

MAKRO- I MIKROELEMENTY ORAZ PIERWIASTKI TOKSYCZNE W PREPARATACH WITAMINOWO-MINERALNYCH DOSTĘPNYCH NA RYNKU KRAJOWYM

Renata Jędrzejczak, Wiesława Ręczajska, Monika Popowska

Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego,
Zakład Analizy Żywności,
ul. Rakowiecka 36, 02-532 Warszawa
renata.jedrzejczak@ibprs.pl

Streszczenie

Zawartość makro-, mikroelementów i pierwiastków toksycznych oznaczono w 55 preparatach witaminowo-mineralnych. Wykorzystano do tego technikę absorpcyjnej spektrometrii atomowej w trybie FAAS do oznaczeń zawartości Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, FAES do oznaczeń zawartości K, ETAAS do oznaczeń zawartości Cr, Se, As, Cd, Ni, Pb i AAS techniką amalgamacji do oznaczenia zawartości Hg. Stosowane do oznaczeń metody zostały zweryfikowane poprzez analizę dwóch certyfikowanych materiałów odniesienia INCT-TL-1 Tea Leaves and INCT-MPH-2 Mixed Polish Herbs. Zawartości makro- i mikroelementów (w mg/kg) w badanych preparatach witamino-mineralnych wahały się: Ca (<10-177300), K (<5-58100), Mg (<2-317100), Cr (<0,01-43), Cu (<0,2-2200), Fe (<1,0-8820), Mn (<0,2-2090), Se (<0,01-156), Zn (<0,5-17300). Zawartości pierwiastków toksycznych (mg/kg) wahały się: As (<0,01-0,57), Cd (<0,001-0,841), Hg (<0,001-0,022), Ni (<0,01-4,33), Pb (<0,001-0,725).

Udział (%) pojedynczej dawki preparatu witaminowo-mineralnego w referencyjnym dziennym zapotrzebowaniu jest następujący: Ca (0,2-22), K (0,05-2,9), Mg (0,6-85), Cr (0,1-108), Cu (1,8-220), Fe (0,1-63), Mn (0,5-105), Se (0,5-284), Zn (0,1-173). Dzielne pobranie pierwiastków toksycznych było małe i dla Cd i Hg poniżej określonego tolerowanego poziomu pobrania.

Słowa kluczowe: makro-, mikroelementy, pierwiastki toksyczne, preparaty witaminowo-mineralne, dziennie pobranie

**CONTENT OF MACRO- AND MICROELEMENTS AND TOXIC ELEMENTS
IN VITAMIN AND MINERAL PREPARATIONS AVAILABLE
ON THE POLISH MARKET**

Summary

Concentration of macroelements (Ca, K, Mg), microelements (Cu, Cr, Fe, Mn, Se, Zn) and toxic elements (As, Cd, Hg, Ni, Pb) were determined in 55 vitamin and mineral preparations. For this purpose atomic absorption spectrometry technique was used in the mode of FAAS for Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, FAES for K, ETAAS for Cr, Se, As, Cd, Ni, Pb and AAS with amalgamation technique for Hg determinations. The methods used for the determination were verified by analyzing two certified reference materials: INCT-TL-1 Tea Leaves and INCT-MPH-2 Mixed Polish Herbs. Regarding to macro- and microelements in examined vitamin and mineral preparations the contents ranged, in mg/kg: Ca (<10-177300), K (<5-58100), Mg (<2-317100), Cr (<0,01-43), Cu (<0,2-2200), Fe (<1,0-8820), Mn (<0,2-2090), Se (<0,01-156), Zn (<0,5-17300). Concerning the toxic elements, the contents ranged, in mg/kg: As (<0,01-0,57), Cd (<0,001-0,841), Hg (<0,001-0,022), Ni (<0,01-4,33), Pb (<0,001-0,725). One daily dose of vitamin and mineral preparation contributed to the daily reference intake as much as, in %: Ca (0,2-22), K (0,05-2,9), Mg (0,6-85), Cr (0,1-108), Cu (1,8-220), Fe (0,1-63), Mn (0,5-105), Se (0,5-284), Zn (0,1-173). The estimated daily intake of the toxic elements were low and for Cd and Hg was below established tolerable intake.

Key words: macro-, microelements, toxic elements, vitamin and mineral preparations, daily intake

WPROWADZENIE

Składniki mineralne, w tym makro- i mikroelementy są uznane za niezbędne w żywieniu człowieka dla zapewnienia prawidłowego przebiegu procesów życiowych, bez których niemożliwe jest utrzymanie zdrowia, a nawet życia [Baringer i in. 2003, Krasnowska, Sikora 2011]. Pełnią w organizmie różnorakie funkcje: stanowią materiał budulcowy kości, zębów, skóry i włosów, regulują gospodarkę wodno-elektrolitową i utrzymują równowagę kwasowo-zasadową oraz inne funkcje regulujące [Jarosz, 2017]. Odkrycie roli makro- i mikroelementów w prawidłowym funkcjonowaniu organizmu człowieka przyczyniło się do rozwoju badań nad ich przyswajalnością i skutkami nadmiaru lub niedoboru dla zdrowia

człowieka. Stało się to również podstawą do określenia zapotrzebowania dla prawidłowego funkcjonowania organizmu człowieka. Ziemiański [2001] wykazał, że prawidłowe żywienie powinno dostarczać organizmowi minimum 16 składników mineralnych. Do makroelementów niezbędnych dla człowieka zalicza się pierwiastki, takie jak: wapń, fosfor, magnez, sód, potas, chlor, których dzienne zapotrzebowanie jest większe niż 100 mg/osobę. Mikroelementami, bądź pierwiastkami śladowymi niezbędnymi dla organizmu człowieka w ilościach mniejszych niż 100 mg/osobę są: cynk, mangan, miedź, selen, chrom, żelazo, jod, kobalt, molibden, fluor. Zwłaszcza mikroelementy wykazują zróżnicowane spektrum działania w zależności od poziomu ich zawartości w organizmie: od działań szkodliwych do korzystnych i to zarówno w przypadku nadmiernych ilości jak i niedoborów. Przyczyniło się to do ustalenia norm żywieniowych wykorzystujących zarówno wyniki badań poziomu spożycia poszczególnych składników żywności przez różne grupy populacji ludzkiej, jak i badań wpływu niedoboru lub nadmiaru danego składnika na zdrowie człowieka. Na podstawie dostępnych danych żywieniowych, dla różnych grup populacji od niemowląt do osób starszych opracowano zalecenia żywieniowe (DRI – Dietary Reference Intake) w odniesieniu do spożycia witamin i składników mineralnych [Jarosz 2017, Institute of Medicine 2011, EFSA 2017].

Referencyjne wartości dziennego spożycia makro- i mikroelementów wraz z suplementami diety reguluje obowiązujące Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) [2011], które przedstawione są w tabeli 1.

Tabela 1. Wartości referencyjne do znakowania suplementów diety
Reference values for labeling dietary supplements

Pierwiastek	Zalecane dzienne spożycie
Makroelementy	
Ca	800 mg
K	2 000 mg
Mg	375 mg
Mikroelementy	
Cu	1 mg
Cr	40 µg
Fe	14 mg
Mn	2 mg
Se	55 µg
Zn	10 mg

W odniesieniu do pierwiastków toksycznych ustalone zostało dzienne tolerowane pobranie dla kadmu, które wynosi – 58 µg/dzień oraz rtęci nieorganicznej – 40 µg/dzień, dla osoby dorosłej o masie 70 kg. Dla ołowiu, ze względu na brak jednoznacznych wyników badań toksykologicznych, nie ustalono dziennego tolerowanego pobrania, podobnie jak dla arsenu i niklu [EFSA 2010,2011,2012].

Witaminy i składniki mineralne dostarczane są do organizmu człowieka głównie z żywnością, ale również coraz częściej w postaci suplementów diety, jako uzupełnienie ewentualnych ich niedoborów. Mogą one być skutkiem niewłaściwego zaopatrzenia organizmu w substancje odżywcze trwającego w dłuższym przedziale czasowym i objawiać się w różnym wieku. Jako przyczyny wskazuje się niewłaściwe odżywianie (np. nieregularne odżywianie, stosowanie restrykcyjnych diet, wegetarianizm, weganizm), choroby (np. osteoporoza), aktywność fizyczna (np. u sportowców). W takich przypadkach najbardziej skuteczne jest uzupełnianie diety w preparaty witaminowo-mineralne wzmacniające organizm, poprawiające stan zdrowia i zmniejszające ryzyko wystąpienia niektórych schorzeń, takich jak np. infekcje, choroby układu sercowo-naczyniowego, choroby nowotworowe i inne choroby przewlekłe [Bojarowicz, Dźwigulska 2012, Rutherbusch 2015, Huang i in. 2006, Petroczi i in. 2007].

Każdego roku na polskim rynku farmaceutycznym i spożywczym pojawia się wiele różnego rodzaju preparatów witaminowo-mineralnych adresowanych do różnych grup populacji, a także płci, w tym dla osób dorosłych i starszych, młodzieży, dzieci, a nawet niemowląt [Bojarowicz, Dźwigulska 2012, Kozyska i in. 2010].

W ich skład wchodzi różne kompozycje witamin, makro- i mikroelementów, a także różne substancje czynne (np. kofeina, luteina), ekstrakty roślinne (żeń-szeń, miłorząb japoński, imbir, skrzyp polny, czarna rzepa, kakao), pro- i prebiotyki czy aminokwasy, które dedykowane są do różnych grup populacji i do różnych zastosowań ze wskazaniem na działanie pro-zdrowotne [Bojarowicz i Dźwigulska 2012, Schlegel-Zawadzka i Barteczko 2009].

Wszystkie te substancje oprócz korzystnych, żywieniowo niezbędnych składników, mogą również zawierać różnego rodzaju zanieczyszczenia, w tym pierwiastki toksyczne, takie jak arsen, ołów, kadm, rtęć i inne stanowiące zagrożenie dla zdrowia [Abe i in. 2015, Filipiak-Szok i in., 2015, Genuis i in. 2012, Korfali i in. 2013, Martena i in. 2010, Schwalfenberg i in. 2018]. Z tego względu ich maksymalne dopuszczalne zawartości zostały określone w prawie unijnym z zaleceniem, aby poziomy ich występowania były najniższe jak to tylko jest możliwe [Rozporządzenie Komisji (WE) nr 629/2008]. W Tabeli 2 przedstawiono najwyższe

dopuszczalne poziomy występowania pierwiastków toksycznych w suplementach diety, takich jak ołów, kadm i rtęć. Dla innych pierwiastków toksycznych najwyższe dopuszczalne zawartości nie zostały ustanowione ze względu na niedostateczną liczbę danych dotyczących poziomów ich występowania oraz badań toksykologicznych.

Tabela 2. Najwyższe dopuszczalne poziomy (NDP) pierwiastków toksycznych w suplementach diety
Maximum level (ML) of toxic elements in dietary supplements

Pierwiastek toksyczny	NDP, mg/kg
Ołów (Pb)	3,0
Kadm (Cd)	1,0
Rtęć (Hg)	0,1

Rynek suplementów diety dynamicznie się rozwija i oszacowana w 2018 roku jego wartość ze sprzedaży aptecznej i poza aptecznej wyniosła 5,4 mld zł oraz wzrostem rok do roku 8%. Oceniono również, że w 2018 roku największym zainteresowaniem klientów cieszyły się suplementy diety na bazie witaminy D3 oraz nowe produkty, których wprowadzono blisko 13 tys. (PMR Market Experts, 2019). Przyczyn tak dynamicznego rozwoju tego rynku upatruje się w łatwej dostępności do suplementów diety bez konieczności wizyty u lekarza, chęci korzystania z medycyny alternatywnej, a także powszechnej wiedzy i świadomości o niedostatecznym pokryciu zapotrzebowania na makro- i mikroelementy dostarczane z dietą [Wallace i in. 2014].

Celem podjętych badań była ocena jakości dostępnych na rynku krajowym suplementów diety pod względem zawartości wybranych makroelementów (Ca, K, Mg), mikroelementów (Cu, Cr, Fe, Mn, Se, Zn) oraz pierwiastków toksycznych (As, Cd, Hg, Ni, Pb), a także ocena wielkości spożycia w odniesieniu do wartości zalecanych lub tolerowanych.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Materiał do badań

Materiał do badań stanowiły preparaty witaminowe i witaminowo-mineralne o różnym składzie dedykowane dla osób dorosłych, dostępne na rynku krajowym w latach 2009-2017, i były to:

- 20 próbek preparatów witaminowo-mineralnych,
- 10 próbek preparatów witaminowo-mineralnych z dodatkiem składników aktywnych,
- 10 próbek preparatów witaminowych z dodatkiem składników aktywnych,
- 10 próbek preparatów witaminowo-mineralnych dedykowanych dla kobiet,

- 5 próbek preparatów witaminowo-mineralnych dedykowanych dla mężczyzn.

Łącznie zbadano 55 próbek preparatów.

Do potwierdzenia ważności wyników badań uzyskanych wg stosowanych metod wykorzystano poniżej wymienione certyfikowane materiały odniesienia (CRM):

- INCT-TL-1 Tea Leaves
- INCT-MPH-2 Mixed Polish Herbs

Przygotowanie próbki do zawartości analizy makro-i mikroelementów (Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Zn)

Do próbki szklanej o pojemności 75 ml odważono około 1 g jednorodnej próbki (tabletki - utarto w moździerzu, z kapsułek wybrano zawartość) z dokładnością do 0,001 g, dodano 15 ml mieszaniny stężonych kwasów HNO₃-HClO₄ (3:1) (cz.d.a.) i pozostawiono pod przykryciem do następnego dnia. Mineralizację prowadzono w bloku grzejnym przez około 8 godzin, stopniowo podnosząc temperaturę do 200 °C, aż do pojawienia się białych dymów, wskazujących na zakończenie mineralizacji. Po ochłodzeniu roztwór przeniesiono do kolby pomiarowej o pojemności 50 ml i uzupełniono wodą podwójnie destylowaną do kreski.

Przygotowanie próbki do analizy zawartości pierwiastków śladowych (As, Cd, Cr, Ni, Pb, Se)

Do teflonowego naczynia pojemności 100 ml odważono około 0,30 g jednorodnej próbki z dokładnością do 0,001 g, dodano 4 ml stężonego HNO₃ (cz.d.a.) i pozostawiono pod przykryciem do następnego dnia. Mineralizację prowadzono w naczyniach zamkniętych w piecu mikrofalowym średnio ciśnieniowym (Mars 5) w temperaturze do 170 °C przez 50 min. Po ochłodzeniu roztwór przeniesiono wodą podwójnie destylowaną do kolby pomiarowej o pojemności 25 ml.

Do analizy zawartości rtęci - odważono około 0,1 g próbki z dokładnością do 0,001g.

Analiza instrumentalna

Do oznaczenia zawartości Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, Zn w preparatach zastosowano płomieniową absorpcyjną spektrometrię atomową (Thermo Inst. Co.); do oznaczenia K – płomieniową emisyjną spektrometrię atomową (Thermo Inst. Co.); do oznaczania As, Cd, Cr, Ni, Pb i Se – absorpcyjną spektrometrię atomową z atomizacją elektrotermiczną z korekcją tła Zeemana (Thermo Inst. Co./Varian Inc.); do oznaczenia Hg – absorpcyjną spektrometrię atomową z techniką amalgamacji (AMA254).

Weryfikacja / walidacja metod / potwierdzenie ważności wyników

Do weryfikacji metody znormalizowanej oznaczania zawartości Cd, Cu, Fe, Pb i Zn wg

PN-EN 14084:2004 oraz walidacji metod oznaczania zawartości As, Ca, Cr, Hg, K, Mg, Mn, Ni, Se wg procedur badawczych własnych wykorzystano dwa polskie certyfikowane materiały odniesienia (Tabela 3) oraz wzięto udział w badaniach biegłości oznaczania zawartości makro- i mikroelementów w materiale roślinnym (WEPAL. IPE), uzyskując zadowalające rezultaty. Większość stosowanych metod jest akredytowana przez Polskie Centrum Akredytacji (Certyfikat Akredytacji AB 452), pozostałe podlegają systemowi zarządzania obowiązującemu w Instytucie.

Potwierdzenie ważności wyników realizowane jest poprzez analizę w każdej serii pomiarowej: krzywej wzorcowej, próbki ślepej, próbki badanej min. w 2 powtórzeniach oraz analizie CRM.

Tabela 3. Zawartość makro- i mikroelementów oraz pierwiastków toksycznych w wybranych CRM ($\bar{x}\pm U$)

The content of macro-, microelements and toxic elements in chosen CRM ($\bar{x}\pm U$)

Pierwiastek	Jedn.	INCT-TL-1 Tea Leaves		INCT-MPH-2 Mixed Polish Herbs	
		Zawartość certyfikowana	Zawartość oznaczona	Zawartość certyfikowana	Zawartość oznaczona
Makroelementy					
Ca	%	0,582±0,052	0,568±0,057	1,08±0,07	1,11
K	%	1,70±0,12	1,62±0,25	1,91±0,12	1,94
Mg	%	0,224±0,017	0,220±0,028	0,292±0,018	0,280
Mikroelementy					
Cu	mg/kg	20,4±1,5	20,2	7,77±0,53	8,14
Cr	mg/kg	1,91±0,22	1,82	1,69±0,13	1,57
Fe	mg/kg	432*	387	460*	468
Mn	mg/kg	1570±110	0,168	191±12	0,196±0,002
Zn	mg/kg	34,7±2,7	36,5	33,5±2,1	34,6
Pierwiastki toksyczne					
As	µg/kg	106±21	121	191±23	211
Cd	µg/kg	30,2±4,0	29,0	199±15	192
Hg	µg/kg	4,92±0,74	5,5	17,6±1,6	18,6
Ni	mg/kg	6,12±0,52	6,22	1,57±0,16	1,48
Pb	mg/kg	1,78±0,24	1,98	2,16±0,23	2,42

U – niepewność rozszerzona przy współczynniku rozszerzenia k=2 odpowiadającemu 95% poziomowi ufności

*zawartość informacyjna

Analiza wyników

Do analizy uzyskanych wyników (średnia, odchylenie standardowe) wykorzystano program Excel.

WYNIKI I DYSKUSJA

W tabelach 4-8 przedstawiono wyniki zawartości makro- i mikroelementów oraz pierwiastków toksycznych w preparatach witaminowo-mineralnych przeznaczonych dla osób dorosłych oraz zestawienie uzyskanych danych w tabeli 9. Preparaty zostały podzielone pod względem składu na witaminy i minerały, witaminy, minerały i składniki aktywne, witaminy i składniki aktywne oraz specyficzne preparaty dedykowane dla kobiet i mężczyzn. W badanych preparatach zawartości poszczególnych pierwiastków występowały w szerokim zakresie od wartości poniżej granicy oznaczalności do nawet kilkuset tysięcy mg/kg.

Spośród badanych makroelementów zawartości wapnia wahały się od <10 mg/kg do 177 300 mg/kg z najwyższą zawartością w preparatach zawierających witaminy i minerały. Duże zawartości tego pierwiastka stwierdzono również w preparatach dla kobiet - 155 000 mg/kg.

Tabela 4. Zawartość makro-, mikroelementów i pierwiastków toksycznych w preparatach witaminowo-mineralnych, w mg/kg ($\bar{x} \pm SD$), n=3
Content of macro-, microelements and toxic elements in vitamin and mineral preparations, in mg/kg ($\bar{x} \pm SD$), n=3

Lp.	Preparaty – witaminy i minerały	Makroelementy			Mikroelementy						Pierwiastki toksyczne				
		Ca	K	Mg	Cu	Cr	Fe	Mn	Se	Zn	As	Cd	Hg	Ni	Pb
1	Witaminy: A, B, C, D, E Minerały: Ca, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Se, Zn	177 300 ±2 600	364 ±8	87 000 ±1 100	593 ±16	13,4 ±0,4	4 160 ±90	835 ±17	23 ±1	3 920 ±80	0,01 ±0,01	0,714 ±0,012	0,004 ±0,001	2,2 ±0,2	0,530 ±0,011
2	Witaminy: B, C, D, E Minerały: Ca, Cr, Cu, Fe, K, Mg; Se, Zn	139 000 ±1 500	29 100 ±800	66 300 ±1 900	574 ±17	43,0 ±1,3	3370 ±90	20,4 ±0,6	22 ±1	3290 ±80	0,02 ±0,01	0,560 ±0,012	<0,001	0,31 ±0,03	0,443 ±0,010
3	Witaminy: A, B, C, D, E, K Minerały: Ca, Mg, Cu, Cr, Fe, Se, Zn	116 000 ±2 300	23 700 ±700	62 950 ±1 500	527 ±15	16,0 ±0,4	2780 ±80	18,0 ±0,4	26 ±1	2710 ±70	0,01 ±0,01	0,601 ±0,012	<0,001	1,77 ±0,07	0,452 ±0,010
4	Witaminy: A, B, C, D, E Minerały: Mg, Fe, Mn, Se, Zn	543 ±25	7 110 ±200	778 ±20	2,32 ±0,13	0,36 ±0,07	8820 ±240	2 090 ±52	41 ±2	12 000 ±300	<0,01	0,141 ±0,003	0,002 ±0,001	0,29 ±0,03	0,280 ±0,006
5	Witaminy: B, C, E Minerały: Ca, K, Mg	16 600 ±500	11 000 ±300	5 620 ±200	<0,2	<0,01	1,8 ±0,2	<0,2	0,16 ±0,04	<0,5	<0,01	0,028 ±0,001	<0,001	<0,01	0,014 ±0,001
6	Witaminy: B, D Minerały: Ca, Mg, Zn	44 600 ±800	57,0 ±0,4	11 800 ±350	<0,2	0,11 ±0,01	3,42 ±0,20	1,81 ±0,06	<0,01	<0,5	<0,01	0,065 ±0,002	<0,001	0,02 ±0,01	0,161 ±0,004
7	Witaminy: A, B, C, D, E Minerały: Ca, Mg	11 500 ±250	8 890 ±140	20 230 ±400	<0,2	0,06 ±0,01	1,6 ±0,1	0,75 ±0,04	0,50 ±0,03	955 ±25	0,02 ±0,01	0,024 ±0,002	<0,001	0,14 ±0,01	<0,001
8	Witaminy: C Minerały: Ca, Mg	20 800 ±700	<5	60 200 ±1 500	5,42 ±0,21	2,10 ±0,04	34,1 ±1,0	9,31 ±0,24	<0,01	3120 ±50	0,13 ±0,01	0,431 ±0,012	<0,001	2,10 ±0,06	0,092 ±0,002
9	Witaminy: D Minerały: Ca	91 500 ±1 100	198 ±2	331 ±10	<0,2	0,30 ±0,02	5,50 ±0,18	3,33 ±0,09	0,15 ±0,04	2,32 ±0,08	0,13 ±0,01	0,106 ±0,004	<0,001	0,09 ±0,01	0,199 ±0,005
10	Witaminy: C Minerały: Ca	103 600 ±1 200	23,7 ±0,9	258 ±8	<0,2	0,50 ±0,03	7,18 ±0,24	2,63 ±0,08	0,03 ±0,01	2,32 ±0,08	<0,01	0,102 ±0,004	<0,001	0,05 ±0,01	0,062 ±0,002
11	Witaminy: B, C, E Minerały: Mg	98,2 ±2,9	990 ±30	10 130 ±300	<0,2	<0,01	<1,0	<0,2	0,17 ±0,01	<0,5	0,01 ±0,01	0,001 ±0,001	<0,001	<0,01	<0,001
12	Witaminy: B Minerały: Mg	248 ±8	71,0 ±2,1	47 800 ±1 400	<0,2	0,03 ±0,01	<1,0	0,21 ±0,01	0,03 ±0,01	<0,5	<0,01	<0,001	<0,001	0,07 ±0,01	0,029 ±0,001
13	Witaminy: B Minerały: Mg	1 100 ±60	92,5 ±2,4	24 100 ±700	<0,2	0,05 ±0,01	2,49 ±0,10	<0,2	<0,01	<0,5	<0,01	<0,001	<0,001	1,41 ±0,04	0,179 ±0,004

cd. Tabela 4. Zawartość makro-, mikroelementów i pierwiastków toksycznych w preparatach witaminowo-mineralnych, w mg/kg ($\bar{x} \pm SD$), n=3*Content of macro-, microelements and toxic elements in vitamin and mineral preparations, in mg/kg ($\bar{x} \pm SD$), n=3*

Lp.	Preparaty – witaminy i minerały	Makroelementy			Mikroelementy						Pierwiastki toksyczne				
		Ca	K	Mg	Cu	Cr	Fe	Mn	Se	Zn	As	Cd	Hg	Ni	Pb
14	Witaminy: A, B, C, D, E Minerały: Se	15 500 ±470	12,1 ±0,1	405 ±12	<0,2	0,28 ±0,02	587 ±18	0,8 ±0,1	156 ±6	4,5 ±0,2	<0,01	0,022 ±0,001	<0,001	0,38 ±0,03	0,026 ±0,001
15	Witaminy: A, C, E Minerały: Se	32,7 ±1,4	62,6 ±0,3	9,6 ±0,3	<0,2	0,01 ±0,01	<1,0	<0,2	78 ±3	<0,5	<0,01	0,002 ±0,001	<0,001	0,08 ±0,01	<0,001
16	Witaminy: B Minerały: Fe, Zn	27 500 ±800	23 400 ±700	12 500 ±400	<0,2	0,13 ±0,01	<1,0	1,32 ±0,05	0,23 ±0,02	1,20 ±0,04	<0,01	0,046 ±0,002	<0,001	0,07 ±0,01	0,022 ±0,001
17	Witaminy: B, C, E Minerały: Fe	46,4 ±1,2	182 ±7	<2,0	<0,2	0,16 ±0,01	253 ±8	0,42 ±0,04	0,06 ±0,01	<0,5	<0,01	<0,001	<0,001	0,05 ±0,01	<0,001
18	Witaminy: B, C Minerały: Fe	<10	<5	343 ±10	<0,2	0,15 ±0,01	73 ±3	<0,2	0,03	<0,5	<0,01	<0,001	<0,001	0,09 ±0,01	<0,001
19	Witaminy: C Minerały: Fe	411 ±12	797 ±30	27,5 ±0,9	<0,2	0,07 ±0,01	2 850 ±90	0,55 ±0,04	0,12 ±0,02	3,16 ±0,12	<0,01	0,006 ±0,001	<0,001	0,38 ±0,02	0,094 ±0,002
20	Witaminy: C Minerały: Zn	27,6 ±0,8	37,5 ±1,1	6,73 ±0,30	<0,2	0,19 ±0,01	<1,0	<0,2	0,21 ±0,03	1420 ±30	0,01 ±0,01	0,002 ±0,001	<0,001	0,15 ±0,01	0,120 ±0,003

Tabela 5. Zawartość makro-, mikroelementów i pierwiastków toksycznych w preparatach witaminowo-mineralnych z dodatkiem składników aktywnych, w mg/kg ($\bar{x} \pm SD$), n=3
 Content of macro-, microelements and toxic elements in vitamin and mineral preparations with the addition of active components, in mg/kg ($\bar{x} \pm SD$), n=3

Lp.	Preparaty – witaminy, minerały i składniki aktywne	Makroelementy			Mikroelementy						Pierwiastki toksyczne				
		Ca	K	Mg	Cu	Cr	Fe	Mn	Se	Zn	As	Cd	Hg	Ni	Pb
1	Witaminy: A, B, C Minerały: Ca, K, Mg; Cu, Fe, Se, Zn Składniki aktywne: żeń-szeń	87 250 ±1 700	58 100 ±800	19 300 ±400	857 ±25	1,55 ±0,05	6 840 ±140	22 ±1	44 ±2	9 600 ±200	0,02 ±0,01	0,222 ±0,011	<0,001	0,22 ±0,01	0,385 ±0,015
2	Witaminy: B, C, E Minerały: Mg, Se, Zn Składniki aktywne: luteina	500 ±20	8 220 ±200	28 310 ±400	<0,2	0,84 ±0,04	8,0 ±0,4	2,5 ±0,2	0,20 ±0,02	1 110 ±40	<0,01	0,012 ±0,02	<0,001	0,72 ±0,04	<0,001
3	Witaminy: B Minerały: Mg Składniki aktywne: L-teanina	1 880 ±50	3 530 ±80	317 100 ±1 100	4,65 ±0,14	7,01 ±0,17	143 ±6	89,2 ±1,8	0,05 ±0,01	58,3 ±1,7	0,57 ±0,03	0,841 ±0,029	0,022 ±0,002	4,33 ±0,12	0,725 ±0,022
4	Witaminy: A, B, C Minerały: Mg Składniki aktywne: melisa	<10	935 ±25	16 310 ±570	<0,2	0,07 ±0,02	4,0 ±0,3	1,6 ±0,1	0,13 ±0,02	5,5 ±0,2	<0,01	<0,001	<0,001	0,03 ±-,01	0,077 ±0,003
5	Witaminy: B, C Minerały: Mg Skł. akt: tauryna, kofeina, L-karnityna	250 ±8	50 ±2	18 100 ±300	<0,2	0,15 ±0,02	2,9 ±0,2	1,1 ±0,2	0,07 ±0,01	<0,5	<0,01	0,025 ±0,003	<0,001	0,11 ±0,01	<0,001
6	Witaminy: A, B, E Minerały: Cu Składniki aktywne: skrzyp polny	3 990 ±80	20 420 ±400	4 400 ±110	2 220 ±60	0,14 ±0,01	46,2 ±1,4	17,5 ±0,5	0,16 ±0,01	2,3 ±0,1	0,10 ±0,01	0,018 ±0,001	<0,001	0,84 ±0,03	0,085 ±0,004
7	Witaminy: A, B, C Minerały: Fe Składniki aktywne: maca	1 060 ±30	3 920 ±110	99 900 ±800	5,85 ±0,18	3,38 ±0,08	5 080 ±100	22,4 ±0,9	0,02 ±0,01	22,0 ±0,5	0,15 ±0,02	0,224 ±0,009	<0,001	4,18 ±0,14	0,302 ±0,012
8	Witaminy: B, C Minerały: Fe Składniki aktywne: żeń-szeń	<10	<5	340 ±10	<0,2	0,15 ±0,02	73 ±3	<0,2	0,03 ±0,01	<0,5	<0,01	<0,001	<0,001	0,09 ±0,01	<0,001
9	Witaminy: A, B, C, E Minerały: Zn Składniki aktywne: skrzyp polny	710 ±20	2 260 ±60	750 ±20	<0,2	0,14 ±0,02	5,5 ±0,3	4,1 ±0,2	0,09 ±0,01	15 100 ±300	<0,01	0,003 ±0,001	<0,001	0,39 ±0,02	0,196 ±0,008
10	Witaminy: A, B, C Minerały: Zn Skł akt: skrzyp polny, ziele pokrzywy	1 940 ±40	6 730 ±140	1 310 ±40	<0,2	0,60 ±0,03	6,3 ±0,3	6,6 ±0,3	0,24 ±0,02	17 300 ±400	0,03 ±0,01	0,018 ±0,002	<0,001	0,91 ±0,04	0,049 ±0,002

Tabela 6. Zawartość makro-, mikroelementów i pierwiastków toksycznych w preparatach witaminowych z dodatkiem składników aktywnych, w mg/kg ($\bar{x} \pm SD$), n=3*Content of macro-, microelements and toxic elements in vitamin with the addition of active components, in mg/kg ($\bar{x} \pm SD$), n=3*

Lp.	Preparaty – witaminy i składniki aktywne	Makroelementy			Mikroelementy						Pierwiastki toksyczne				
		Ca	K	Mg	Cu	Cr	Fe	Mn	Se	Zn	As	Cd	Hg	Ni	Pb
1	Witaminy: A, B, C Składniki aktywne: żeń-szeń	290 ± 11	1 700 ± 60	54 ± 3	<0,2	0,15 $\pm 0,01$	<1,0	0,5 $\pm 0,1$	0,07 $\pm 0,01$	<0,5	<0,01	0,002 $\pm 0,001$	<0,001	0,13 $\pm 0,01$	0,034 $\pm 0,002$
2	Witaminy: C Składniki aktywne: żeń-szeń + koenzym Q10	190 ± 8	910 ± 30	106 ± 5	<0,2	0,15 $\pm 0,01$	<1,0	<0,2	0,03 $\pm 0,01$	<0,5	<0,01	<0,001	<0,001	0,19 $\pm 0,02$	0,033 $\pm 0,002$
3	Witaminy: C Składniki aktywne: melisa, chmiel	1 510 ± 40	16 600 ± 300	2 420 ± 70	18,2 $\pm 0,7$	0,10 $\pm 0,01$	17,0 $\pm 0,5$	8,6 $\pm 0,3$	0,23 $\pm 0,01$	5,5 $\pm 0,2$	<0,01	0,001 $\pm 0,001$	<0,001	0,20 $\pm 0,02$	0,067 $\pm 0,003$
4	Witaminy: A, E Składniki aktywne: luteina	77 ± 3	117 ± 6	40 ± 1	<0,2	0,07 $\pm 0,01$	20,0 $\pm 0,6$	1,0 $\pm 0,1$	0,05 $\pm 0,01$	3,7 $\pm 0,2$	<0,01	<0,001	<0,001	0,10 $\pm 0,01$	0,022 $\pm 0,002$
5	Witaminy: B Składniki aktywne: tauryna, kofeina, inozytol	218 ± 7	34 ± 2	30 ± 1	<0,2	0,06 $\pm 0,01$	2,9 $\pm 0,2$	0,7 $\pm 0,1$	0,29 $\pm 0,01$	<0,5	<0,01	0,001 $\pm 0,001$	<0,001	0,02 $\pm 0,01$	0,004 $\pm 0,001$
6	Witaminy: C Składniki aktywne: kwasy omega-3	98 ± 3	<5	<10	<0,2	0,04 $\pm 0,01$	<1,0	0,3 $\pm 0,1$	0,04 $\pm 0,01$	<0,5	<0,01	0,003 $\pm 0,001$	<0,001	0,08 $\pm 0,01$	0,004 $\pm 0,001$
7	Witaminy: C Składniki aktywne: bioflawonoidy	101 ± 3	220 ± 7	640 ± 26	<0,2	0,30 $\pm 0,02$	<1,0	0,4 $\pm 0,1$	0,07 $\pm 0,01$	<0,5	<0,01	<0,001	<0,001	0,15 $\pm 0,01$	0,035 $\pm 0,002$
8	Witaminy: C, B, E Składniki aktywne: rutyna, luteina	88 ± 3	53 ± 2	80 ± 3	1,0 $\pm 0,1$	0,09 $\pm 0,01$	6,3 $\pm 0,2$	0,5 $\pm 0,1$	0,28 $\pm 0,01$	4,5 $\pm 0,2$	<0,01	0,445 $\pm 0,018$	0,002 $\pm 0,001$	0,10 $\pm 0,01$	0,200 $\pm 0,012$
9	Witaminy: C Składniki aktywne: tauryna, kofeina	259 ± 8	43 ± 2	550 ± 16	<0,2	0,12 $\pm 0,01$	6,2 $\pm 0,2$	0,7 $\pm 0,1$	0,07 $\pm 0,01$	4,3 $\pm 0,2$	<0,01	<0,001	<0,001	0,05 $\pm 0,01$	0,008 $\pm 0,001$
10	Witaminy: C Składniki aktywne: acerola	57 ± 2	38 ± 2	120 ± 4	1,0 $\pm 0,1$	0,06 $\pm 0,01$	4,3 $\pm 0,1$	0,3 $\pm 0,1$	0,04 $\pm 0,01$	<0,5	<0,01	0,005 $\pm 0,001$	<0,001	0,02 $\pm 0,01$	<0,001

Tabela 7. Zawartość makro-, mikroelementów i pierwiastków toksycznych w preparatach witaminowo-mineralnych dla kobiet, w mg/kg ($\bar{x} \pm SD$), n=3*Content of macro-, microelements and toxic elements in vitamin and mineral preparations for women in mg/kg ($\bar{x} \pm SD$), n=3*

Lp.	Preparat	Makroelementy			Mikroelementy						Pierwiastki toksyczne				
		Ca	K	Mg	Cu	Cr	Fe	Mn	Se	Zn	As	Cd	Hg	Ni	Pb
1	Witaminy: A, B, C Minerały: Ca, Mg, Fe, Zn	27 120 ±540	26,0 ±1	13 340 ±260	54,6 ±1,8	0,23 ±0,01	256 ±8	26,2 ±0,8	0,93 ±0,04	486 ±14	<0,01	0,050 ±0,008	<0,001	0,50 ±0,03	0,274 ±0,011
2	Witaminy: A, B, C Minerały: Mg, Zn	245 ±5	38 ±1	1 120 ±40	0,50 ±0,03	6,6 ±0,2	72 ±2	20,6 ±0,8	0,03 ±0,01	14 100 ±280	0,04 ±0,01	<0,001	<0,001	0,05 ±0,01	0,095 ±0,005
3	Witaminy: B, D Minerały: Ca, Mg, Fe, Zn Składniki aktywne: β-karoten	46 700 ±730	24,4 ±0,7	22 860 ±340	3,7 ±0,1	0,11 ±0,01	554 ±11	20,0 ±0,7	0,66 ±0,03	457 ±13	<0,01	0,024 ±0,02	<0,001	0,38 ±0,03	0,198 ±0,010
4	Witaminy: B, C, D, E Minerały: Cu, Fe, Mg, Se Składniki aktywne: wyciąg z żeń-szenia	255 ±11	52 ±2	23 660 ±370	915 ±18	0,19 ±0,02	3 540 ±70	1,4 ±0,2	55 ±1	10,8 ±0,3	0,05 ±0,01	<0,001	<0,001	0,05 ±0,01	<0,001
5	Witaminy: B, D Minerały: Ca, Zn Składniki aktywne: ekstrakt z pestek dyni, soi, ziela pokrzywy, sproszkowana żurawina	155 000 ±1 100	502 ±15	543 ±16	3,1 ±0,1	0,55 ±0,03	26,8 ±1,1	13,0 ±0,4	0,09 ±0,02	5 440 ±17	0,01 ±0,01	0,145 ±0,06	<0,001	0,46 ±0,03	0,029 ±0,002
6	Witaminy: A, B, C, D, E Minerały: Cr, Se Składniki aktywne: kwas foliowy	259 ±8	30,6 ±1,2	124 ±4	0,90 ±0,04	27 ±1	6,2 ±0,2	0,73 ±0,02	24 ±1	4,3 ±0,2	<0,01	0,038 ±0,002	<0,001	0,47 ±0,03	0,152 ±0,005
7	Witaminy: A, B, C, D, K Składniki aktywne: luteina, zeoksantyna, kolagen	443 ±16	27,6 ±0,8	837 ±33	1,57 ±0,08	0,68 ±0,04	11,9 ±0,6	3,7 ±0,4	0,15 ±0,02	16,6 ±0,4	<0,01	0,007 ±0,001	<0,001	0,04 ±0,01	<0,001
8	Składniki aktywne: Kawa, ekstrakt zielonej herbaty	140 ±5	25,2 ±1,0	51 ±2	<0,2	1,04 ±0,04	14,1 ±0,6	0,99 ±0,06	0,68 ±0,07	2,6 ±0,2	<0,01	0,029 ±0,02	<0,001	0,34 ±0,03	0,174 ±0,007
9	Składniki aktywne: hioscyna, paracetamol	155 ±8	21,2 ±0,4	44 ±1	<0,2	0,11 ±0,01	13,2 ±0,4	0,84 ±0,04	0,93 ±0,03	1,8 ±0,1	0,04 ±0,01	<0,001	<0,001	0,03 ±0,01	<0,001
10	Składniki aktywne: Wyciąg z ziela melisy	<10	935 ±18	16 310 ±320	<0,2	0,07 ±0,01	4,2 ±0,1	1,6 ±0,2	0,13 ±0,02	5,5 ±0,2	<0,01	<0,001	<0,001	0,03 ±0,01	0,077 ±0,002

Tabela 8. Zawartość makro-, mikroelementów i pierwiastków toksycznych w preparatach witaminowo-mineralnych dla mężczyzn, w mg/kg ($\bar{x} \pm SD$), n=3*Content of macro-, microelements and toxic elements in vitamin and mineral preparations for men in mg/kg ($\bar{x} \pm SD$), n=3*

Lp.	Preparat	Makroelementy			Mikroelementy						Pierwiastki toksyczne				
		Ca	K	Mg	Cu	Cr	Fe	Mn	Se	Zn	As	Cd	Hg	Ni	Pb
1	Witaminy: B, C, D, E Minerały: Ca, K, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn Składniki aktywne: wyciąg z żeńszenu, imbir, guarana	1 550 ±50	3 450 ±90	1 430 ±40	2,93 ±0,10	0,40 ±0,03	188 ±7	20,9 ±0,6	0,14 ±0,02	49 ±2	0,01 ±0,01	0,007 ±0,001	<0,001	0,02 ±0,01	0,053 ±0,003
2	Witaminy: B, C, D, E Minerały: Se, Zn Składniki aktywne: wyciąg z żeńszenu, imbir, kakao, czarna rzepa	319 ±10	1 630 ±50	328 ±10	1,38 ±0,06	0,19 ±0,03	9,9 ±0,4	3,3 ±0,2	21 ±2	4,5 ±0,2	<0,01	0,005 ±0,001	<0,001	0,02 ±0,01	0,003 ±0,001
3	Witaminy: B, C Minerały: Zn Składniki aktywne: ekstrakt ze skrzypu polnego, chilli, enzymy trawienne	1 050 ±30	2 970 ±80	1 020 ±30	0,81 ±0,04	0,84 ±0,03	173 ±6	14,4 ±0,3	0,43 ±0,02	4,3 ±0,2	0,03 ±0,01	0,002 ±0,001	<0,001	0,01 ±0,01	0,009 ±0,002
4	Witaminy: B, C Minerały: Cr, Zn Składniki aktywne: ekstrakty roślinne	303 ±11	2 390 ±70	390 ±10	0,94 ±0,04	6,1 ±0,2	8,0 ±0,3	2,6 ±0,2	0,20 ±0,01	240 ±9	<0,01	0,001 ±0,001	<0,001	0,07 ±0,01	<0,001
6	Witaminy: B, C Minerały: Ca, Mg, Zn Składniki aktywne: ekstrakty roślinne	40 500 ±800	28 ±1	14 060 ±280	54,2 ±1,4	0,18 ±0,02	149 ±6	20,2 ±0,5	0,87 ±0,02	480 ±14	<0,01	0,024 ±0,001	<0,001	0,47 ±0,03	0,388 ±0,019

Tabela 9. Zestawienie wyników zawartości makro-, mikroelementów i pierwiastków toksycznych w badanych preparatach witaminowo-mineralnych, w mg/kg
Summary of the content of macro-, microelements and toxic elements in the studied vitamin and mineral preparations, in mg/kg

Pierwiastek		Witaminy i minerały	Witaminy, minerały i skł. aktywne	Witaminy i skł. aktywne	Preparaty dla kobiet	Preparaty dla mężczyzn
Makroelementy	Ca	<10 – 177 300	<10 – 87 250	77 – 1 510	<10 – 155 000	303 – 40 500
	K	<5 – 29 100	<5 – 58 100	<5 – 16 600	21,2 – 935	28 – 3 450
	Mg	<2 – 87 000	340 – 317 100	<10 – 2 420	44 – 16 310	328 – 14 060
Mikroelementy	Cu	<0,2 - 593	<0,2 – 2 200	<0,2 - 18,2	<0,2 – 915	0,81 – 54,2
	Cr	<0,01 - 43,0	0,14 - 7,01	0,04 - 0,30	0,07 – 27	0,18 – 6,1
	Fe	<1,0 – 8 820	2,9 – 6 840	<1,0 - 20	4,2 – 3540	8,0 – 188
	Mn	<0,2 – 2 090	<0,2 - 89,2	<0,2 - 8,6	0,73 – 26,2	2,6 – 20,9
	Se	<0,01 - 156	0,02 - 44	0,03 - 0,29	0,13 – 55	0,14 - 21
	Zn	<0,5 – 12 000	<0,5 – 17 300	<0,5 - 5,5	1,8 – 14 100	4,3 – 480
Pierwiastki toksyczne	As	<0,01 - 0,13	<0,01 - 0,57	<0,01	<0,01 – 0,05	<0,01 - 0,03
	Cd	<0,001 - 0,714	<0,001 - 0,841	<0,001 - 0,445	<0,001 – 0,145	0,001 - 0,024
	Hg	<0,001 - 0,004	<0,001 - 0,022	<0,001	<0,001	<0,001
	Ni	<0,01 - 2,2	0,03 - 4,33	0,02 - 0,20	0,03 – 0,50	0,01 - 0,47
	Pb	<0,001 - 0,530	<0,001 – 0,725	<0,001 - 0,200	<0,001 - 0,274	<0,001 - 0,388

Zawartości potasu wahały się od <5 mg/kg do 58 100 mg/kg, z najwyższą zawartością w preparatach zawierających witaminy, minerały i składniki aktywne. Duże zawartości tego pierwiastka stwierdzono również w preparatach zawierających witaminy i minerały - 29 100 mg/kg oraz witaminy i składniki aktywne - 16 600 mg/kg, w tych ostatnich pomimo braku deklaracji producenta o jego dodatku. Może to wskazywać na naturalne wysokie zawartości potasu w dodawanych składnikach aktywnych, na co wskazują niektórzy autorzy [Nurzyńska-Wierdak 2013, Skomra, Stasiak 2013]. Zawartości magnezu wahały się od <2 mg/kg do 317 100 mg/kg, z najwyższą zawartością w preparatach zawierających witaminy, minerały i składniki aktywne. Duże zawartości magnezu stwierdzono również w pozostałych preparatach.

Spośród badanych mikroelementów zawartości miedzi wahały się od <0,2 mg/kg do 2 200 mg/kg, z najwyższą zawartością w preparatach zawierających witaminy, minerały i składniki aktywne. W preparatach dla kobiet oraz zawierających witaminy i minerały również wystąpiły duże zawartości tego pierwiastka, odpowiednio 915 mg/kg i 593 mg/kg. Zawartości chromu wahały się od <0,01 mg/kg do 43,0 mg/kg, z najwyższą zawartością w preparatach zawierających witaminy i minerały, a także w preparatach dla kobiet

(27 mg/kg). Zawartość żelaza wahała się od <1,0 mg/kg do 8 820 mg/kg, z najwyższą zawartością w preparatach zawierających witaminy i minerały. Duże zawartości tego pierwiastka stwierdzono również w preparatach zawierających witaminy, minerały i składniki aktywne oraz preparatach dla kobiet, 6 840 mg/kg i 3 540 mg/kg, odpowiednio. Zawartości manganu wahały się od <0,2 mg/kg do 2 090 mg/kg, z najwyższą zawartością w preparatach zawierających witaminy i minerały. Zawartości selenu wahały się od <0,01 mg/kg do 156 mg/kg, z najwyższą zawartością w preparatach zawierających witaminy i minerały; duże zawartości tego pierwiastka stwierdzono również w preparatach dla kobiet oraz preparatach zawierających witaminy, minerały i składniki aktywne, 55 mg/kg i 44 mg/kg, odpowiednio. Zawartości cynku wahały się od <0,5 mg/kg do 17 300 mg/kg, z najwyższą zawartością w preparatach zawierających witaminy, minerały i składniki aktywne. Duże zawartości cynku stwierdzono również w preparatach dla kobiet oraz zawierających witaminy i minerały, 14 100 mg/kg i 12 000 mg/kg, odpowiednio.

Spośród badanych pierwiastków toksycznych, zawartości arsenu wahały się od <0,01 mg/kg do 0,57 mg/kg, z najwyższą zawartością w preparatach zawierających witaminy, minerały i składniki aktywne. W pozostałych preparatach zawartości arsenu były poniżej 0,2 mg/kg. Zawartości kadmu wahały się od <0,001 mg/kg do 0,841 mg/kg, z najwyższą zawartością w preparatach zawierających witaminy, minerały i składniki aktywne. Duże zawartości kadmu stwierdzono również w preparatach zawierających witaminy i minerały oraz witaminy i składniki aktywne, 0,714 mg/kg i 0,445 mg/kg, odpowiednio. Zawartości rtęci wahały się od <0,001 mg/kg do 0,022 mg/kg, z najwyższą zawartością w preparatach zawierających witaminy, minerały i składniki aktywne; w pozostałych preparatach zawartości rtęci były małe. Zawartości niklu wahały się od <0,01 mg/kg do 4,33 mg/kg, z najwyższą zawartością w preparatach zawierających witaminy, minerały i składniki aktywne. Stosunkowo dużą zawartość niklu stwierdzono również w preparatach zawierających witaminy i minerały – 2,2 mg/kg; w pozostałych preparatach nie przekraczały 0,50 mg/kg. Zawartości ołowiu wahały się od <0,001 mg/kg do 0,725 mg/kg, z najwyższą zawartością w preparatach zawierających witaminy, minerały i składniki aktywne. Duże zawartości ołowiu odnotowano również w preparatach zawierających witaminy i minerały. Pomimo niekiedy dużych zawartości pierwiastków toksycznych, w żadnej z badanych próbek preparatów nie stwierdzono przekroczenia dopuszczalnej zawartości ołowiu, kadmu i rtęci [Rozporządzenie Komisji (WE) nr 629/2008].

Zawartości makro- i mikroelementów w badanych preparatach witaminowo-mineralnych były bardzo zróżnicowane ze względu na różny poziom wzbogacenia oraz dodatek

składników aktywnych i innych substancji w trakcie wytwarzania. Podobnie zróżnicowane poziomy zawartości makro- i mikroelementów wykazali również inni autorzy. Krejcova i in. [2012] zbadali 29 preparatów multiwitaminowych i mineralnych dostępnych w aptekach w Czechach. Zawartości analogicznych pierwiastków w mg/kg wahały się następująco: Ca (560-196 000), Mg (308-70 300), K (nw-28 200), Cu (28-1460), Cr (0,486-26,60), Fe (115-39 400), Mn (28-1860), Se (0,395-161). Udusuro i in. [2017] w Nigerii zbadali 18 suplementów diety na zawartość 19 pierwiastków, których maksymalne zawartości były na ogół niższe niż oznaczone w tej pracy. Na zbliżonym poziomie była zawartość Ni (4,91 mg/kg), natomiast zawartości Fe i Mn były nawet wyższe, odpowiednio 9 940 mg/kg i 4 090 mg/kg. W USA, Avula i in. [2010] zbadali 21 preparatów, w których zawartości poszczególnych makro-, mikroelementów i pierwiastków toksycznych, były również zróżnicowane. Zawartości makro- i mikroelementów nie były tak duże jak w tej pracy i były następujące, w mg/kg: Ca (870-22 200), K (5 000- 39 100), Mg (2 410-11 200), Cu (1,28-22,5), Fe (11,4-4040), Mn (20,6-875), Se (nw-39,3), Zn (4,89-113), z wyjątkiem chromu którego zawartości wahały się od 0,30 mg/kg do 460 mg/kg. Znacznie wyższe maksymalne wartości odnotowano również w przypadku pierwiastków toksycznych, w mg/kg: As (nw-36,3), Cd (nw-3,43), Hg (nw-0,21), Ni (0,33-15,4), Pb (nw-4,21). Badania dotyczące występowania pierwiastków toksycznych (Pb, Cd, Al, Ni, As, Sb, Ba) w suplementach diety prowadzono również w Polsce (Filipiak-Szok i in. 2015) i były one na zbliżonym poziomie jak oznaczono w tej pracy. W swojej pracy Schwalfenberg i in. [2018] przedstawili wyniki badań 51 preparatów witaminowych prenatalnych dostępnych w sprzedaży w Kanadzie, w których maksymalne zawartości pierwiastków toksycznych były stosunkowo wysokie (As-2,208 mg/kg; Cd-0,75 mg/kg; Hg-0,099 mg/kg; Pb-4,002 mg/kg). Podobnie wysokie zawartości As, Cd i Hg stwierdził Kim [2004] w suplementach diety dostępnych na rynku w Korei. W Szwecji przeprowadzono badania 17 preparatów witaminowych zawierających substancje aktywne pochodzące od naturalnych surowców roślinnych, ze wskazaniem na ich działanie pro-zdrowotne [Genuis i in. 2012]. Stwierdzone zawartości As, Hg i Pb były na podobnym poziomie, a w przypadku Cd były one znacznie niższe.

Dokonano również oceny wielkości pobrania poszczególnych pierwiastków wraz ze spożywaniem badanych preparatów witamino-mineralnych, przy czym do oceny tego spożycia przyjęto najwyższe oznaczone zawartości poszczególnych pierwiastków oraz masę preparatu – 1g i spożycie na poziomie minimalnym, tj. 1 tabletki/kapsułki dziennie [Tabela 10].

Tabela 10. Wielkość dziennego pobrania badanych pierwiastków wraz ze spożyciem 1 tabletki/kapsułki preparatu witaminowo-mineralnego
Level of daily dietary intakes for studied elements with 1 pill/capsule of vitamin and mineral preparations

Pierwiastek		Witaminy i minerały	Witaminy, minerały i skł. aktywne	Witaminy i skł. aktywne	Kobiety	Mężczyźni
Makro elementy	Ca, mg	177,3	87,25	1,51	155	40,5
	K, mg	29,1	58,1	16,6	0,935	3,45
	Mg, mg	87,0	317,1	2,42	16,31	14,06
Mikro elementy	Cu, mg	0,593	2,20	0,018	0,915	0,054
	Cr, mg	0,043	0,14	0,04	0,07	0,18
	Fe, mg	8,82	6,84	0,02	3,54	0,188
	Mn, mg	2,09	0,089	0,009	0,026	0,021
	Se, µg	156	44	2,32	55	21
	Zn, mg	12,0	17,3	0,006	14,1	0,480
Pierwiastki toksyczne	As, µg	0,13	0,57	nw	0,05	0,03
	Cd, µg	0,714	0,841	0,445	0,145	0,024
	Hg, µg	0,004	0,022	nw	nw	nw
	Ni, µg	2,2	4,33	0,20	0,51	0,47
	Pb, µg	0,530	0,725	0,200	0,274	0,388

nw – nie wykryto

W tabeli 11 oszacowano realizację dziennego spożycia makro- i mikroelementów wraz z pobraniem 1 tabletki/kapsułki preparatu witaminowo-mineralnego w ciągu dnia względem zaleceń zawartych w Rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) [2011].

Tabela 11. Realizacja dziennego spożycia makro- i mikroelementów wraz z 1 tabletką/kapsułką preparatu witaminowo-mineralnego, w %
Implementation of daily intake of macro- and microelements with 1 pill/capsule of vitamin and mineral preparation, in %

Pierwiastek		Witaminy i minerały	Witaminy, minerały i skł. aktywne	Witaminy i skł. aktywne	Kobiety	Mężczyźni
Makro elementy	Ca	22	11	0,2	19	5
	K	1,45	2,9	0,8	0,05	0,17
	Mg	23,2	85	0,6	4,4	3,8
Mikro elementy	Cu	60	220	1,8	92	5,4
	Cr	108	18	0,1	68	15
	Fe	63	49	0,15	25	1,3
	Mn	105	4,5	0,5	1,3	1,0
	Se	284	80	0,5	100	38
	Zn	120	173	0,06	140	4,8

Przekroczenia zalecanych dawek (zaznaczone pogrubieniem), i to wyłącznie mikroelementów, stwierdzono w preparatach zawierających witaminy i minerały oraz witaminy, minerały i składniki aktywne, a także w preparatach dla kobiet. Nie stwierdzono przekroczeń zalecanych dawek makro- i mikroelementów w badanych preparatach zawierających witaminy i składniki aktywne oraz w preparatach dla mężczyzn. Przekroczenia zalecanych dawek powyżej 100% stwierdzono w preparatach zawierających witaminy i minerały w odniesieniu do: Cr, Mn, Se, Zn; w preparatach zawierających witaminy i minerały oraz składniki aktywne: Cu, Zn i w preparatach dla kobiet – Zn. Podobne przekroczenia dawek referencyjnego dziennego spożycia odnotowali również inni autorzy [Avula i in. 2010, Krejcova i in. 2012, Martena i in. 2010, Udusuro i in. 2017]. W żadnym z badanych preparatów nie stwierdzono przekroczeń referencyjnych wartości spożycia makroelementów.

W odniesieniu do pierwiastków toksycznych [Tabela 12], oceny dziennego spożycia dokonano wyłącznie w odniesieniu do kadmu i rtęci, dla których wartości tolerowanego dziennego spożycia zostały określone [EFSA 2011, 2012].

Tabela 12. Dzielne pobranie pierwiastków toksycznych wraz z preparatami witaminowo-mineralnymi, w μg

Daily intake of toxic elements with vitamin and mineral preparations, in μg

Pierwiastek		Witaminy i minerały	Witaminy, minerały i skl. aktywne	Witaminy i skl. aktywne	Kobiety	Mężczyźni
Pierwiastki toksyczne	As, μg	0,13	0,57	nw	0,05	0,03
	Cd, μg	0,71	0,84	0,44	0,15	0,024
	Hg, μg	0,004	0,022	nw	nw	nw
	Ni, μg	2,2	4,33	0,20	0,5	0,47
	Pb, μg	0,53	0,72	0,20	0,27	0,39

Przy założonym poziomie spożycia 1 tabletki/kapsułki dziennie nie stwierdzono przekroczeń tolerowanego dziennego spożycia w odniesieniu do obu tych pierwiastków. Brak przekroczeń tolerowanego dziennego spożycia pierwiastków toksycznych wraz z suplementami diety odnotowano również w badaniach prowadzonych w USA (As) [Avula i in. 2010] i Szwecji (As, Pb) [Genuis i in. 2012].

PODSUMOWANIE

Badania składu suplementów diety prowadzone są niemal we wszystkich krajach, również i w Polsce ze względu na dynamicznie rozwijający się rynek tych produktów.

Wykazują one podobnie jak w tej pracy duże zróżnicowanie w poziomach występowania różnych pierwiastków, zwłaszcza makro- i mikroelementów, których wysokie poziomy wynikają ze świadomego działania producentów. Preparaty te wzbogacane są w substancje mineralne lub składniki aktywne dla osiągnięcia zamierzonego celu, jakim jest poprawa zaopatrzenia organizmu w witaminy, substancje mineralne i składniki aktywne, zapobiegające chorobom przewlekłym, zwiększającymi wydolność organizmu, wspomagającymi utratę wagi, opóźniającymi procesy starzenia [Udousoro i in. 2017]. Producenci sięgają po coraz to nowe dodatki w postaci różnego rodzaju np. ekstraktów pochodzących od roślin uznawanych za rośliny lecznicze, aminokwasy, enzymy czy wielonienasycone kwasy tłuszczowe, aby zwiększyć atrakcyjność swojej oferty i pozyskać klientów. Tym niemniej konsumenci powinni z większą ostrożnością podejmować decyzje o spożywaniu suplementów diety, zwłaszcza tych niewiadomego pochodzenia, które mogą zawierać substancje szkodliwe (Raport NIK 2016, Baraniak, Kania 2015).

Badania przeprowadzone w niniejszej pracy wykazały bardzo zróżnicowane zawartości wszystkich badanych makro-, mikroelementów i pierwiastków toksycznych w badanych preparatach witaminowo mineralnych. Pomimo niekiedy dużych zawartości makroelementów nie stwierdzono przekroczeń wartości referencyjnych dziennego spożycia, w przeciwieństwie do badanych mikroelementów, dla których takie przekroczenia odnotowano w różnych badanych preparatach witaminowo-mineralnych. W żadnym z badanych preparatów witaminowo-mineralnych nie stwierdzono przekroczenia dopuszczanej zawartości pierwiastków toksycznych. Tym niemniej wskazana jest systematyczna kontrola obecnych na rynku suplementów diety ze względu na ich dużą zmienność w składzie i niewiadomym pochodzeniu surowców do ich produkcji.

PIŚMIENNICTWO

1. Abe A.M., Hein D.J., Gregory P.J. (2015), Regulatory alerts for dietary supplements in Canada and the United states, 2005-2013. *Am. J. Health-Syst. Pharm.* 72, 966-971
2. Avula B., Wang Y-H., Smillie T.J. (2010), Quantitative determination of multiple elements in botanical and dietary supplements using ICP-MS. *J. Agric. Food Chem.*, 58, 8887-8894
3. Baraniak J., Kania M. (2015), Suplementy diety, środki spożywcze specjalnego przeznaczenia żywieniowego a lek roślinny w świetle współczesnej fitoterapii. *Postępy Fitoterapii* 3, 177-183
4. Barringer T.A., Kirk J.K., Santaniello A.C., Foley K.L., Michielutte R. (2013), Effect of

- multivitamin and mineral supplement on infection and quality of life. *Ann. Intern. Med.*, 138, 365-371
5. Bojarowicz H., Dźwigulska P. (2012), Suplementy diety. Część II. Wybrane składniki suplementów diety oraz ich przeznaczenie. *Hygeia Public Health*, 47(4), 433-441
 6. EFSA (2010), Scientific opinion on lead in food. *EFSA Journal*, 8(4):1570
 7. EFSA (2011), Scientific opinion. Statement on tolerable weekly intake for cadmium. *EFSA Journal*, 9(2):1975
 8. EFSA (2012), Scientific opinion on the risk for public health related to the presence of mercury and methylmercury in food. *EFSA Journal*, 10(12): 2985
 9. EFSA (2017), Dietary reference value for nutrients. Summary report. ss. 92
 10. Filipiak-Szok A., Kurzawa M., Szłyk E. (2015), Determination of toxic metals by ICP-MS in Asiatic and European medicinal plants and dietary supplements. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 30, 54-58
 11. Filipiak-Szok A., Kurzawa M., Cichosz M., Szłyk E. (2015), Elemental analysis of medicinal herbs and dietary supplements. *Anal. Lett.*, 48(16), 2626-2638
 12. Genuis S.J., Schwalfenberg G., Siy A-K. J., Rodushkin I. (2012), Toxic element contamination of natural health products and pharmaceutical preparations. *Plos One*, 7(11), e49676
 13. Huang H-Y, Caballero B., Chang S., Alberg A.J.A., Semba R.D. i in. (2006), The efficacy nad safety of multivitamin and mineral supplement use to prevent cancer and chronic disease in adults: A systematic review for National Institutes of Health. State-of-Science Conference. *Ann. Intern. Med.*, 145, 372-385
 14. Institute of Medicine. (2011), Dietary reference Intake (DRIs): Estimated Average Requirements
 15. Jarosz M. (red. nauk.) Normy żywienia dla populacji Polski. Narodowy Program Zdrowia na lata 2016-2020. Wyd. Instytutu Żywności i Żywienia, Warszawa 2017, ss. 377
 16. Kim M. (2004), Mercury, cadmium and arsenic contents of calcium dietary supplements. *Food Addit. Contam.*, 21(8), 763-767
 17. Korfali S.I., Hawi T., Mroueh M. (2013), Evaluation of heavy metals content in dietary supplementants in Lebanon. *Chemistry Central Journal*, 7-11
 18. Kozyraska J., Januszko O., Urbańska A., Pietruszka B. (2010), Charakterystyka stosowania suplementów i produktów wzbogaconych w witaminy i składniki mineralne u dzieci w wieku 7-12 lat. *Probl. Hig. Epidemiol.* 91(4), 549-555

19. Krasnowska G., Sikora T. (2011), Suplementy diety a bezpieczeństwo konsumenta. *Żywn. Nauk. Technol. Jakość*, 4(77), 5-23
20. Krejcová A., Ludviková I., Cernohorský T., Pouzar M. (2012), Elemental analysis of nutritional preparations by inductively coupled plasma mass and optical emission spectrometry. *Food Chem.* 132: 588-596
21. Martena M. J., van Der Wielen J.C.A., Rietjens I.M.C.M., Klerx W.N.M., de Groot H.N., Konings E.J.M. (2010), Monitoring of mercury, arsenic, and lead in traditional Asian herbal preparations on the Dutch market and estimation of associated risks. *Food Addit. Contam.*, 27(2), 190-205
22. Nurzyńska-Wierdak R. (2013), Melisa lekarska (*Melissa officinalis* L.) – skład chemiczny i aktywność biologiczna. *Annales Horticulturae* 23(1), 25-35
23. Petroczi A., Naughton D.P., Mazanov J., Hollowey A., Bingham J. (2007), Limited agreement exists between rationale and practice in athletes supplement use for maintenance of health: a retrospective study. *Nutritional Journal* 6:34, 1-11
24. PMR Market Experts (2019), Rynek suplementów diety w Polsce
25. PN-EN 14084:2004 Artykuły żywnościowe. Oznaczanie pierwiastków śladowych. Oznaczanie zawartości ołowiu, kadmu, cynku, miedzi i żelaza metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej (AAS) po mineralizacji mikrofalowej
26. Raport NIK (2016), Dopuszczenie do obrotu suplementów diety, ss. 61
27. Rozporządzenie Komisji (WE) nr 629/2008 z dnia 2 lipca 2008 zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w spożywczych. *Dz.U. UE L* 173/6
28. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) Nr 1169/2011 z dnia 25 października 2011 r. *Dz.U. UE L* 304/18 w sprawie przekazywania konsumentom informacji na temat żywności
29. Rutherbusch J. (2015), The therapeutic use of nutritional supplements for proactive-preventive medicine. *J. Council Nutr.*, 38(3), 8-12
30. Schlegel-Zawadzka M., Barteczko M. (2009), Ocena stosowania suplementów diety pochodzenia naturalnego w celach prozdrowotnych przez osoby dorosłe. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 4, 375-387
31. Schwalfenberg G., Rodushkin I., Genuis S.J. (2018), Heavy metal contamination of prenatal vitamins. *Toxicology Reports*, 5, 390-395
32. Skomra U., Stasiak M. 2013, Odmiany chmielu Puławski I Magnat. Cz. II. Skład chemiczny surowca. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny*, 57(9), 8-9

33. Udousoro I., Ikem A., Akinbo O.T. (2017), Content and daily intake of essential and potentially toxic elements from dietary supplements marketed in Nigeria. *J Food Comp. Anal.*, 62, 23-34
34. Wallace T.C., McBurney M., Fulgoni V.L. (2014), Multivitamin/mineral supplement contribution to micronutrient intakes in the United States, 2007-2010. *J. Am. Coll. Nutr.*, 33(2), 94-102
35. WHO (2011), Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Lead
36. Ziemiański Ś. Normy żywienia człowieka. Fizjologiczne podstawy. PZWL 2001, rozdz. 9, 309-453