

Zbigniew Krejpcio, Joanna Suliburska, Ewelina Król,
Alicja Kawka¹, Katarzyna Marcinek

WPLYW RODZAJU ZIARNA ZBOŻA I STOPNIA JEGO PRZETWORZENIA NA POTENCJALNĄ BIODOSTĘPNOŚĆ SKŁADNIKÓW MINERALNYCH W WARUNKACH *IN VITRO*

Zakład Higieny i Toksykologii Żywności Katedry Higieny Żywienia Człowieka
Wydziału Nauk o Żywności i Żywieniu Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu
Kierownik : prof. dr hab. Z. Krejpcio

¹ Zakład Technologii Zbóż Instytutu Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego
Wydziału Nauk o Żywności i Żywieniu Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu
Kierownik: prof. dr hab. J. Michniewicz

Celem pracy była ocena wpływu rodzaju ziarna zboża (pszenica, jęczmień, owies), oraz stopnia jego przetworzenia (ziarno surowe, obłuszczone, śrutowane, mąka) na potencjalną biodostępność Ca, Mg, Fe, Zn i Cu, którą obliczono na podstawie ilości składnika mineralnego uwolnionego w procesie enzymatycznego trawienia w warunkach in vitro, w stosunku do jego zawartości natywnej. Stwierdzono, że zarówno gatunek zboża, jak i rodzaj zastosowanej obróbki mechanicznej mają wpływ na biodostępność składników mineralnych, przy czym wyższą biodostępnością Ca, Mg i Fe odznaczają się produkty otrzymane z ziarna jęczmienia, a Zn i Cu z ziarna owsa, w porównaniu do produktów z ziarna pszenicy. Usunięcie łuski z ziarna ma największy wpływ na wzrost biodostępności Ca, Mg, Fe i Zn z produktu zbożowego, ale nie wpływa na biodostępność Cu. Największy wzrost biodostępności Ca, Mg, Fe i Zn z ziarna po obróbce mechanicznej występuje w przypadku ziarna jęczmienia

Hasła kluczowe: składniki mineralne, biodostępność, ziarno zbóż, przetwarzanie.
Key words: minerals, bioavailability, cereal grains, processing.

Prawidłowy bilans składników mineralnych odgrywa ważną rolę zarówno u ludzi, jak i zwierząt (1). Utrzymujący się przez dłuższy czas niedobór, nadmiar lub nieprawidłowy stosunek nieorganicznych składników odżywczych może mieć poważne konsekwencje w postaci specyficznych dla danego składnika chorób czy zaburzeń przyczyniających się do powstawania chorób cywilizacyjnych, jak np.: miażdżyca, osteoporoza, nowotwory, cukrzyca (2). Składniki mineralne ze względu na rolę w przemianach metabolicznych oraz brak możliwości ich syntezy przez organizm są niezbędnymi składnikami żywności, które powinny być dostarczane w odpowiednich ilościach. Istotnym elementem utrzymania równowagi nie jest ilość, lecz biodostępność składników mineralnych (3). Wcześniejsze prace badaczy wykazały, że zawartość i potencjalna biodostępność składników mineralnych z surowców

i produktów roślinnych zależy od wielu czynników, w tym rodzaju użytego surowca (gatunek, odmiana, pochodzenie), stopnia oczyszczenia oraz rodzaju obróbki technologicznej lub kulinarnej (4, 5). Ponadto stwierdzono, że stopień uwolnienia składników mineralnych jest różny, zależny od produktu spożywczego, innych składników żywności oraz odmiennych warunków panujących w poszczególnych odcinkach przewodu pokarmowego.

Ziarno zbóż, takich jak: pszenica, żyto, jęczmień i owies są jednym z podstawowych surowców wykorzystywanych w żywieniu człowieka i zwierząt hodowlanych. Ziarno surowe jest twarde, ciężkostrawne i nie nadaje się do bezpośredniego spożycia, dlatego poddaje się je obróbce mechanicznej, która obejmuje procesy czyszczenia powierzchniowego, obłuskiwanie, śrutowanie i procesy przemiału na mąkę (6). Ze śruty lub mąki wytwarza się następnie różnego rodzaju produkty zbożowe, takie jak: kasze, pieczywo, makarony. Produkty zbożowe stanowią podstawowe źródło energii, znaczące źródło białka, ważne źródło witamin z grupy B, składników mineralnych, błonnika oraz substancji bioaktywnych. Zawartość składników mineralnych w ziarnie zbóż zależy od wielu czynników, m.in. od gatunku i odmiany zboża, warunków klimatycznych i glebowych, sposobu i wielkości nawożenia. Proces obłuszczenia ziarna z jednej strony powoduje zmniejszenie zawartości niektórych składników odżywczych (witamin i składników mineralnych), ale z drugiej strony, poprzez usunięcie składników nieodżywczych (błonnika, fitynianów) wpływa korzystnie na biodostępność składników mineralnych.

Produkty zbożowe są jednym z głównych źródeł składników mineralnych w diecie człowieka. Dostarczają magnez, fosfor, wapń, żelazo, cynk, miedź, potas, mangan, krzem, chlor i siarkę. W zależności od gatunku zboża, różna jest nie tylko zawartość składników mineralnych ale także ich potencjalna biodostępność. Większość składników mineralnych zawartych w zbożach jest ściśle związana z poszczególnymi warstwami, jak na przykład warstwą aleuronową. Jednocześnie, warstwa ta jest miejscem, gdzie znajdują się duże ilości błonnika pokarmowego i kwasu fitynowego, które tworzą warstwę włókna pokarmowego. Właściwości chelatujące włóknistych składników produktów zbożowych oraz kwasu fitynowego wpływają na biodostępność ważnych dla człowieka pierwiastków w dietach o dużej zawartości nierafinowanych wysokobłonnikowych produktów zbożowych (7).

Celem pracy była ocena potencjalnej biodostępności składników mineralnych: Ca, Mg, Fe, Zn i Cu z trzech rodzajów ziarna zbóż: pszenicy (*Triticum L.*), jęczmienia (*Hordeum L.*) i owsa (*Avena L.*), poddanych lub nie poddanych procesom technologicznym, takim jak: obłuszczenie, śrutowanie i mielenie.

Praca była finansowana z projektu badawczego MNiSW nr NN 312 505340.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiło nieobłuszczone i obłuszczone ziarno pszenicy, jęczmienia i owsa oraz ich produkty (śruta i mąka całościarna) otrzymane z Zakładów Zbożowo-Młynarskich w Kruszwicy (2012 r.). Ziarno w warunkach przemysłowych poddano zabiegowi obłuszczenia. Następnie, ziarno bez łuski rozdrobniono na śrutę i zmielono na mąkę całościarną. Z surowców i produktów zbożowych sporządzono

średnie próbki laboratoryjne, które dokładnie zmielono i następnie pobrano po ok. 5 g w trzech powtórzeniach dla każdej próbki do tygli kwarcowych. Zawartość wody w materiale zbożowym oznaczono metodą suszarkową. Wyszuszone próbki spopielano w piecu muflowym (Nabertherm P330, GmbH, Germany) w temp. 250–450°C. Uzyskany popiół (wolny od cząstek węgla) rozpuszczono na gorąco w kwasie HNO₃ (Merck) o stęż. 1 mol/dm³ i przenoszono ilościowo do kolbek miarowych z PP o poj. 50 cm³. W roztworach mineralizatów, po odpowiednim rozcieńczeniu roztworem 1 mol/dm³ HNO₃ (lub dla Ca i Mg – roztworem 0,3% LaCl₃), oznaczono zawartości Ca, Mg, Fe, Zn i Cu metodą płomieniową spektrometrii absorpcji atomowej (ASA) za pomocą spektrometru AAS-3 (Zeiss, Jena). Wyniki pomiarów wyrażono jako średnie arytmetyczne i odchylenia standardowe uzyskane z 3 równoległych powtórzeń, w jednostkach – mg/100 g s.m. produktu. Poprawność procedury analitycznej określono na podstawie wielkości odzysku (recovery) poszczególnych składników mineralnych dla certyfikowanego materiału odniesienia (Soya Bean Flour, INCT-SBF-4), który wyniósł dla: Ca, Mg, Fe, Zn i Cu, odpowiednio: 98,2, 96,6, 96,7, 94,2 i 98,5%. Granica oznaczalności metody (LOQ) wynosiła dla Ca, Mg, Fe, Zn i Cu, odpowiednio (mg/dm³): 0,040; 0,010; 0,050; 0,050 i 0,020.

W niniejszej pracy pominięto wyniki zawartości składników mineralnych, które wykorzystano do obliczeń biodostępności.

W celu określenia potencjalnej biodostępności względnej Ca, Mg, Fe, Zn i Cu z surowców i produktów zbożowych, próbki poddano trawieniu enzymatycznemu w warunkach *in vitro*. Z każdego materiału zbożowego odważono w kolbce stożkowej po 2 g rozdrobnionej próbki i dodano 20 cm³ wody dejonizowanej. Następnie doprowadzano odczyn mieszaniny do pH 2,0 za pomocą roztworu 0,1 mol/dm³ HCl oraz poddano działaniu pepsyny (0,5 cm³/100 cm³ homogenatu). Próbki umieszczono w termostatowanej łaźni wodnej o temp. 37°C i wytrząsano przez 2 godz., kontrolując jednocześnie pH. Po upływie 2 godz. doprowadzono pH do wartości 6,8–7,0 oraz poddano działaniu pankreatyny (10 cm³/40 cm³ homogenatu) i ponownie wytrząsano w łaźni wodnej, w tych samych warunkach przez 4 godz. Po zakończeniu procesu trawienia próbki odwirowano przez 10 min przy szybkości 3800 obrotów/min. Następnie pobrano 10 cm³ klarownego supernatantu do naczyń teflonowych i dodano 5 cm³ stężonego kwasu azotowego(V) (Merck), po czym umieszczono w piecu mikrofalowym MARS-5 (CEM Corp.) Po zakończeniu mineralizacji próbki przenoszono ilościowo do kolbek miarowych o poj. 50 cm³. Oznaczenie zawartości pierwiastków Ca, Mg, Fe, Zn i Cu wykonano metodą spektrometrii absorpcji atomowej (spektrometr AAS-3, Zeiss). Każda z próbek była analizowana w trzech powtórzeniach.

Potencjalną biodostępność względną (B_w), wyrażoną w % ilości natywnej, zwaną dalej „biodostępnością” wyrażono jako stosunek ilości składnika mineralnego uwolnionego podczas trawienia enzymatycznego z jednostki masy produktu (x_1), do całkowitej ilości tego składnika w jednostce masy produktu (x_2), pomnożony przez 100, wg wzoru:

$$B_w [\%] = (x_1/x_2) \cdot 100\%$$

Wyniki biodostępności składników mineralnych analizowano w układzie dwuczynnikowym: rodzaj ziarna (czynnik A) i stopień przetworzenia ziarna (B), z wy-

korzystaniem analizy wariancji dwuczynnikowej ANOVA, testu Tukeya, przy poziomie istotności $p < 0,05$. Wszystkie obliczenia wykonano za pomocą programów komputerowych Excel ver. 2007 oraz Statistica ver. 10.0.

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Celem pracy było określenie wpływu rodzaju ziarna i stopienia jego przetworzenia na biodostępność Ca, Mg, Fe, Zn i Cu z trzech rodzajów ziarna zbóż (pszenicy, jęczmienia i owsa). Biodostępność składników mineralnych w ziarnie obłuszczonej porównano do ziarna z łuską, a w śrucie oraz mące całościarnowej odniesiono do ziarna obłuszczonego, z którego otrzymano w/w produkty. Wyniki przedstawiono w tab. I. Zarówno rodzaj ziarna zboża, jak i jego stopień przetworzenia miały (niezależnie od siebie) istotny wpływ na biodostępność poszczególnych składników mineralnych. Najniższą biodostępnością składników mineralnych odznaczało się ziarno pszenicy (niezależnie od stopnia jego przetworzenia) i wynosiło dla Ca, Mg, Fe, Zn

Tab e l a I. Potencjalna biodostępność składników mineralnych (Ca, Mg, Fe, Zn i Cu) dla surowców zbożowych w zależności od rodzaju ziarna i stopnia jego przetworzenia

Table I. Potential bioavailability of minerals (Ca, Mg, Fe, Zn and Cu) of cereal raw materials depending on the type of grain and the degree of its processing

Czynnik doświadczalny	Potencjalna biodostępność składników mineralnych (% ilości natywnej \pm SEM)				
	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu
Rodzaj ziarna (A)					
Pszenica A ₁	26,42 \pm 0,91 ^a	35,63 \pm 0,58 ^a	27,85 \pm 0,85 ^a	18,72 \pm 0,34 ^a	86,13 \pm 1,02 ^a
Jęczmień A ₂	55,17 \pm 0,91 ^c	53,11 \pm 0,58 ^c	35,99 \pm 0,85 ^c	21,34 \pm 0,34 ^b	90,25 \pm 1,02 ^b
Owies A ₃	44,16 \pm 0,91 ^b	40,32 \pm 0,58 ^b	31,84 \pm 0,85 ^b	23,38 \pm 0,34 ^c	92,09 \pm 1,02 ^c
Stopień przetworzenia ziarna (B)					
Ziarno z łuską B ₁	34,73 \pm 1,06 ^a	39,82 \pm 0,67 ^a	29,49 \pm 0,98 ^a	16,88 \pm 0,39 ^a	88,40 \pm 1,17
Ziarno bez łuski B ₂	41,45 \pm 1,06 ^b	45,45 \pm 0,67 ^b	35,52 \pm 0,98 ^b	19,16 \pm 0,39 ^b	89,69 \pm 1,17
Śruta B ₃	44,86 \pm 1,06 ^b	40,42 \pm 0,67 ^a	32,48 \pm 0,98 ^a	22,65 \pm 0,39 ^c	90,88 \pm 1,17
mąka całościarnowa B ₄	46,62 \pm 1,06 ^b	46,39 \pm 0,67 ^b	30,11 \pm 0,98 ^a	25,90 \pm 0,39 ^d	88,99 \pm 1,17
Interakcja czynników (A \times B)*					
A ₂ B ₁	36,44 \pm 1,27 ^a	35,87 \pm 0,91 ^a	28,84 \pm 0,68 ^a	9,74 \pm 0,64 ^a	90,47 \pm 0,41 ^b
A ₂ B ₂	44,39 \pm 1,27 ^b	68,48 \pm 0,91 ^d	47,80 \pm 0,68 ^c	17,77 \pm 0,64 ^b	92,78 \pm 0,41 ^b
A ₂ B ₃	59,92 \pm 1,27 ^c	50,06 \pm 0,91 ^b	40,22 \pm 0,68 ^b	25,81 \pm 0,64 ^c	84,28 \pm 0,41 ^a
A ₂ B ₄	79,92 \pm 1,27 ^d	58,04 \pm 0,91 ^c	27,13 \pm 0,68 ^a	32,05 \pm 0,64 ^d	93,45 \pm 0,41 ^b

Objaśnienia:

A₁, A₂, A₃, B₁, B₂, B₃, B₄ – średnia biodostępność danego pierwiastka w danym materiale biologicznym przygotowanym w trzech powtórzeniach, będąca również średnią trzech pomiarów na AAS-3; SEM – błąd standardowy średniej; AB* – zaznaczone są tylko istotne statystycznie ($p < 0,05$) interakcje czynników doświadczalnych; a,b,c,d – odmienne indeksy literowe wskazują na różnice istotne statystycznie między wartościami średnimi przy $p < 0,05$

i Cu, odpowiednio: 26,42; 35,63; 27,85; 18,72 i 86,13%. Najwyższą biodostępnością Ca, Mg i Fe odznaczało się ziarno jęczmienia, odpowiednio: 55,17; 53,11 i 35,99%, natomiast Zn i Cu – ziarno owsa, odpowiednio: 23,38 i 92,09%.

Stopień przetworzenia ziarna, niezależnie od jego rodzaju, miał znaczący wpływ na biodostępność Ca, Mg, Fe i Zn, ale nie Cu. Usunięcie łuski ziarna spowodowało istotny wzrost biodostępności Ca, Mg i Zn z powstałego produktu, odpowiednio o: 19,3; 14,1 i 20,4%. Kolejne procesy przetwarzania ziarna obłuszczonego, takie jak: śrutowanie i zmielenie na mąkę, miały lub nie miały istotnego wpływu na biodostępność poszczególnych składników mineralnych. I tak: biodostępność Zn w produkcie po śrutowaniu i po zmieleniu na mąkę wzrosła odpowiednio o 18,2% i 35,2%; biodostępność Ca nie zmieniła się znacząco po tych procesach, biodostępność Mg i Fe natomiast zmniejszyła się po śrutowaniu, odpowiednio o: 11 i 9%. Z kolei zmielenie śruty na mąkę spowodowało istotny wzrost biodostępności Mg o 14,8%.

Analiza wariancji ujawniła występowanie interakcji czynników doświadczalnych w oddziaływaniu na biodostępność Ca, Mg, Fe i Zn z produktów otrzymanych z ziarna jęczmienia. Największy wzrost biodostępności Ca występował po śrutowaniu ziarna obłuszczonego (o 35%) a Mg, Fe Zn, po obłuszczeniu ziarna (odpowiednio o 90, 66 i 82%).

Potencjalna biodostępność względna składników mineralnych z produktów spożywczych waha się w szerokich granicach i zależy od rodzaju form chemicznych w jakich one występują w matrycy oraz obecności substancji wiążących jony metali (4, 5, 8). Większość składników mineralnych w ziarnie zbóż jest ściśle związana z ich zewnętrzną warstwą, zwłaszcza z warstwą aleuronową, w której również znajdują się błonnik pokarmowy, kwas fitynowy oraz związki polifenolowe, które tworzą różnego rodzaju kompleksy i chelaty z jonami metali. Kwas fitynowy pełni funkcję naturalnego środka chelatującego, który obniża absorpcję pierwiastków takich jak Ca, Mg, Fe, Zn (9, 10). Można temu przeciwdziałać na przykład poprzez obróbkę cieplną produktów zbożowych, zarówno podczas procesu mielenia ziarna i wypieku chleba oraz kiełkowanie ziaren zbóż i ich fermentację (7). Inny sposób polega na dodatku enzymu fitazy, powodującej enzymatyczną degradację kwasu fitynowego lub dodatku kwasu askorbinowego, który zwiększa wchłanianie Fe z przewodu pokarmowego (11). Chelatujące właściwości związków zawartych w produktach zbożowych w stosunku do wapnia zawartego w produktach mlecznych zaobserwowali *Kłobukowski i współpr.* (12) oraz *Bell i współpr.* (13).

W niniejszej pracy wykazano, że największy wpływ na biodostępność Ca, Mg, Fe i Zn (ale nie Cu) z ziarna zbóż ma usunięcie łuski, co można tłumaczyć zmniejszeniem zawartości związków chelatujących metale (polifenoli, szczawianów, fitynianów). Innym czynnikiem determinującym biodostępność składników mineralnych jest błonnik pokarmowy zawarty głównie w okrywie okołonasiennej ziarna, który może wpływać na aktywność enzymów trawiennych. *Amarowicz i współpr.* (14) podają, że niektóre składniki błonnika pokarmowego mogą oddziaływać z grupami amfoterycznymi enzymów trawiennych, prowadząc do zmniejszenia ich aktywności. Ponadto, niektóre frakcje hydratowane błonnika mogą zmniejszać oddziaływanie enzymu z substratem. W poprzedniej pracy *Suliburska i Krejpcio* (5) wykazali, że stopień uwalniania Ca z ziarna ryżu białego (obłuszczonego) był wyższy (o ok. 130%) niż z ziarna ryżu brązowego (z łuską), natomiast w przypadku Zn zanoto-

wano zależność odwrotną. Z kolei *Gillooly* i współpr. (15) donoszą, że absorpcja Fe z otrębów pszennych była znacznie wyższa w porównaniu z mąką pszenną. Natomiast *Franz* i współpr. (16) zaobserwowali, że uwalnianie Zn z mąki pszennej i ziarna obłuszczonego było wyższe niż z mąki pełnoziarnowej.

WNIOSKI

1. Wyższą biodostępnością względną Ca, Mg i Fe odznaczają się produkty otrzymane z ziarna jęczmienia, a Zn i Cu z ziarna owsa, w porównaniu do produktów z ziarna pszenicy.
2. Usunięcie łuski z ziarna ma największy wpływ na wzrost biodostępności Ca, Mg, Fe i Zn z produktu zbożowego, ale nie wpływa na biodostępność Cu.
3. Największy wzrost biodostępności Ca, Mg, Fe i Zn z ziarna po obróbce mechanicznej występuje w przypadku ziarna jęczmienia

Z. Krejpcio, J. Suliburska, E. Król, A. Kawka, K. Marcinek

EFFECT OF TYPE OF CEREAL GRAIN AND THE DEGREE OF ITS PROCESSING ON POTENTIAL BIOAVAILABILITY OF MINERALS IN VITRO CONDITIONS

Summary

The objective of this study was to evaluate the effect of the type of cereal grains (wheat, barley, oat) and the degree of its processing (raw, hulled, bruised, ground on flour) on the potential bioavailability of minerals (Ca, Mg, Fe, Zn, Cu) that was calculated on the basis of the amount of element released after enzymatic digestion *in vitro*, to its total content in the material. It was found that both experimental factors affected bioavailability of minerals, in particular, higher bioavailability of Ca, Mg and Fe was obtained from barley, while Zn and Cu from oat, in comparison to wheat. Hulling has the greatest effect on the increase of bioavailability of Ca, Mg, Fe and Zn from cereal product, but not Cu. The highest increase of bioavailability of Ca, Mg, Fe and Zn from processed cereal grain is observed for barley.

PIŚMIENNICTWO

1. *Prasad A., Halsted J., Nadimi M.*: Syndrome of iron deficiency anemia, hepatosplenomegaly, hypogonadism, dwarfism and geophagia. *Am. J. Med.*, 1988; 31: 532-46. – 2. *McKneown N., Meigs J., Liu S., Wilson P., Jacques P.*: Whole-grain intake is favorably associated with metabolic risk factors for type 2 diabetes and cardiovascular disease in the Framingham Offspring Study. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2002; 76: 390-8. – 3. *Larsson M., Minekus M., Havenaar R.*: Estimation of the bioavailability of iron and phosphorus in cereals using a dynamic *in vitro* gastrointestinal model. *J. Sci. Food Agric.*, 1997; 74: 99-106. – 4. *Krejpcio Z., Suliburska J., Hyżyk A., Dyba S., Grochowicz A.*: Ocena zawartości i potencjalnej biodostępności składników mineralnych z żywności dla diabetyków. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2012; 45(3): 1105-1109. – 5. *Suliburska J., Krejpcio Z.*: Evaluation of the content and bioaccessibility of iron, zinc, calcium and magnesium from groats, rice, leguminous grains and nuts. *J. Food Sci. Technol.*, 2014; 589-594. – 6. *Zieliński H., Achremowicz B., Przygodzka M.*: Przeciwtleniacze ziarniaków zbóż. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012; 1(80): 5-26. – 7. *Lopez H.W., Leenhardt F., Remesy Ch.*: New data on the bioavailability of bread magnesium. *Magnesium Research*, 2004; 17(4): 335-340 – 8. *Suliburska J., Krejpcio Z., Lampart-Szczapa E., Wójciak R.W.*: Effect of fermentation and extrusion on the release of selected minerals from lupine grain preparations. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, 2009; 8(3): 87-96. – 9. *López de Romaña D., Lonnerdall B., Brown K.H.*: Absorption of zinc from wheat products fortified with

iron and either zinc sulfate or zinc oxide. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2003; 78: 279-83. – 10. *Frolich W.*: Bioavailability of minerals from cereals *CRC Handbook of Dietary Fiber in Human Nutrition*, 2001; 499-530.

11. *Davidsson L.*: Approaches to improve iron bioavailability from complementary foods. *J. Nutr.*, 2003, 133(5): 15605-15625. – 12. *Klobukowski J.A., Skibniewska K.A., Kowalski I.M.*: Calcium bioavailability from dairy products and its release from food by in vitro digestion. *J. Elem.*, 2014; 1: 277-288. – 13. *Bell J.G., Keen C.L., Lönnerdal B.*: Effect of infant cereals on zinc and copper absorption during weaning *AJDC*, 1987; 141: 1128-1132. – 14. *Amarowicz R., Korczakowska B., Smoczyńska K.*: Effect of fiber from buckwheat on the in vitro enzymatic digestion of protein. *Food/Nahrung*, 2006; (32): 1005–1006. – 15. *Gillooly M., Bothwell T.H., Charlton R.W., Torrance J.D., Bezwoda W.R., MacPhail A.P., Derman D.P., Novelli L., Morrall P., Mayet F.*: Factors affecting the absorption of iron from cereals. *B. J. Nutr.*, 1984; 51(1): 37-46. – 16. *Franz K.B., Kennedy B.M., Fellers D.A.*: Relative bioavailability of zinc from selected cereals and legumes using rat growth. *J. Nutr.*, 1980; 110(11): 2272-2283.

Adres: 60-624 Poznań, ul. Wojska Polskiego 31