelementów, takich jak Cd, Hg, Pb, Cr (VII) może przyczyniać się do powstawania tzw. stresu oksydacyjnego, czy też różnego rodzaju defektów organizmu czy chorób (Arambaś in. 1995, Tripathi, i in. 1997, Ercal i in. 2001, Islam i in. 2007, Filipek-Mazur 2011), przez co ich obecność w produktach spożywczych jest wysoce niepożądana. Mogą one być szczególnie szkodliwe dla środowiska i zdrowia, i są określane mianem metali ciężkich (Duffus 2009). Ich obecność w produktach spożywczych jest z reguły spowodowana skażeniem środowiska, chociaż mogą się też pojawić jako skażenie przedostające się w trakcie procesu produkcyjnego, np. w wyniku zużywania się części maszyn czy też na skutek nieodpowiedniego pH (Cubadda i in. 2005), a nadmierna ilość takich metali, jak: żelazo, nikiel czy chrom, może świadczyć o migracji metali z urządzeń w trakcie przetwarzania żywności i może być nawet traktowana jako wskaźnik wadliwie przebiegającego procesu przetwórczego.

Celem przeprowadzonych badań było oznaczenie zawartości wybranych mikroelementów i pierwiastków śladowych w płatkach owsianych dostępnych w handlu.

MATERIAŁ I METODY

Material

Do badań wykorzystano próbki 14 rodzajów płatków owsianych wytwarzanych zarówno w kraju (8 próbek), jak i za granicą (6 próbek). Spośród analizowanych próbek 4 stanowiły tzw. płatki błyskawiczne, natomiast jako tzw. ekologiczne oznaczono 3 próbki. Do opisu próbek wykorzystano schemat: numer próbki (1-14) _kraj pochodzenia (P/A – płatki wyprodukowane w Polsce/za granicą) _rodzaj płatków (I/N – płatki błyskawiczne/zwykłe) _pochodzenie (E/T – płatki ekologiczne/normalne). Zapis 1_P_I_N oznacza pierwszą próbkę płatków błyskawicznych, normalnych (nie ekologicznych) wyprodukowanych w Polsce.

Metody

Płatki zostały rozdrobnione w młynku laboratoryjnym Cyclotec 1093 Sample Mill (Foss Tecator, Szwecja) z sitkiem o średnicy oczek 0,5 mm.

Zawartość metali: kadmu, żelaza, chromu, miedzi, manganu, niklu, ołowiu i cynku oznaczono zmodyfikowaną metodą AOAC (999.01). Próbki spopieliano na sucho w porcelanowych tyglach przez 6 godzin w temperaturze 460°C, a powstały

popiół rozpuszczono w kwasie azotowym (V) HNO_3 . Po odparowaniu do sucha próbki ponownie spopieleno w temperaturze 460°C przez 3 godziny, a uzyskany ochłodzony popiół rozpuszczono w 20% kwasie solnym HCl . W roztworach otrzymanych po mineralizacji próbek oznaczono wspomniane powyżej pierwiastki, przy zastosowaniu spektrofotometru emisji atomowej z indukcyjnie wzbudzaną plazmą atomową ICP-OES 7300 Dual View firmy Perkin Elmer.

Wyniki podano jako średnią z dwóch oznaczeń. Ponadto dla otrzymanych średnich obliczono: wartość średnią (\bar{x}), odchylenie standardowe (SD) oraz współczynnik zmienności:

$$CV = \frac{SD}{\bar{x}} 100 \quad (1)$$

Istotność różnic pomiędzy średnimi określono przy użyciu testu Tukey'a, wykorzystując do tego celu program STATISTICA 12.

WYNIKI I DYSKUSJA

W tabeli 1 zamieszczono wyniki oznaczenia metali obecnych w płatkach owsianych. Część z nich (chrom, nikiel, ołów, cynk, miedź, kadm) może zostać sklasyfikowana na podstawie ich toksycznego działania na środowisko jako tzw. metale ciężkie (Duffus 2009).

Średnia zawartość żelaza (Fe) w analizowanych płatkach wynosiła $35,55 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, a zróżnicowanie pomiędzy poszczególnymi próbkami było stosunkowo niewielkie (CV około 18%). Zapotrzebowanie na żelazo u człowieka jest zmienne i zależy od wieku, płci i stanu organizmu. Przyjmuje się, że u osób dorosłych wynosi ono od $8 \text{ mg} \cdot \text{doba}^{-1}$ u mężczyzn do $18 \text{ mg} \cdot \text{doba}^{-1}$ u kobiet. W przypadku ciąży zapotrzebowanie wzrasta do około $27 \text{ mg} \cdot \text{doba}^{-1}$ (Trumbo i in. 2001). Zalecane dzienne spożycie (RDA) żelaza zostało ustalone na poziomie 14 mg (Rozp. Min. Zdrowia z dnia 16 września 2010 r.) Należy też pamiętać, iż przyswajalność żelaza z produktów innych niż zwierzęce jest na poziomie około 5%. (Trumbo i in. 2001). Mając to na uwadze, można zauważyć, iż w badanym materiale jego najlepszym źródłem są zagraniczne płatki oznaczone jako 13 i 14, w których zaobserwowano największą zawartość tego pierwiastka, a z kolei najmniejszą w próbkach płatków oznaczonych numerem 8 i 9 (tab. 1). Rodzime płatki charakteryzowały się istotnie mniejszą zawartością tego mikroelementu ($31,58 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) niż zagraniczne ($40,84 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Podobnie w przypadku płatków ekologicznych ($29,01 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), zawartość żelaza była istotnie mniejsza niż w płatkach z ziarna z upraw tradycyjnych ($38,16 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), ale wszystkie próby płatków określonych jako ekologiczne wyprodukowano w Polsce. Zawartość żelaza w płatkach owsianych podawana przez Hu i in. (2014) mieściła się w nieznacznie węższym zakresie: $29\text{-}49 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ niż podany w tej pracy ($25\text{-}48 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). W badaniach polowych wykazano, że zawartość żelaza w próbach

Tabela 1. Zawartość wybranych mikroelementów i pierwiastków śladowych w analizowanych płatkach owsianych ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)

Próbka Sample	Fe	Mn	Zn	Cu	Ni	Pb	Cd
1_P_I_T	36,250 ^{bcd}	45,580 ^{ef}	26,530 ^{def}	9,860 ^f	0,275 ^{ab}	0,230 ^d	0,049 ^{ef}
2_P_I_T	34,430 ^{bcd}	36,630 ^{bed}	26,320 ^{def}	4,100 ^e	0,870 ^c	0,170 ^{cd}	0,063 ^g
3_P_I_T	30,445 ^{ab}	39,500 ^{def}	18,100 ^{ab}	2,235 ^b	0,195 ^a	0,115 ^{bc}	0,040 ^{de}
4_P_N_T	35,46 ^{bcd}	46,570 ^f	27,960 ^{ef}	0,465 ^a	0,660 ^{abc}	0,065 ^{ab}	0,055 ^{fg}
5_A_N_T	36,080 ^{bcd}	28,215 ^a	24,645 ^{cde}	2,765 ^{bcd}	2,425 ^e	0,010 ^a	0,020 ^{ab}
6_A_N_T	39,820 ^{cde}	44,310 ^{ef}	27,785 ^{ef}	1,700 ^{ab}	0,710 ^{bc}	0,040 ^{ab}	0,031 ^{cd}
7_P_I_E	31,440 ^{abc}	29,115 ^a	16,770 ^a	1,695 ^{ab}	0,220 ^{ab}	0,090 ^{abc}	0,015 ^a
8_P_N_E	25,415 ^a	30,905 ^{ab}	21,210 ^{abc}	2,225 ^b	0,195 ^a	0,065 ^{ab}	0,013 ^a
9_P_N_E	25,470 ^a	34,715 ^{abcd}	22,280 ^{bcd}	2,200 ^b	0,810 ^c	0,020 ^a	0,034 ^{cd}
10_P_N_E	33,725 ^{abcd}	39,295 ^{cde}	26,875 ^{def}	2,830 ^{bcd}	0,510 ^{abc}	0,015 ^a	0,016 ^a
11_A_N_T	40,700 ^{de}	43,975 ^{ef}	30,345 ^{fg}	2,295 ^b	0,630 ^{abc}	0,050 ^{ab}	0,029 ^{bc}
12_A_N_T	34,975 ^{bcd}	32,220 ^{abc}	24,295 ^{cde}	2,670 ^{bc}	0,865 ^c	0,040 ^{ab}	0,018 ^{ab}
13_A_N_T	48,225 ^e	44,320 ^{ef}	32,900 ^g	3,990 ^{de}	1,935 ^{de}	0,065 ^{ab}	0,041 ^{de}
14_A_N_T	45,245 ^e	44,2435 ^{ef}	30,350 ^{fg}	3,550 ^{cde}	1,920 ^d	0,030 ^{ab}	0,039 ^{cde}
\bar{x}	35,548	38,540	25,455	3,041	0,873	0,072	0,033
SD	6,518	6,541	4,629	2,181	0,713	0,063	0,016
CV (%)	18,34	16,97	18,19	71,72	81,67	87,50	48,48

Wartości średnie w kolumnie oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie ($\alpha = 0,05$), \bar{x} – wartość średnia, SD – odchylenie standardowe, CV – współczynnik zmienności / Average values within the column denoted with the same superscript are not significantly different ($\alpha = 0.05$), \bar{x} – average value, SD – standard deviation, CV – coefficient of variation

kontrolnych ziarna owsa uprawianego na różnych glebach mieściła się w przedziale 46,9-69,5 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Bjerre i Schierup 1985), 35,85-51,57 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Gondek i Filipek-Mazur 2005) czy 111 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Błaziak 2007), co jest wielkością przewyższającą przeciętną zawartość żelaza w płatkach badanych w tej pracy. Można to wytłumaczyć procesem produkcyjnym, w trakcie którego usuwana jest łuska oraz okrywa owocowo-nasienna, jak i część warstwy aleuronowej, która jest szczególnie zasobna w składniki mineralne. Tezę tę zdają się potwierdzać wyniki badań ziarniaków jęczmienia (Lombi i in. 2011), w których wykazano, że tylko około 18% żelaza obecnego w ziarniaku jest zlokalizowana w bielmie.

Średnia zawartość manganu (Mn) w analizowanych płatkach wynosiła 38,5 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, przy wartościach skrajnych 29,12-46,57 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. W przypadku polskich płatków wartość ta była nieznacznie mniejsza 37,8 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Jednakże biorąc pod uwagę tzw. aspekt ekologiczny, należy zauważyć, że w płatkach sporządzonych

z owsa z upraw ekologicznych zawartość tego pierwiastka była znacznie mniejsza ($35,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) niż w płatkach z owsa uprawianego tradycyjnie ($40,6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$).

Rozporządzenie Ministra Zdrowia (2010) ustaliło RDA (Recommended Dietary Allowance) dla tego pierwiastka na poziomie 2 mg. Stężenie manganu w ziarnie owsa może wynosić $8,3\text{-}48,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Bjerre i Schierup 1985) czy też $16,54\text{-}45,50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Gondek i Filipek-Mazur 2005). Znacznie większą wartość podała Błaziak (2007) – $136 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Jak można zauważyć, zawartość manganu w płatkach owsianych badanych w tej pracy była zbliżona do górnej granicy podanej przez Bjerre i Schierupa (1985), co mogłoby wskazywać, że zewnętrzne części ziarnika (a więc te usuwane w trakcie produkcji płatków) nie są szczególnie zasobne w mangan. Z kolei wyniki badań dotyczących ziarna jęczmienia (Lombi i in. 2011) wskazują, że około 34% manganu obecnego w ziarnie jest zlokalizowana w bielmie, około 30% w zarodku, a około 4% w łusce.

Pozostałe metale (Zn, Cu, Ni, Pb i Cd) zestawione w tabeli 1 są określane jako tzw. metale ciężkie, a ich toksyczny wpływ (między innymi wywoływanie stresu oksydacyjnego) na organizmy żywe jest dość dobrze udokumentowany (Duffus 2009). Ich obecność w produktach spożywczych może być efektem skażenia środowiska lub też mogą przedostać się w trakcie obróbki technologicznej (zużycie się elementów maszyn, lub też działanie innych czynników, jak np. pH) (Cubadda i in. 2005).

We wszystkich analizowanych próbkach nie stwierdzono obecności chromu. Chociaż niklowi (Ni) przypisuje się szkodliwy wpływ na metabolizm organizmów żywych, to jednak badania wykazały brak jego negatywnego wpływu na rozwój owsa (Allinson i Dzialo 1981). W przypadku ludzi jego akceptowalna dawka dziennego poboru została ustalona na $1000 \mu\text{g}$ (Trumbo i in. 2001). Nikiel był obecny w płatkach w dość szerokim zakresie: $0,22\text{-}2,43 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, przy średniej zawartości $0,87 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Jego zawartość była istotnie mniejsza w polskich płatkach ($0,47 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), w porównaniu do płatków zagranicznych ($1,41 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Podobnie miała się sytuacja w przypadku porównania płatków ekologicznych ($0,43 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) i tych ze zwykłych upraw ($1,05 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Interesujący wydaje się fakt, że zawartość Ni była znacznie większa w płatkach normalnych ($1,07 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) niż błyskawicznych ($0,39 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Oznaczona zawartość tego pierwiastka w ziarnie owsa mieściła się w przedziale $2,5\text{-}4,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Allinson i Dzialo 1981), co stawia ten zakres powyżej największej wartości oznaczonej w płatkach, ale należy wziąć pod uwagę, że w trakcie produkcji płatków jest oddzielana zarówno łuska, jak i zewnętrzne warstwy ziarniaka.

Zawartość ołowiu (Pb) w analizowanych płatkach mieściła się w dość szerokim przedziale od $0,01$ do $0,23 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ produktu, przy średniej zawartości tego pierwiastka na poziomie $0,07 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Zgodnie z Rozporządzeniem Komisji (WE) nr 1881/2006 (WE 2006) maksymalny dopuszczalny poziom ołowiu w zbożach i roślinach strączkowych wynosi $0,20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ świeżej masy, co pozwala stwierdzić, iż

płatki oznaczone symbolem 1 nie spełniają powyższego kryterium. Zawartość ołowiu w polskich płatkach była istotnie większa niż w zagranicznych (odpowiednio 0,10 i 0,04 mg·kg⁻¹), jak i płatkach instant (0,15 i 0,04 mg·kg⁻¹ w płatkach normalnych). Z kolei biorąc pod uwagę sposób uprawy, nie stwierdzono statystycznych różnic, co może wydać się zaskakujące. Jednakże ograniczenie liczby analizowanych płatków tylko do wyprodukowanych w Polsce uwidoczniło taką różnicę (0,05 i 0,15 mg·kg⁻¹, odpowiednio dla płatków ekologicznych i zwykłych).

W badaniach Kot i in. (2009) oznaczono zawartość ołowiu w płatkach owsianych w przedziale 0,026-0,166 mg·kg⁻¹ (średnio 0,096 mg·kg⁻¹), co daje większą średnią niż w badaniach prezentowanych w tej pracy, jakkolwiek zakres oznaczeń uzyskanych przez jej autorów jest szerszy. Z kolei zawartość ołowiu w próbach ziarna owsa uprawianego na różnych glebach zawierała się w przedziale 0,36-0,46 mg·kg⁻¹ (Bjerre i Schierup 1985) czy też 0,090-0,250 mg·kg⁻¹ (Kot i in. 2009), chociaż wyniki innych badań (Allinson i Działo 1981) wykazały brak obecności tego pierwiastka w ziarnie, nawet w przypadku podawania go do gleby. Z kolei badania dotyczące oznaczenia poziomu ołowiu w produktach zbożowych w latach 2004-2011 dały wyniki w dość szerokim zakresie 0,007-0,375 mg·kg⁻¹ (Fiłon i in. 2013), przy czym największe wartości odnotowano w próbkach kaszy i makaronu pochodzących z lat 2010 i 2011. Jednakże średnia zawartość tego pierwiastka oznaczona w latach 2010-11 była istotnie mniejsza niż w poprzednim analizowanym okresie (2004-2005), co może wskazywać na poprawę stanu środowiska naturalnego (Fiłon i in. 2013). Z kolei wyniki przedstawionej w innej pracy (Wieczorek in. 2005), w której w 2003 roku oznaczono zawartość tego pierwiastka w ziarnach zbóż rosnących na przydrożnych polach, wykazały, że ziarno pszenicy i żyta różni się istotnie zawartością tego pierwiastka, jednakże wartość krytyczna, ustalona we wcześniej wspomnianym rozporządzeniu, nie została przekroczona. Statystycznie wyższe wartości odnotowano w przypadku ziarniaków jęczmienia. Badania zawartości ołowiu w produktach zbożowych przeprowadzone w Japonii (Shimbo i in. 2001) wykazały, że ilość tego pierwiastka zależała od rodzaju produktu. Największą odnotowano w chlebie ($4,9 \cdot 10^{-3}$ mg·kg⁻¹), a w polerowanym ryżu mieściła się ona w przedziale $1,8 \cdot 10^{-3}$ - $3,0 \cdot 10^{-3}$ mg·kg⁻¹, co jest wartością znacznie niższą niż oznaczona w badaniach w tej pracy (średnio $7,2 \cdot 10^{-2}$ mg·kg⁻¹). Pozwala to przypuszczać, że japońskie środowisko naturalne jest zdecydowanie mniej skażone niż europejskie. Z kolei wyniki badań poziomu ołowiu w mielonym ziarnie ryżu przeprowadzone w Chinach (Fangmin i in. 2006) są zdecydowanie bardziej zatrważające, gdyż ilość tego pierwiastka wahała się w przedziale 0,031-0,278 mg·kg⁻¹.

Przeciętna zawartość kadmu (Cd) w badanych płatkach wynosiła 0,033 mg·kg⁻¹ (zakres: 0,013-0,063 mg·kg⁻¹), a maksymalny dopuszczalny poziom tego metalu w produktach zbożowych typu płatki nie powinien przekraczać 0,10 mg·kg⁻¹ (WE 2006), co oznacza, że wszystkie przebadane płatki spełniają to kryterium.

Zawartość tego pierwiastka nie różnicowała płatków wg kraju pochodzenia (polskie $0,035 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ czy zagraniczne $0,029 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), sposobu przygotowania (normalne $0,029$ czy instant $0,042$), natomiast sposób uprawy wywarł już istotny wpływ: ekologiczne ($0,019 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) i z tradycyjnej uprawy ($0,038 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). W ziarnie owsa zawartość tego pierwiastka wahała się w przedziale $0,021$ - $0,059 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Allinson i Dzialo 1981, Bjerre i Schierup 1985). Zawartości kadmu w ziarniakach pszenicy i jęczmienia uprawianych przy drogach (Wieczorek i in. 2005) nie przekroczyła wartości progowej ($0,10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) i mieściła się w przedziale $0,015$ - $0,040 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ w przypadku pszenicy oraz $0,020$ - $0,064 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ w przypadku jęczmienia.

Dane dotyczące zawartości kadmu w produktach zbożowych pochodzących z Dalekiego Wschodu (Shimbo i in. 2001, Fangmin i in. 2006) podają wartości, które w skrajnych przypadkach przewyższają to, co oznaczono w badaniach zaprezentowanych w tej pracy (średnio $0,043 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). W próbkach japońskiego polerowanego ryżu zawartość kadmu wahała się w przedziale $0,043$ - $0,070 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Shimbo i in. 2001), natomiast w próbkach ryżu pochodzących z Chin $0,019$ - $0,193 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Fangmin i in. 2006).

Cynk (Zn) i miedź (Cu) to dwa pierwiastki zaliczane do grupy metali ciężkich, jednakże w niewielkich ilościach są niezbędne do prawidłowego funkcjonowania organizmu (Trumbo i in. 2001). Zalecana dawka dziennego poboru cynku jest uzależniona od wieku i płci. W przypadku osób dorosłych waha się w przedziale 8 - 11 mg dziennie, w przypadku kobiet w ciąży i karmiących wzrasta do 11 - 14 mg (Trumbo i in. 2001).

Zawartość cynku w analizowanych płatkach mieściła się w zakresie $16,77$ - $32,9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, przy średniej wartości $25,46 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. W polskich płatkach ilość tego pierwiastka była znacznie mniejsza ($23,26 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) niż w płatkach zagranicznych ($28,39 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), co przekłada się na istotnie mniejszą zawartość w płatkach błyskawicznych ($21,93 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) niż w płatkach zwykłych ($28,65 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Również w płatkach ekologicznych ($21,78 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) oznaczono istotnie mniejszą zawartość Zn niż w płatkach z tradycyjnej uprawy ($26,92 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). W badaniach dotyczących płatków z różnych stron świata, górna zawartość cynku była większa od tej oznaczonej w pracy ($32,06 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), również dolny zakres jest większy ($23,86 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) (Hu i in. 2014). Według obowiązującego rozporządzenia (Rozp. Min. Zdrowia z dnia 16 września 2010 r.), RDA w przypadku cynku wynosi 10 mg . Zawartość cynku oznaczona w ziarnie owsa uprawianego na różnych glebach: $27,8$ - $28,6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Bjerre i Schierup 1985) jest zbliżona do wartości średniej oznaczonej w tej pracy, czyli $25,46 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, czy też w pracy Hu i in. (Hu i in. 2014) – $27,35 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Znacznie większą zawartość cynku w ziarnie owsa można znaleźć w pracy Roszyk i in. (1988), bo znajdującą się w zakresie $30,5$ - $61,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, czy też w pracy Gondek i Filipek-Mazur (2005) $28,12$ - $44,45 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Bielmo, a więc część ziarniaka, która ma największy procentowy udział w tworzeniu płatków, zawiera około 25% ogólnej ilości cynku obecnego w ziarniaku (Lombi i in. 2011).

Odnośnie miedzi zalecane dawki dziennego pobrania zależą od wieku i płci; w przypadku osób dorosłych jest to 700-900 μg , a ilość ta wzrasta do 1300 μg (Trumbo i in. 2001) w przypadku kobiet w ciąży oraz karmiących. Z kolei rozporządzenie Ministra Zdrowia (Rozp. Min. Zdrowia z dnia 16 września 2010 r.) ustala tę wartość na 1 mg. W badaniach w tej pracy zawartość miedzi mieściła się w bardzo szerokim zakresie (0,47-9,86 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), przy wartości średniej wynoszącej 3,04 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Zarówno w polskich, jak i zagranicznych płatkach zawartość miedzi była zbliżona, natomiast w przypadku płatków błyskawicznych ilość ta była istotnie większa (4,47 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) niż w zwykłych (2,47 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Natomiast nie wykazano istotnej różnicy pomiędzy płatkami ekologicznymi i tymi wyprodukowanymi z owsa pochodzącego z tradycyjnych upraw, nawet w przypadku ograniczenia zestawu danych tylko do płatków polskich. Zawartość miedzi w ziarnie owsa waha się w przedziale 2,53-4,31 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Bjerre i Schierup 1985), z czego spora część (około 43%) jest zlokalizowana w bielmie (Lombi i in. 2011). Podobne dane dotyczące zawartości miedzi w ziarnie owsa: 3,08-4,11 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ można znaleźć w innej pracy (Gondek i Filipek-Mazur 2005). Można zatem przypuszczać, że w przypadku płatków oznaczonych symbolem 1 tak duża ilość miedzi spowodowana była przebiegiem procesu produkcyjnego.

W tabeli 2 przedstawiono zawartość wybranych mikroelementów i pierwiastków śladowych w płatkach produkcji krajowej, jak i zagranicznych. Jak można zauważyć, krajowe płatki charakteryzowały się istotnie mniejszą zawartością żelaza, cynku oraz niklu. Niestety, w krajowych płatkach poziom ołowiu był istotnie wyższy, nawet w przypadku gdy usunięto próbkę, która nie spełniała wymogów rozporządzenia WE (próbka nr 1). W przypadku zawartości manganu, miedzi oraz kadmu pochodzenie płatków nie wywarło wpływu na zawartość tych pierwiastków.

Tabela 2. Zawartość wybranych mikroelementów i pierwiastków śladowych w analizowanych płatkach owsianych produkcji krajowej i zagranicznych ($\text{mg}\cdot 1000\text{ g}^{-1}$)

Table 2. Content of selected microelements and trace elements in oat flakes of domestic and foreign production oat flakes ($\text{mg}\ 1000\text{ g}^{-1}$)

Pochodzenie Origin	Fe	Mn	Zn	Cu	Ni	Pb	Cd
K/D	31,58 ^a	37,79 ^a	23,26 ^a	3,20 ^a	0,47 ^a	0,10 ^b	0,04 ^a
Z/F	40,84 ^b	39,55 ^a	28,39 ^b	2,83 ^a	1,41 ^b	0,04 ^a	0,05 ^a

Wartości średnie w kolumnie oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie ($\alpha=0,05$). Pochodzenie płatków: K/D – krajowe, Z/F – zagraniczne. Pozostałe oznaczenia jak w tabeli 1 / Average values within the column denoted with the same superscript are not significantly different ($\alpha=0.05$). Flakes origin: K/D – domestic, Z/F – foreign. Other symbols as in table 1

WNIOSKI

1. Zaobserwowano istotnie mniejszą zawartość żelaza, manganu, cynku, a wśród pierwiastków śladowych niklu, ołowiu oraz kadmu w płatkach określanych jako ekologiczne, w odniesieniu do płatków normalnych. Nie zaobserwowano istotnej różnicy w zawartości kadmu oraz miedzi pomiędzy płatkami ekologicznymi a normalnymi.

2. Dopuszczalny poziom ołowiu, wyznaczony przez rozporządzenie WE, został przekroczony w jednej próbce płatków krajowych (oznaczonej jako 1), i w tej samej próbce zaobserwowano dwukrotnie większą zawartość miedzi, w stosunku do zawartości miedzi w ziarnie owsa.

3. Krajowe płatki charakteryzowały się istotnie mniejszą zawartością żelaza, cynku oraz niklu, w porównaniu do płatków zagranicznych, z kolei poziom ołowiu był istotnie wyższy. Pod względem zawartości manganu, miedzi oraz kadmu, pochodzenie płatków nie wywarło wpływu na zawartość tych pierwiastków.

PIŚMIENNICTWO

- AOAC Official Method 999.10, 2005. Horwitz W. (ed.) Official Methods of Analysis of AOAC International, AOAC International, Gaithersburg, MD, USA, 18th ed.
- Allinson D.W., Dzialo C., 1981. The Influence of Lead, Cadmium, and Nickel on the Growth of Ryegrass and Oats. *Plant and Soil*, 62, 81-89. doi:10.1007/BF02205027.
- Arambašić M.B., Bjelić S., Subakov G., 1995. Acute toxicity of heavy metals (copper, lead, zinc), phenol and sodium on *Allium cepa* L., *Lepidium sativum* L. and *Daphnia magna* St.: Comparative investigations and the practical applications. *Water Res.*, 29, 497-503. doi:10.1016/0043-1354(94)00178-A.
- Bjerre G.K., Schierup H-H., 1985. Uptake of Six Heavy Metals by Oat as Influenced by Soil Type and Additions of Cadmium, Lead, Zinc and Copper. *Plant and Soil*, 88, 57-69. doi:10.1007/BF02140666.
- Błaziak J., 2007. Ocena zmian zawartości mikroelementów w zbożach pod wpływem wapnowania i magnezowania gleby. *Annales UMCS sec. E*, 62, 77-84.
- Cubadda F., Raggi A., Marconi E., 2005. Effects of processing on five selected metals in the durum wheat food chain. XI Italian Hungarian Symposium on Spectrochemistry. *Microchem. J.*, 79, 97-102. doi:10.1016/j.microc.2004.06.011.
- Duffus J.H. 2009. «Heavy metals» a meaningless term? (IUPAC Technical Report). *Pure Appl.Chem.*, 74, 793-807. doi:10.1351/pac200274050793.
- Ercal, N., Gurer-Orhan H., Aykin-Burns N., 2001. Toxic Metals and Oxidative Stress Part I: Mechanisms Involved in Metal-induced Oxidative Damage. *Curr. Med. Chem.*, 1, 529-39. doi:10.2174/1568026013394831.
- Fangmin C., Zhao N., Xu H., Li Y., Zhang W., Zhu Z., Chen M., 2006. Cadmium and lead contamination in japonica rice grains and its variation among the different locations in southeast China. *Sci. Total Environ.*, 359, 156-66. doi:10.1016/j.scitotenv.2005.05.005.
- Filipek-Mazur B., 2011. Metale ciężkie, fluor oraz chlor w środowisku jako efekt stosowania nawozów. W: Środowiskowe aspekty stosowania nawozów i środków ochrony roślin w rolnictwie (red. B. Filipek-Mazur). Wydawnictwo UR w Krakowie, Kraków, 123-43.

- Filon J., Ustymowicz-Farbiszewska J., Karczewski J., 2013. Lead content in cereal products as a population health threat marker: a case study in the province of Podlasie. *J. Elem.*, 3, 391-401. doi:10.5601/jelem.2013.18.3.04.
- Gondek K., Filipek-Mazur B., 2005. Zawartość i pobranie mikroelementów przez owies w warunkach nawożenia kompostami różnego pochodzenia w aspekcie wartości paszowej i wpływu na środowisko. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 5, 81-93.
- Hu, X-Z., Zheng J-M., Li X., Xu C., Zhao Q., 2014. Chemical composition and sensory characteristics of oat flakes: A comparative study of naked oat flakes from China and hulled oat flakes from western countries. *J. Cereal Sci.*, 60, 297-301. doi:10.1016/j.jcs.2014.05.015.
- Islam E., Xiao-e Y., Zhen-li H., Qaisar M., 2007. Assessing Potential Dietary Toxicity of Heavy Metals in Selected Vegetables and Food Crops. *Journal of Zhejiang University SCIENCE B*. 8, 1-13. doi:10.1631/jzus.2007.B0001.
- Kot A., Zaręba S., Wyszogrodzka-Koma L., 2009. Ocena skażenia ołowiem zbóż, przetworów zbożowych i ziemniaków z regionu lubelskiego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 4 86-91.
- Lieu P.T., Heiskala M., Peterson P.A., Young Y., 2001. The roles of iron in health and disease. *Molecular Aspects of Medicine*, 22(1-2), 1-87. doi:10.1016/S0098-2997(00)00006-6.
- Lombi E., Smith E., Hansen T.H., Paterson D., de Jonge M.D., Howard D.L., Persson D.L., Husted S., Ryan C., Schjoerring J.K., 2011. Megapixel Imaging of (micro)nutrients in Mature Barley Grains. *J. Exp. Bot.*, 62, 273-82. doi:10.1093/jxb/erq270.
- Roszyk E., Roszyk S., Spiak Z., 1988. Toksyczna dla roślin zawartość cynku w glebach. *Roczniki Gleboznawcze*, 39(3), 57-69.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 16 września 2010 r. w sprawie środków spożywczych specjalnego przeznaczenia żywieniowego.
- Shimbo S., Zhang Z-W., Watanabe T., Nakatsuka H., Matsuda-Inoguchi N., Higashikawa K., Ikeda M., 2001. Cadmium and lead contents in rice and other cereal products in Japan in 1998-2000. *Sci. Total Environ.*, 281, 165-75. doi:10.1016/S0048-9697(01)00844-0.
- Tripathi R.M., Raghunath R., Krishnamoorthy T.M., 1997. Dietary intake of heavy metals in Bombay city, India. *Sci. Total Environ.*, 208, 149-59. doi:10.1016/S0048-9697(97)00290-8.
- Trumbo P., Yates A.A., Schlicker S., Poos M., 2001. Dietary Reference Intakes: Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. *J. Am. Diet. Assoc.*, 101, 294-301. doi:10.1016/S0002-8223(01)00078-5.
- WE. 2006. ROZPORZĄDZENIE KOMISJI (WE) NR 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r. ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych.
- White P.J., Broadley M.R., 2005. Biofortifying crops with essential mineral elements. *Trends in Plant Science, Trends in Plant Science 10th Anniversary Issue Feeding the World. Plant Biotechnology Milestones*, 10, 586-93. doi:10.1016/j.tplants.2005.10.001.
- Wieczorek J., Wieczorek Z., Bieniaszewski T., 2005. Cadmium and Lead Content in Cereal Grains and Soil from Cropland Adjacent to Roadways. *Pol. J. Environ. Stud.*, 14, 535-40.

THE CONTENT OF SELECTED MICRO AND TRACE ELEMENTS
IN OAT FLAKES

Wiktoria Berski¹, Bohdan Achremowicz², Florian Gambuś³, Halina Gambuś¹

¹Department of Carbohydrate Technology, University of Agriculture in Krakow
Balicka 122, 30-149 Kraków, Poland

²Department of Plant Food Technology and Crop Quality, University of Rzeszow
Zelwerowicza 4, 35-601 Rzeszów, Poland

³Department of Agricultural and Environmental Chemistry, University of Agriculture in Krakow
Mickiewicza 21, 31-120 Kraków, Poland
e-mail: rrbberski@cyf-kr.edu.pl

Abstract. The content of selected micro- and trace elements in oat flakes was investigated in 14 samples (8 domestic, 6 foreign) including regular, instant and so called „ecological” ones. Iron, manganese, zinc, copper and so called heavy metals (chromium, cadmium, nickel and lead) content was analyzed. Lead content was exceeded in one sample, which was also characterized by elevated level of copper. There was no significant difference in cadmium and copper content between normal and “ecological” flakes. Domestic flakes were characterized by lower level of iron, zinc and nickel as compared to foreign ones, but on the other hand lead level was higher. Content of manganese, copper and cadmium was not influenced by the origin of the flakes.

Keywords: oat, oats flakes, microelements, heavy metals

