

*Iwona Sergiel, Paweł Pohl<sup>1)</sup>*

## WYBRANE MAKRO- I MIKROELEMENTY W LUBUSKICH MIODACH PSZCZELICH\*

Katedra Biotechnologii, Wydziału Nauk Biologicznych  
Uniwersytetu Zielonogórskiego  
Kierownik: dr hab. *J. Koziol*, prof. UZ

<sup>1)</sup> Wydziałowy Zakład Chemii Analitycznej, Wydziału Chemicznego,  
Politechniki Wrocławskiej  
Kierownik: prof. dr hab. inż. *W. Żywnicki*

*Oznaczono zawartości Ca, Cu, Fe, Mg, Mn i Zn w miodzie akacjowym, gryczanym, lipowym, rzepakowym, wielokwiatowym oraz wrzosowym, pochodzącym z lubuskich pasiek, za pomocą atomowej spektrometrii absorpcyjnej z atomizacją w płomieniu (FAAS). Stwierdzono średnią zawartość Ca ( $36,3 \pm 12,41 \mu\text{g/g}$ ), Cu ( $0,26 \pm 0,20$ ), Fe ( $1,20 \pm 0,63 \mu\text{g/g}$ ), Mg ( $16,5 \pm 13,10 \mu\text{g/g}$ ), Mn ( $2,19 \pm 2,82 \mu\text{g/g}$ ) i Zn ( $0,93 \pm 0,50 \mu\text{g/g}$ ) w analizowanych miodach.*

Hasła kluczowe: Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, Zn, miód, atomowa spektrometria absorpcyjna z atomizacją w płomieniu (FAAS).

Key words: Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, Zn, honey, flame atomic absorption spectrometry (FAAS).

Liczba rodzin pszczelich w Polsce wynosi ponad 1120 tysięcy. Najwięcej rodzin pszczelich użytkowanych jest w województwach: lubelskim, podkarpackim, warmińsko-mazurskim i małopolskim (40,3% ogólnej liczby rodzin), a najmniej w podlaskim, opolskim i lubuskim (9,1%) (1). Głównymi odbiorcami polskiego miodu, oprócz odbiorców krajowych, są kraje Unii Europejskiej, w szczególności Niemcy, Republika Czeska, Dania i Francja.

Biorąc pod uwagę właściwości zdrowotne miodu oraz jego przeznaczenie, kluczową rolę przywiązuje się do jakości tego produktu. Jednym z paramentów określających jakość rodzimych odmian miodu pszczelego jest zawartość w nim makro- i mikroelementów oraz metali ciężkich. Zagadnienie to znalazło odzwierciedlenie w postaci licznych publikacji poświęconych analizie miodów pochodzących z różnych rejonów Polski na zawartość wybranych metali (2–13). Jednakże analiza miodów pszczelich w większości opisanych przypadków, skupiając się na badaniu właściwości danego gatunku miodu, nie jest ukierunkowana na wskazanie walorów samego regionu, z którego miód pochodzi. Biorąc pod uwagę przywiązanie do wy-

---

\* Badania współfinansowane ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego w ramach projektu systemowego programu operacyjnego Kapitał Ludzki 2007–2013.

robów regionalnych i tradycyjnych sposobów ich wytwarzania przez coraz większą grupę konsumentów, informacja o jakości produktów w określonym regionie jest bardzo istotna. Chcąc sprostać potrzebom wspomnianej grupy konsumentów, ważne wydaje się przedstawienie wyników badań produktów żywnościowych w odniesieniu do konkretnego regionu, z którego pochodzą. Z uwagi na wykorzystanie miodu jako wskaźnika zanieczyszczenia środowiska na danym terenie (11, 13), wyniki takich badań mogą również zobrazować stan jakościowy danego produktu.

W pracy przedstawiono wyniki oznaczeń zawartości Ca, Cu, Fe, Mg, Mn i Zn w miodach pszczelich pochodzących z pasiek zlokalizowanych w okolicach Zielonej Góry. Przedstawione dane mogą być przydatne konsumentom przy wyborze lokalnych odmian miodów, jak również samym pszczelarzom przy ocenie jakości produktów pochodzących z ich pasiek, co z kolei może przyczynić się do rozwoju pszczelarstwa w tym rejonie Polski.

## MATERIAŁY I METODY

Próbki 16 odmianowych miodów pszczelich nektarowych (A – akacjowy, G – gryczany, L – lipowy, R – rzepakowy, Wk – wielokwiatowy, W – wrzosowy) pochodziły z 6 pasiek pszczelarzy zrzeszonych w Lubuskim Związku Pszczelarzy. Pochodzenie botaniczne tych miodów zostało określone przez samych pszczelarzy oraz potwierdzone dodatkową analizą pyłkową w Oddziale Pszczelnictwa Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarstwa w Puławach.

Stężenia Ca, Cu, Fe, Mg, Mn oraz Zn w miodach oznaczono metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej z atomizacją w płomieniu acetylenowo-powietrznym silnie utleniającym (FAAS). Do tego celu zastosowano aparat Perkin Elmer 1100B oraz metodę krzywych wzorcowych. Analizowano bezpośrednio 5,0% (m/m) roztwory wodne miodów bez ich wcześniejszego przygotowania czy przetworzenia, co znacznie skróciło czas analizy pierwiastkowej (6–9). Dla każdego rodzaju miodu sporządzono 2 równoległe próbki.

Obliczenia statystyczne wykonano za pomocą programu Statistica 9.0 (StatSoft, Polska).

## WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Na podstawie opublikowanych dotychczas wyników badań miodów pochodzących z różnych rejonów Polski, stwierdzono, że makro- i mikroelementy w miodach pochodzących z pasiek województwa lubuskiego, w szczególności z okolic Zielonej Góry, nie były do tej pory oznaczane. Wprawdzie *Chudzińska* i *Baralkiewicz* (3) oraz *Madejczyk* i *Baralkiewicz* (5) analizowały miody gryczane i rzepakowe pochodzące z różnych pasiek, w tym także zlokalizowanych w województwie lubuskim, ale przedstawione wyniki odnosiły się do charakterystyki danej odmiany miodu, a nie do rejonu, z którego miód pochodził. Zakres informacji zamieszczony w tab. I dotyczy zawartości Ca, Cu, Fe, Mg, Mn i Zn w polskich miodach odmianowych i obejmuje okres ostatniego dziesięciolecia.

Tabela I. Zawartość całkowita Ca, Cu, Fe, Mg, Mn i Zn w polskich miodach pszczelich, ( $\mu\text{g/g}$ )Table I. Total concentrations of Ca, Cu, Fe, Mg, Mn and Zn in Polish bee honeys, ( $\mu\text{g/g}$ )

Lit.	Rejon pochodzenia miodu	Miód	Zawartość całkowita, $\mu\text{g/g}$					
			Ca	Cu	Fe	Mg	Mn	Zn
(2)	brak informacji	G	48,2	1,02		28,50	7,12	9,67
		R	66,4	0,36		22,80	0,71	5,83
(3)	dolnośląskie, kujawsko-pomorskie, lubuskie, małopolskie, świętokrzyskie, warmińsko-mazurskie, wielkopolskie, zachodnio-pomorskie	G	61,4*	0,91*		16,50*	8,88*	2,28*
		R	55,3*	0,17*		10,60*	1,08*	1,08*
(4)	śląskie świętokrzyskie kujawsko-pomorskie wielkopolskie	R	32,9	<LW	1,40	1,48	0,21	<LW
		R	84,1	<LW	4,00	1,60	0,35	0,88
		R	53,2	<LW	1,40	1,47	0,20	0,13
		R	16,1	1,69		18,52	0,61	0,99
(5)	świętokrzyskie, kujawsko-pomorskie, lubuskie, małopolskie	R i G		0,70**				5,88**
(6)	dolnośląskie	G		1,25				
		W		1,02				
(7)	brak informacji	G	28,3		2,84	11,20	8,18	
		W	81,7		2,65	106,00	5,41	
(8)	dolnośląskie	A						0,49
		G						0,66
		L						2,04
		R						0,74
		Wk						0,97
		W						2,16
(9)	dolnośląskie	A		0,76	0,69		1,98	
		L		0,59	2,04		1,05	
		R		0,75	1,99		0,99	
		Wk		0,79	3,74		2,05	
(10)	dostępne handlowo	A	20,6	0,29	0,71	7,07	0,58	2,89
		G	33,8	0,64	10,60	11,20	3,21	7,98
		L	60,3	0,31	2,21	15,10	1,28	1,82
		Wk	50,6	<LW	3,19	17,80	2,51	7,04
		W	54,4	0,39	2,54	17,10	2,14	1,35
(11)	opolskie	Wk		0,82				
(12)	dolnośląskie	A	24,9			15,20		
		G	28,4			11,20		
		L	43,2			11,60		
		R	38,0			14,00		
		Wk	65,0			43,80		
		W	81,7			106,00		
(13)	mazowieckie	A	7,40	0,02	0,50	4,10	0,06	0,63
		L	63,2	0,02	0,90	6,90	0,10	1,73
		Wk	37,4	0,03	9,40	10,50	0,24	11,7

\* Wartość średnia dla poszczególnych odmian miodu z badanych obszarów łącznie;

\*\* Wartość średnia dla obu odmian miodu łącznie i badanych obszarów łącznie;

A – akacjowy, G – gryczany, L – lipowy, R – rzepakowy, Wk – wielokwiatowy, W – wrzosewy;

LW – limit wykrywalności.

W tab. II przedstawiono wyniki oznaczeń zawartości Ca, Cu, Fe, Mg, Mn i Zn w lubuskich miodach akacjowych, gryczanych, lipowych, rzepakowych, wielokwiatowych i wrzosowych. Wyniki badań własnych mieszczą się w zakresach stężeń występowania poszczególnych pierwiastków opisanych w piśmiennictwie na ten temat.

Tab e l a II. Zawartość całkowita Ca, Cu, Fe, Mg, Mn i Zn w lubuskich miodach pszczełich, ( $\mu\text{g/g}$ )

Tab l e II. Total concentrations of Ca, Cu, Fe, Mg, Mn and Zn in Lubuskie province bee honeys, ( $\mu\text{g/g}$ )

Miód	Ca	Cu	Fe	Mg	Mn	Zn
A1	22,5 ± 1,0	< 0,12	0,35 ± 0,04	7,73 ± 0,18	0,40 ± 0,06	1,04 ± 0,10
A2	16,3 ± 3,6	< 0,12	1,27 ± 0,08	2,94 ± 0,37	0,43 ± 0,01	1,81 ± 0,02
G1	30,4 ± 1,0	0,85 ± 0,11	0,63 ± 0,01	16,98 ± 0,81	8,95 ± 0,11	0,31 ± 0,12
G2	22,6 ± 2,5	< 0,12	0,78 ± 0,33	4,48 ± 0,09	7,38 ± 0,17	0,31 ± 0,02
L1	36,4 ± 0,1	0,19 ± 0,11	1,06 ± 0,04	7,95 ± 0,09	0,54 ± 0,19	0,65 ± 0,01
L2	47,3 ± 0,3	0,29 ± 0,25	1,42 ± 0,27	15,25 ± 0,61	0,48 ± 0,02	0,59 ± 0,15
Wk1	52,8 ± 0,5	0,63 ± 0,09	2,15 ± 0,20	33,57 ± 0,48	1,51 ± 0,28	1,33 ± 0,01
Wk2	17,8 ± 1,3	< 0,12	0,42 ± 0,01	5,20 ± 0,35	0,95 ± 0,30	0,49 ± 0,06
Wk3	44,8 ± 0,3	0,27 ± 0,16	0,98 ± 0,06	13,17 ± 0,19	0,83 ± 0,11	0,59 ± 0,05
Wk4	34,1 ± 0,2	< 0,12	1,23 ± 0,55	30,91 ± 1,90	0,74 ± 0,01	0,74 ± 0,07
Wk5	44,6 ± 3,2	0,29 ± 0,25	1,64 ± 0,22	10,66 ± 0,02	0,70 ± 0,28	1,44 ± 0,06
Wk6	24,4 ± 2,3	0,43 ± 0,43	0,59 ± 0,06	8,90 ± 0,19	0,42 ± 0,06	0,83 ± 0,05
R1	43,2 ± 0,5	0,15 ± 0,05	1,03 ± 0,08	14,03 ± 0,79	0,39 ± 0,08	0,94 ± 0,02
R2	36,8 ± 0,2	< 0,12	0,83 ± 0,06	9,19 ± 0,11	0,38 ± 0,06	0,52 ± 0,03
W1	52,3 ± 2,0	0,19 ± 0,04	2,29 ± 0,51	31,02 ± 2,83	6,79 ± 0,02	1,85 ± 0,16
W2	54,3 ± 0,1	0,22 ± 0,01	2,47 ± 0,19	51,92 ± 3,05	4,15 ± 0,29	1,56 ± 0,80
Max.	54,3	0,85	2,47	51,92	8,95	1,85
Min.	16,3	< 0,12	0,35	2,94	0,38	0,31
Średnia	36,3	0,26	1,20	16,50	2,19	0,93

Wartości średnie ( $n = 3$ ) ± odchylenie standardowe

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej. Współczynniki zmienności zawartości średnich Cu, Mg i Mn obliczone dla wszystkich analizowanych miodów wynosiły odpowiednio 77, 79 i 129%, wskazując na bardzo silne rozproszenie zawartości tych pierwiastków w analizowanych miodach. Wartości współczynnika zmienności dla średnich zawartości Ca, Fe i Zn, odpowiednio 34, 53 i 54%, wskazywały na umiarkowane rozproszenie tych pierwiastków w analizowanych miodach. Spośród oznaczanych pierwiastków, najwyższe zawartości odnotowano dla Ca (średnia zawartość  $36,3 \pm 12,41 \mu\text{g/g}$ ) oraz Mg (średnia zawartość  $16,5 \pm 13,10 \mu\text{g/g}$ ). Średnie zawartości Fe i Mn wynosiły odpowiednio  $1,20 \pm 0,63$  i  $2,19 \pm 2,82 \mu\text{g/g}$ . Analizowane miody odznaczały się bardzo niską (w porównaniu do wyników uzyskanych dla miodów z pozostałych obszarów kraju, tab. I) średnią zawartością Cu i Zn, wy-

noszącą odpowiednio  $0,26 \pm 0,20$  i  $0,93 \pm 0,50$   $\mu\text{g/g}$ . Zarówno Cu i Zn są mikroelementami niezbędnymi do prawidłowego rozwoju organizmu i ich niska zawartość w produktach spożywczych nie jest czynnikiem pożądanym. Istotniejszym jednak faktem jest to, że pierwiastki te mogą odzwierciedlać stan zanieczyszczenia środowiska na terenie wokół pasieki, a także sposób przechowywania i przetwarzania miodu przez pszczelarzy (13). Niska zawartość Cu i Zn może być związana ze stosowaniem właściwych praktyk pszczelarskich, ograniczających do minimum możliwość zanieczyszczenia miodu tymi pierwiastkami, a także wskazywać na zadawalający stan środowiska w rejonie, z którego analizowane miody pochodzą. Na uwagę zasługuje także fakt występowania dużej ilości Mn w ciemnych miodach odmianowych (gryczanym i wrzosowym), tj.  $6,82 \pm 1,73$   $\mu\text{g/g}$ . W wielu pracach podkreśla się, że Mn w odpowiednio dobranych dawkach może posiadać właściwości terapeutyczne, związane z przeciwoxidacyjnym działaniem enzymów manganozależnych we krwi czy ograniczeniem skutków niedokrwienia mięśnia sercowego (14).

Biorąc pod uwagę zróżnicowanie gatunkowe analizowanych miodów, stwierdzono, że miody akacjowe wyróżniają się najmniejszą zawartością wszystkich oznaczanych pierwiastków, zaś miody wrzosowe, największą. Suma zawartości Ca, Cu, Fe, Mg, Mn i Zn dla tych odmian miodu mieści się odpowiednio w granicach 23–32  $\mu\text{g/g}$  i 94–115  $\mu\text{g/g}$ . W przypadku miodów gryczanych, lipowych, rzepakowych i wielokwiatowych, suma stężeń oznaczanych pierwiastków w tych miodach wynosi odpowiednio 36–58, 47–65, 48–60 i 34–92  $\mu\text{g/g}$ . Pod względem zawartości poszczególnych pierwiastków, lubuskie miody wrzosowe zawierają najwięcej Ca (53,3  $\mu\text{g/g}$ ), Fe (2,3  $\mu\text{g/g}$ ), Mg (41,0  $\mu\text{g/g}$ ) i Zn (1,7  $\mu\text{g/g}$ ).

Analizując korelacje liniowe na poziomie istotności  $p < 0,05$  pomiędzy stężeniami oznaczanych pierwiastków we wszystkich analizowanych miodach, znaleziono silne dodatnie zależności między następującymi parami pierwiastków: Ca–Fe (współczynnik korelacji 0,796), Ca–Mg (0,717), Fe–Mg (0,789) oraz Fe–Zn (0,713).

Table III. Stopień pokrycia zalecanego dziennego spożycia (RDA) Ca, Cu, Fe, Mg i Zn oraz wystarczającego spożycia (AI) Mn w przypadku osób dorosłych związany ze spożyciem 100 g miodów wielokwiatowych i wrzosowych, (%)

Table III. The contribution of the intake of 100 g of multiflower and heather honeys to the recommended daily allowances (RDA) of Ca, Cu, Fe, Mg and Zn and adequate intake (AI) of Mn in case of adults, (%)

	Ca		Cu		Fe		Mg		Mn		Zn	
	Wk	W	Wk	W	Wk	W	Wk	W	Wk	W	Wk	W
Wartość średnia	36,4	53,3	0,31	0,21	1,17	2,38	17,1	41,5	0,86	5,47	0,90	1,71
%	0,3–0,4	0,4–0,5	3,4	2,3	0,7–1,2	1,3–2,4	0,4–0,5	1,0–1,3	3,7–4,8	23,8–30,0	0,8–1,1	0,9–2,1

Zalecane dzienne spożycie (RDA, mg/dzień dla osoby dorosłej): 1000–1200 (Ca); 0,9 (Cu); 10–18 (Fe); 320–420 (Mg); 8–11 (Zn); Zalecane wystarczające spożycie (AI, mg/dzień dla osoby dorosłej): 1,8–2,3 (Mn).

Na podstawie wyników zawartości całkowitych oznaczanych metali w analizowanych miodach oraz zalecanych norm żywieniowych oszacowano procentowy stopień realizacji zalecanego dziennego spożycia (RDA) Ca, Cu, Fe, Mg i Zn (15) oraz poziom wystarczającego spożycia (AI) Mn (16) dla osób dorosłych, związany

ze spożyciem ok. 100 g miodów wielokwiatowych – najchętniej kupowana odmiana miodu w Polsce (1) i wrzosowych – największą zawartość Ca, Fe, Mg i Zn spośród analizowanych miodów lubuskich. Z tab. III wynika, że miody wielokwiatowe oraz wrzosowe pokrywają w niewielkim stopniu dzienne zapotrzebowanie na Ca (0,3–0,5% RDA) oraz Mg (0,4–1,3% RDA). W przypadku Cu, Fe oraz Zn, spożycie 100 g tych miodów może pokryć odpowiednio 2,3–3,4; 0,7–2,4 oraz 0,8–2,1% RDA. Tylko w przypadku Mn, spożycie analizowanych miodów może pokryć od 3,7 aż do 30,0% AI na ten pierwiastek.

## WNIOSKI

1. Lubuskie ciemne miody odmianowe (gryczany i wrzosowy) zawierają znaczną ilość Mn ( $6,82 \pm 1,73 \mu\text{g/g}$ ). Spożycie ok. 100 g tych miodów może pokryć nawet do 30% AI.

2. Pod względem zawartości poszczególnych pierwiastków analizowane miody wrzosowe zawierają najwięcej Ca ( $53,3 \mu\text{g/g}$ ), Fe ( $2,3 \mu\text{g/g}$ ), Mg ( $41,0 \mu\text{g/g}$ ) i Zn ( $1,7 \mu\text{g/g}$ ).

3. Niskie średnie zawartości Cu i Zn ( $0,26 \pm 0,20$  i  $0,93 \pm 0,50 \mu\text{g/g}$ ) w analizowanych miodach odmianowych z okolic Zielonej Góry wskazują na stosowanie odpowiednich praktyk pszczelarskich oraz na brak zanieczyszczenia środowiska tego obszaru.

I. Sergiel, P. Pohl

### SELECTED MACRO- AND MICROELEMENTS IN BEE HONEY FROM LUBUSKIE PROVINCE

#### Summary

Concentrations of Ca, Cu, Fe, Mg, Mn and Zn were determined in acacia, buckwheat, linden, rape, multiflower and heather bee honey directly taken from apiaries located in Lubuskie province using flame atomic absorption spectrometry (FAAS). An average content of Ca ( $36,3 \pm 12,41 \mu\text{g/g}$ ), Cu ( $0,26 \pm 0,20$ ), Fe ( $1,20 \pm 0,63 \mu\text{g/g}$ ), Mg ( $16,5 \pm 13,10 \mu\text{g/g}$ ), Mn ( $2,19 \pm 2,82 \mu\text{g/g}$ ) and Zn ( $0,93 \pm 0,50 \mu\text{g/g}$ ) was found in analysed honey samples.

## PIŚMIENNICTWO

1. *Semkiw P., Ochal J.*: Analiza sektora pszczelarskiego w Polsce dla opracowania Krajowego Programu Wsparcia Pszczelarstwa w latach 2010-2013. Instytut Sadownictwa i Kwiaciarstwa im. Szczepana Pieniążka, Oddział Pszczelnictwa w Puławach, Puławy, 2009. – 2. *Chudzińska M., Dębska A., Baralkiewicz D.*: Method validation for determination of 13 elements in honey samples by ICP-MS, Accred. Qual. Assur., 2012; 17: 65-73. – 3. *Chudzińska M., Baralkiewicz D.*: Estimation of honey authenticity by multielements characteristics using inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS) combined with chemometrics, Food Chem. Toxicol., 2010; 48: 284-290. – 4. *Madejczyk M., Baralkiewicz D.*: Characterization of Polish rape and honeydew honey according to their mineral contents using ICP-MS and F-AAS/AES, Anal. Chim. Acta, 2008; 617: 11-17. – 5. *Madejczyk M., Baralkiewicz D.*: Characterization of honey from different areas of Poland by their physico-chemical parameters and trace elements, Ecol. Chem. Eng. A, 2008; 15: 675-682. – 6. *Pohl P., Sergiel I.*: Direct analysis of dark honeys for total content of copper and its fractionation forms, Food Anal. Methods, 2012; 5: 113-118. – 7. *Pohl P., Sergiel I.*:

Direct determination of the total concentrations of calcium, iron, magnesium and manganese in addition to their chemical and physical fraction in dark honeys by means of flame atomic absorption spectrometry with solid phase extraction and ultrafiltration, *Analyt. Lett.*, 2011; 13: 2265-2279. – 8. *Pohl P., Sergiel I., Prusisz B.*: Direct analysis of honey for the total content of Zn and its fractionation forms by means of flame atomic absorption spectrometry with solid phase extraction and ultrafiltration approaches, *Food Chem.*, 2011; 125: 1504-1509. – 9. *Pohl P., Sergiel I.*: Direct determination of the total concentrations of copper, iron and manganese and their fractionation forms in freshly ripened honeys by means of flame atomic absorption spectrometry, *Microchim. Acta*, 2010; 168: 9-15. – 10. *Pohl P., Stecka H., Greda K., Jamróz P.*: Bioaccessibility of Ca, Cu, Fe, Mg, Mn and Zn from commercial bee honeys, *Food Chem.*, 2012; 134: 392-396.

11. *Roman A.*: Levels of Copper, Selenium, Lead, and Cadmium in forager bees, *Polish J. Environ. Stud.*, 2010; 19: 663-669. – 12. *Sergiel I., Pohl P.*: Determination of the total content of calcium and magnesium and their bioavailability in ripened bee honeys, *J. Agric. Food Chem.*, 2010; 58: 7497-7501. – 13. *Wieczorek J., Wieczorek Z., Mozolewski W.*: Can bee honey serve as an environmental marker?, *Polish J. Environ. Stud.*, 2006; 15: 203-207. – 14. *Brurok H., Ardenkjaer-Larsen J., Hansson G., Skarra S., Berg K., Karisson J.O.G., Laursen Ib., Jynge P.*: Manganese dipyridoxyl diphosphate: MRI contrast agent with antioxidative and cardioprotective properties?, *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 1999; 254: 768-772. – 15. *Jarosz M. – red.*: Normy żywienia dla populacji polskiej – nowelizacja. Instytut Żywności i Żywienia, Warszawa, 2012. – 16. Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, The National Academies, Washington, DC 20418, USA, 2001.

Adres: 50-370 Wrocław, ul. Wybrzeże St. Wyspiańskiego 27