

NATURALNE WODY MINERALNE I ŹRÓDLANE ORAZ SOKI OWOCOWE JAKO ŹRÓDŁO KRZEMU W POŻYWIENIU

NATURAL MINERAL AND SPRING WATERS AND FRUIT JUICES AS FOOD SOURCES OF SILICON

Anna Prescha¹, Katarzyna Zabłocka¹, Joanna Naduk², Halina Grajeta¹

¹ Katedra i Zakład Bromatologii i Dietetyki, Akademia Medyczna we Wrocławiu

² Koło Naukowe przy Katedrze i Zakładzie Bromatologii i Dietetyki

Słowa kluczowe: krzem, wody mineralne, wody źródlane, soki owocowe

Key words: silicon, mineral waters, spring waters, fruit juices

STRESZCZENIE

Napoje, szczególnie wody mineralne, uważa się za jedno z najlepszych źródeł pokarmowych krzemu. Celem pracy było oznaczenie zawartości tego pierwiastka w butelkowanych wodach mineralnych i źródłanych oraz w sokach pomarańczowych, jabłkowych, grejpfrutowych i wieloowocowych dostępnych w handlu. Zawartość krzemu oznaczano metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej z elektrotermiczną atomizacją (GF-AAS). Badane wody mineralne zawierały od 3,33 do 30,05 mg Si/dm³, wody źródlane od 3,66 do 11,23 mg Si/dm³, a soki owocowe od 0,21 do 1,93 mg/100g.

ABSTRACT

Beverages especially mineral waters are considered as one of the best nutritional sources of silicon. The aim of this work was to determine the silicon content in bottled mineral and spring waters, as well as in orange, apple, grapefruit and mixed fruit juices available on the market. The electrothermal atomic absorption spectrometry (GF-AAS) was used for the silicon determination. The silicon levels in mineral waters ranged from 3,33 – 30,05 mg Si/dm³, in spring waters ranged from 3,66 – 11,23 mg/dm³, and in fruit juices ranged from 0,21- 1,93 mg/100g.

WSTĘP

W ostatnich latach obserwuje się dynamiczny rozwój rynku spożywczego obejmującego butelkowane wody naturalne oraz soki owocowe. Jest to związane m. in. z propagowaniem w społeczeństwie zdrowego stylu życia i racjonalnego sposobu żywienia. Napoje te uważa się za dobre źródło niektórych składników mineralnych, w tym także łatwo przyswajalnego krzemu w postaci rozpuszczalnego kwasu ortokrzemowego [4]. Pierwiastek ten bierze udział w metabolizmie tkanki łącznej, a szczególnie w syntezie kolagenu typu I [8]. Wykazano także, że krzem korzystnie wpływa na strukturę i funkcje skóry, włosów i paznokci oraz może hamować proces aterosklerozy [1,2]. Uważa się ponadto, że może pełnić istotną rolę w zapobieganiu rozwojowi choroby *Alzheimer* [18].

Dotychczas nie określono zapotrzebowania człowieka na krzem. Sugeruje się, że aby zabezpieczyć

organizm przed skutkami jego niedoboru, minimalne dzienne spożycie tego pierwiastka powinno wynosić 10-25 mg [16]. Dane na temat zawartości krzemu w żywności, zarówno w Polsce jak i w innych krajach, są nieliczne, a udział poszczególnych grup produktów w jego dostarczaniu z dietą nie był dotychczas badany w naszym kraju.

Celem pracy było oznaczenie i ocena zawartości krzemu w wybranych butelkowanych wodach mineralnych i źródłanych oraz w sokach owocowych dostępnych w handlu.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiły niegazowane lub niskonasyczone CO₂ wody mineralne i źródlane w butelkach plastikowych pochodzące od 19 różnych producentów (12 naturalnych wód mineralnych i 7

Adres do korespondencji: Anna Prescha, Katedra i Zakład Bromatologii i Dietetyki, Akademia Medyczna, 50-140 Wrocław, Pl. Nankiera 1, tel. 71 78 40 204, fax 71 78 40 206, e-mail: aprescha@tlen.pl

naturalnych wód źródlanych) oraz 4 rodzaje soków owocowych w kartonach (pomarańczowe, jabłkowe, grejpfrutowe i wieloowocowe) pochodzące od 8 różnych producentów. Wody i soki zakupiono w 3 partiach produkcyjnych, w sklepach typu hiper- i supermarket na terenie Wrocławia w okresie od kwietnia 2008 r. do czerwca 2010 r.

Zawartość krzemu w wodach i sokach oznaczano metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej z elektrotermiczną atomizacją (GF-AAS) za pomocą spektrometru 3110 z piecem grafitowym HGA 600 (Perkin Elmer, USA). Warunki oznaczeń i parametry aparaturowe przedstawiono w tabeli 1. Wody mineralne i źródlane przed oznaczaniem rozcieńczano, w zależności od spodziewanego stężenia krzemu 1% roztworem HNO_3 , natomiast soki (1 g) mineralizowano w piecu mikrofalowym 1200 Mega (Milestone, USA) z dodatkiem 4 cm^3 65% HNO_3 (Instra-Analyzed JTBaker, USA) i 1 cm^3 30% H_2O_2 (Ultrex II JTBaker, USA) i rozcieńczano odpowiednio wodą. Pomiaru absorpcji dokonywano w próbach o objętości $0,020 \text{ cm}^3$ w obecności $0,010 \text{ cm}^3$ modyfikatora matrycy zawierającego 0,03% Mg i 0,05% Pd. Do analiz wykorzystano naczynia laboratoryjne plastikowe i teflonowe, a do sporządzania roztworów używano wody dejonizowanej o oporności $18 \text{ M}\Omega\text{cm}$. Roztwory wzorcowe sporządzono w zakresie $40 - 120 \mu\text{g Si/dm}^3$ z roztworu 1 mg Si/cm^3 w 0,2% HNO_3 (CPI International, USA). Średni odzysk krzemu obliczony na podstawie oznaczeń tego pierwiastka w materiale referencyjnym NCSZC 73017 Apple (NACIS, Chiny) wyniósł 104%.

Tabela 1. Warunki oznaczania zawartości krzemu metodą GF-AAS i parametry aparaturowe
The operating conditions and instrumental parameters for silicon determination by GF-AAS

Etapy	Temperatura (°C)	Czas narastania temperatury (s)	Czas utrzymywania się temperatury (s)
suszenie 1	120	5	50
suszenie 2	160	5	5
suszenie 3	400	5	5
piroliza	1400	10	30
atomizacja	2500	0	2
(pomiar)			
czyszczenie	2700	1	3
Parametry aparaturowe			
gaz nośny	argon		
długość fali	251,6		
szerokość szczeliny	0,2 nm		
energia lampy	46 mA		
sposób pomiaru	pole powierzchni piksu		
masa charakterystyczna	40 pg		

WYNIKI I Dyskusja

Wyniki oznaczeń zawartości krzemu w badanych wodach mineralnych i źródlanych przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Zawartość krzemu w wodach mineralnych i źródlanych (średnia \pm odchylenie standardowe)
Silicon contents in mineral and spring waters (mean \pm standard deviation)

Rodzaj wody	Nazwa	Zawartość krzemu [mg/dm^3]
Wody mineralne	Arctic	$11,96 \pm 0,39$
	Cisowianka	$16,25 \pm 0,67$
	Kinga Pienińska	$3,33 \pm 0,16$
	Muszynianka	$11,60 \pm 0,51$
	Nałęczowianka	$13,82 \pm 0,68$
	Staropolanka 2000	$6,46 \pm 0,26$
	Ustronianka	$8,92 \pm 0,32$
	Vittel	$5,79 \pm 0,18$
	Polanicka	$6,88 \pm 0,66$
	Krynicańska	$30,05 \pm 1,24$
	Jurajska	$5,73 \pm 0,31$
	Mineral Zdrój	$5,77 \pm 0,36$
Wody źródlane	Aqua minerale	$8,13 \pm 0,34$
	Białowieża	$11,17 \pm 0,45$
	Kropla Beskidu	$7,39 \pm 0,24$
	Nestle Aquarel	$11,23 \pm 0,47$
	Żywiec Zdrój	$3,66 \pm 0,14$
	Primavera	$5,35 \pm 0,15$
	Dobrawa	$4,38 \pm 0,19$

Spośród badanych naturalnych wód mineralnych najmniej krzemu zawierała woda Kinga Pienińska, średnio $3,33 \text{ mg/dm}^3$, a najwięcej Krynicańska - $30,05 \text{ mg/dm}^3$. Najmniejsze zróżnicowanie zawartości krzemu w trzech partiach produkcyjnych wód mineralnych wyrażone jako współczynnik zmienności (CV) uzyskano dla wody Vittel (3,11%), największe wahania ilości tego pierwiastka obserwowano w przypadku wody Polanicka (9,5%). Zawartość krzemu w naturalnych wodach źródlanych mieściła się w zakresie od $3,34 \text{ mg/dm}^3$ (Żywiec Zdrój) do $11,81 \text{ mg/dm}^3$ (Nestle Aquarel). Współczynniki zmienności dla trzech partii produkcyjnych badanych wód źródlanych były niższe niż w przypadku wód mineralnych i wynosiły od 2,89% (Primavera) do 4,27% (Dobrawa).

W badaniach *Mojsiewicz-Pieńkowskiej i Łukasiaka* [11], w których krzem oznaczano metodą płomieniowej absorpcyjnej spektrometrii atomowej (F-AAS) w 7 próbach wód mineralnych dostępnych w obrocie handlowym na terenie Gdańska, uzyskano mniejszy zakres wartości: od $3,9 \text{ mg Si/dm}^3$ do $7,9 \text{ mg Si/dm}^3$. Analizy składu mineralnego 40 krajowych wód mineralnych przeprowadzone przez *Janiszewską* i wsp. [6] metodą spektrometrii mas z plazmą sprzężoną indukcyjnie (ICP-MS) wykazały szeroki zakres zawartości krzemu

od 3,1 do 45,2 mg/dm³ w badanym asortymencie, przy czym jego część stanowiły wysokozmineralizowane wody lecznicze. Oznaczenia zawartości krzemu w żywności z rynku brytyjskiego przeprowadzone metodą spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem plazmowym (ICP-OES) przez *Powella* i wsp. [14] wykazały, że butelkowane wody mineralne zawierały od 3,9 do 7,0 mg Si/dm³.

Na zawartość krzemu mogą wpływać warunki geologiczne okolic ujęcia, z którego była czerpana woda [4]. Najwyższe stężenie tego pierwiastka stwierdzono w wodzie infiltracyjnej Kryniczanka wydobywanej w Beskidzie Sądeckim oraz w wodach pochodzących z ujęć głębinowych z pokładów oligoceńskich i paleoceńskich z rejonów Beskidu Sądeckiego (Muszynianka), Płaskowyżu Nałęczowskiego (Nałęczowianka i Cisowianka) oraz Podlasia (Białowieża i Arctic). W badaniach włoskich wód mineralnych uzyskano zawartości krzemu, które mieściły się w szerokim zakresie od 0,1 do 46,7 mg Si/dm³, przy czym zaobserwowano, że stężenie pierwiastka było wyższe na południu kraju, gdzie dominują tereny wulkaniczne.

Opakowania wód Nałęczowianka, Kinga Pienińska i Arctic posiadały na etykiecie informacje o zawartości krzemu. Woda Nałęczowianka zawierała średnio o ok. 3,5 mg Si/dm³ więcej badanego pierwiastka niż zadeklarowano. Średnie stężenia krzemu w wodach: Kinga Pienińska i Arctic były niższe odpowiednio o 2,42 i 1,12 mg/dm³ od wartości podanych przez producentów na opakowaniu. W przypadku wody Arctic wartość uzyskana dla jednej z partii produkcyjnych była identyczna z tą, którą zadeklarował producent.

Zawartość krzemu w badanych wodach nie zawsze zależała od stopnia ich mineralizacji. Stwierdzono na przykład, że w wodach wysokozmineralizowanych Muszyniance i Kryniczance, zawierających odpowiednio 1787 i 2460 mg/dm³ składników mineralnych ogółem, ilość krzemu, była wyższa niż w Staropolance 2000 zawierającej 2289 mg składników mineralnych/dm³.

Krzem zawarty w wodzie do picia może wpływać na gospodarkę elektrolitową organizmu oraz wchodzić w interakcje z innymi składnikami mineralnymi. W badaniach na szczurach, które poiono wodą wzbogaconą w metakrzemian sodu (0,05-0,2%) wykazano, że związek ten powodował wzrost stężenia wapnia w surowicy krwi zwierząt. Może to być spowodowane nasiloną mobilizacją tego pierwiastka z tkanek miękkich, w których stwierdzono zmniejszenie jego zawartości. W przypadku magnezu obserwowano natomiast efekt odwrotny [12]. Zauważono również wzrost stężenia żelaza w surowicy krwi w wyniku suplementacji krzemem [7]. Ze względu na to, że krzem może odgrywać istotną rolę w profilaktyce i leczeniu osteoporozy [8], włączenie wód wysokozmineralizowanych bogatych w wapń, magnez i krzem do diety wydaje się być ko-

rzystne. Należy jednak pamiętać, że nadmierne ilości krzemu mogą negatywnie oddziaływać na metabolizm wapnia i magnezu w organizmie. Wodorowęglany (od stężenia których w dużym stopniu zależy pH wody) i siarczany będące składnikami wód naturalnych mogą wpływać na biodostępność pierwiastków zawartych w wodzie [20], jednak nie jest znane ich działanie na biodostępność i dystrybucję krzemu. Wysoka zawartość jonów wodorowęglanowych przyczynia się do alkaliczacji środowiska w przewodzie pokarmowym, co może zmniejszać przyswajalność krzemu z pożywienia [7]. Najwięcej wodorowęglanów zawierała Kryniczanka, Staropolanka 2000 i Muszynianka (wody niskonasycone CO₂, zawierające ponad 1300 mg HCO₃⁻/dm³), a w większości badanych wód zawartość tych jonów mieściła się w zakresie od 300 do 500 mg/dm³.

Na podstawie badań biodostępności krzemu *in vitro* i *in vivo* stwierdzono, że pierwiastek ten wchłania się z wód mineralnych w co najmniej 50%. Można więc uznać, że stanowią one dobre źródło łatwo przyswajalnego krzemu [17]. Spośród badanych 19 wód mineralnych 7 zawierało taką ilość krzemu, która pokrywa sugerowane minimalne zapotrzebowanie na ten pierwiastek, tj. 10 mg/dzień [16].

Tabela 3. Zawartość krzemu w sokach owocowych (średnia ± odchylenie standardowe)
Silicon contents in fruit juices (mean ± standard deviation)

Rodzaj soku	Nazwa	Zawartość krzemu [mg/100g]
Sok pomarańczowy	Clippo	0,21 ± 0,08
	Fortuna	1,02 ± 0,44
	Hortex	0,67 ± 0,27
	Tymbark	0,52 ± 0,24
	Cappy	0,80 ± 0,03
Sok jabłkowy	Tymbark	0,51 ± 0,19
	Hortex	0,81 ± 0,35
	Toma	0,46 ± 0,15
	Cappy	0,56 ± 0,13
	Fortuna	1,93 ± 0,24
Sok grejpfrutowy	Hortex Z białych grejpfrutów	0,58 ± 0,27
	Hortex Grejpfrut rubinowy	0,55 ± 0,17
	Fortuna Z białych grejpfrutów	1,13 ± 0,44
	Fortuna Z czerwonych grejpfrutów	0,66 ± 0,28
	Happy Day	0,37 ± 0,12
	Tymbark Premium Z czerwonych grejpfrutów	0,28 ± 0,06
	Hortex	0,89 ± 0,15
Sok wieloowocowy	Hortex Multiwitamina	1,01 ± 0,15
	Fortuna Multiwitamina	1,60 ± 0,16
	Sun Grown	1,10 ± 0,27

Wyniki oznaczeń zawartości krzemu w badanych sokach owocowych przedstawiono w tabeli 3.

Średnia zawartość krzemu w sokach pomarańczowych mieściła się w zakresie od 0,21 do 1,02 mg/100g. Najmniej tego pierwiastka zawierał sok Clippo, a najwięcej - Fortuna. W badanych sokach jabłkowych pierwiastek ten występował w największej ilości również w produkcie firmy Fortuna (1,93 mg/100g), a w najmniejszej w soku firmy Toma (0,46 mg/100g). Wśród soków grejpfrutowych najuboższym źródłem krzemu okazał się sok Tymbark Premium z czerwonych grejpfrutów (0,28 mg/100g), zaś sok Fortuna z białych grejpfrutów zawierał najwięcej tego pierwiastka, była to ilość 5-krotnie większa niż w przypadku produktu firmy Tymbark. Wszystkie badane soki wieloowocowe zawierały powyżej 0,8 mg Si/100g i w tej grupie produktów również sok Fortuna był najbogatszy w krzem. Z badanych soków najwięcej krzemu zawierały soki: jabłkowy, wieloowocowy Multiwitamina, grejpfrutowy i pomarańczowy firmy Fortuna oraz wieloowocowy firmy Sun Grown i Hortex Multiwitamina. Spożycie dziennie 2 szklanek tych soków (ok. 500 g) może pokryć od 50 do 97% sugerowanego minimalnego zapotrzebowania na ten pierwiastek.

Dejneka i Łukasiak [3] zastosowali metodę spektrofotometryczną i F-AAS do oznaczeń zawartości krzemu w sokach owocowych i 0,73 mg Si/100g w sokach pomarańczowych (Fortuna i Donald Duck), 1,20 mg Si/100g w soku jabłkowym Fortuna oraz 1,45 mg Si/100g w soku grejpfrutowym Donald Duck. W badaniach przeprowadzonych metodą F-AAS przez *Mojsiewicz-Pieńkowską i Łukasiaka* [11] zawartość krzemu w sokach pomarańczowych pochodzących od 3 producentów mieściła się w zakresie od 0,65 mg/100g do 2,77 mg/100g. Sok jabłkowy Hortex zawierał 0,53 mg Si/100g, sok grejpfrutowy Hortex 0,57 mg Si/100g, zaś sok wieloowocowy DIM jedynie 0,29 mg Si/100g [11]. Wyniki oznaczeń Si w produktach żywnościowych z rynku brytyjskiego wskazywały na niższe zawartości tego pierwiastka w sokach jabłkowych: 0,05-0,25 mg Si/100g [14]. W pracy dotyczącej oszacowania pobrania krzemu z dietą mieszkańców Belgii autorzy podali jedynie zakres zawartości tego pierwiastka uzyskanych dla soków owocowych i warzywnych metodą GF-AAS: 0,31 - 6,96 mg Si/100g produktu [17].

W grupie soków pomarańczowych najbardziej zbliżone pod względem zawartości krzemu były partie produkcyjne soku Cappy (CV = 3,8%), natomiast sok Tymbark wyróżniała znaczna rozpiętość wyników oznaczeń dla poszczególnych partii produkcyjnych ((CV = 46,2%). W grupie soków jabłkowych najbardziej różniły się partie produkcyjne soku Hortex (CV = 43,2%), zaś najmniej – partie soku Fortuna (CV = 12,4%). Największe różnice w zawartości krzemu w produktach z różnych partii zaobserwowano w przypadku soków

grejpfrutowych: CV od 21,4% (sok Happy Day) do 46,6% (Hortex z białych grejpfrutów). Stosunkowo stałą zawartością krzemu charakteryzowały się soki wieloowocowe (CV od 10,0% do 24,5%).

Badania zawartości krzemu w owocach przeprowadzone przez *Powella* i wsp. [14], a także dane zebrane przez *Penningtona* [13] wskazują, że ta grupa produktów charakteryzuje się stosunkowo niewielką ilością tego pierwiastka, np. pomarańcze i jabłka zawierają ok. 0,2 mg Si/100g, a grejpfruty ok. 0,4 mg Si/100g. *Robberecht* i wsp. [17] natomiast podali jedynie bardzo szeroki zakres zawartości krzemu (od 0,19 do 6,90 mg/100g) w różnych, nie wymienionych szczegółowo owoców z rynku belgijskiego. Ilość krzemu w sokach może zależeć od użytej wody oraz ujęcia, z którego była pozyskiwana. Woda stosowana podczas produkcji soków do uzupełniania ich objętości musi spełniać normy dla wody przeznaczonej do picia [19]. Można przypuszczać, że na zawartość krzemu w tych produktach wpływa również proces ich produkcji. Na etapie klarowania stosuje się dodatek m.in. zolu kwasu krzemowego, jednak nie są znane dane na temat jego wpływu na ostateczną zawartość krzemu w sokach oraz w jakim stopniu ulega on wchłonięciu [9].

WNIOSKI

1. W badanych wodach mineralnych i źródłanych oraz sokach owocowych stwierdzono duże zróżnicowanie zawartości krzemu w obrębie tej samej grupy produktów, a w przypadku soków także pomiędzy ich różnymi partiami produkcyjnymi.
2. Wśród badanych wód mineralnych najwyższe stężenia krzemu, powyżej 10 mg/dm³, stwierdzono w wodach mineralnych Krynica, Cisowianka, Arctic, Nałęczowianka i Muszynianka oraz wody źródlane Nestle Aquarel i Białowieża.
3. Soki Fortuna: jabłkowy, wieloowocowy Multiwitamina, grejpfrutowy i pomarańczowy, a także soki wieloowocowe Sun Grown i Hortex Multiwitamina okazały się najlepszym źródłem krzemu spośród badanych soków owocowych.

PIŚMIENNICTWO

1. *Barel A., Calomme M., Timchenko A., De. Paeppe K., Demeester N., Rogiers V., Clarys P., Vanden Berghe D.*: Effect of oral intake of choline-stabilized orthosilicic acid on skin, nails and hair in women with photodamaged skin. Arch. Dermatol. Res. 2005, 297, 147-153.
2. *Boguszewska A., Pasternak K., Sztanke M.*: Stężenie krzemu w osoczu krwi pacjentów ze świeżym zawałem mięśnia sercowego i stabilną chorobą niedokrwinną serca. J. Elementol. 2003, 8, 223-230.

3. *Dejneka W., Łukasiak J.*: Determination of total and bioavailable silicon in selected foodstuffs. *Food Control* 2003, 14, 193-196.
4. *Derkowska-Sitarz M., Adamczyk-Lorenc A.*: Wpływ składników mineralnych rozpuszczonych w wodzie pitnej na organizm człowieka. *Pr. Nauk. Inst. Górn. Politech. Wrocław*. 2008, 123, 39-48.
5. *Giammarioli S., Mosca M., Sanzini E.*: Silicon content of Italian mineral waters and its contribution to daily intake. *J. Food Sci.* 2005, 70, 509-512.
6. *Janiszewska J., Lech D., Jaroń I., Balcerzak M.*: Wielopierwiastkowa analiza wody do picia – wody mineralne. *Analityka* 2009, 3, 33-38.
7. *Jia X., Emerick R.J., Kayongo-Male H.*: The pH dependence of silicon-iron interaction in rats. *Biol. Trace Elem. Res.* 1997, 59, 113-122.
8. *Jugdaohsingh R.*: Silicon and bone health. *J. Nutr.* 2007, 11, 99-110.
9. *Lubecka I., Pogorzelski E.*: Wpływ procesu technologicznego na stężenia związków mineralnych w soku i koncentracie jabłkowym. *Chemia Spoż. Biotechnol.* 2006, 984, 43-52.
10. *McNaughton S.A., Bolton-Smith C., Mishra G.D., Jugdaohsingh R., Powell J.J.*: Dietary silicon intake in post-menopausal women. *Br. J. Nutr.* 2005, 94, 813-817.
11. *Mojsiewicz-Pieńkowska K., Łukasiak J.*: Analytical fractionation of silicon compounds in foodstuffs. *Food Control* 2003, 14, 153-162.
12. *Najda J., Gmiński J., Drożdż M., Danch A.*: The action of excessive, inorganic silicon (Si) on the mineral metabolism of calcium (Ca) and magnesium (Mg). *Biol. Trace Elem. Res.* 1993, 37, 107-114.
13. *Pennington J.A.T.*: Silicon in food and diets. *Food Addit. Contam.* 1991, 8, 97-118.
14. *Powell J.J., McNaughton A., Jugdaohsingh R., Anderson S.H.C., Dear J., Khot F., Mowatt L., Gleason K.L., Sykes M., Thompson R.P.H., Bolton-Smith C., Hodson J.*: A provisional database for the silicon content of foods in the United Kingdom. *Br. J. Nutr.* 2005, 94, 804-812.
15. *Reffit D.M., Jugdaohsingh R., Thompson R.P.H., Powell J.J.*: Silicic acid: its gastrointestinal uptake and urinary excretion in man and effects on aluminium excretion. *J. Inorg. Biochem.* 1999, 76, 141-147.
16. *Robberecht H., Van Cauwenbergh R., Van Vlaslaer V., Hermans N.*: Dietary silicon intake in Belgium: sources, availability from foods, and human serum levels. *Sci. Total Environ.* 2009, 407, 4777-4782.
17. *Robberecht H., Van Dyck K., Bosscher D., Van Cauwenbergh R.*: Silicon in foods: content and bioavailability. *Int. J. Food Prop.* 2008, 11, 638-645.
18. *Rondeau V., Jacqmin-Gadda H., Commenges D., Helmer C., Dartigues J., F.*: Aluminium and silica in drinking water and the risk of Alzheimer's disease or cognitive decline: Findings from 15-year follow-up of the PAQUID Cohort. *Am. J. Epidemiol.* 2009, 169, 489-496.
19. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. *Dz.U.* nr 61 poz. 417.
20. *Wynn E., Reatz E., Burckhardt P.*: The composition of mineral waters sourced from Europe and North America in respect to bone health: composition of mineral water optimal for bone. *Br. J. Nutr.* 2009, 101, 1195-1199.

Otrzymano: 03.11.2010

Zaakceptowano do druku: 10.05.2011

