

WOJCIECH DEJNEKA, JERZY ŁUKASIAK

## FORMY KRZEMU I ICH ROLA W ODŻYWKACH DLA NIEMOWLĄT

### SILICON FORMS AND ITS ROLE IN BABY FOODS

Katedra i Zakład Chemii Fizycznej z Pracownią Analizy Instrumentalnej  
Wydział Farmaceutyczny, Akademia Medyczna  
80–416 Gdańsk, Al. J. Hallera 107  
Kierownik katedry: prof. dr hab. J. Łukasiak

*W pracy podjęto próbę oceny całkowitej zawartości krzemu oraz form potencjalnie biodostępnych w odżywkach dla dzieci i niemowląt. Ocenę całkowitej zawartości krzemu dokonano przy pomocy atomowej spektroskopii absorpcyjnej (AAS), a formę biodostępną oznaczono przy pomocy spektroskopii w zakresie światła widzialnego (VIS) z molibdenianem amonowym.*

#### WSTĘP

Krzem jest pierwiastkiem zaliczanym do grupy pierwiastków budulcowych. Młode organizmy są tak genetycznie uwarunkowane, aby nagromadzać i wbudowywać krzem w tkanki organizmu. Krzem oraz jego związki znajdują się w mleku ssaków i jego zawartość jest niezależna od diety [1, 4, 9, 13]. Zawartość krzemu w mleku kobiecym wynosi 0,05 mg/l, zaś w mleku krowim w granicach od 1,4 do 2,5 mg/l [7, 8]. Pobranie krzemu z pokarmem w przeliczeniu na formę pierwiastkową oszacowano na 20 – 50 mg dziennie [5, 8].

Interesującym jest również fakt, że poziom krzemu w organizmie jest niezależny od diety. Podawanie doustnie krzemu powoduje jego intensywne wydalanie z moczem. Najpierw wydalają się krzemiany sodu i potasu, a następnie krzemiany wapnia. Obserwowane niedobory tego oligoelementu, według *Sedlaka*, mogą być spowodowane starzeniem organizmu lub chorobami nowotworowymi [13].

Celem pracy było oznaczenie zawartości krzemu jako puli pierwiastka (zawartość całkowita) w odżywkach dla niemowląt i dzieci oraz oszacowanie w tych produktach tzw. formy biodostępnej, bioprzyswajalnej [2].

#### MATERIAŁ I METODY

Materiałami do badań były odżywki dla niemowląt i dzieci firmy Gerber oraz mleko i odżywki mleczne. W tabelach I i II przedstawiono szczegółowe dane dotyczące analizowanych próbek.

Formę bioprzyswajalną krzemu, czyli kwas ortokrzemowy oznaczano metodą spektroskopii UV-VIS z zastosowaniem molibdenianu amonowego [6, 11, 12].

Próbki produktów stałych i półstałych do oznaczeń krzemu bioprzyswajalnego przygotowano metodą ekstrakcyjną w aparacie *Soxleta*. Odważano ok. 30 g produktu, który następnie umieszczano w gilzie. Do kolby wlewano 250 ml wody redestylowanej. Czas ekstrakcji został dobrany

Tabela I. Informacje dotyczące odżywek mlecznych i produktów mlecznych dla dzieci  
Information of milk formulas and baby foods

Lp.	Nazwa produktu	Producent	Seria/data ważności	Opakowanie
1.	Nestle NAN 2 mleko modyfikowane, wzbogacone w żelazo od 5-tego miesiąca życia	Nestle Polska Sp. z o.o. UBC Warszawa	ZPN-4433-PD/55/MK/ 96 B-646/96 S:SPGBS/99-11-07	350 g
2.	„Bebiko” 3R mleko w proszku z kleikiem ryżowym, wzbogacone w tłuszcz roślinny i witaminy po 12-tym miesiącu życia	Ovita Nutricia Opole	ZDN-95/OVITIANUTR IC-7ZPN-4433-PD-14/ KO/96/98-09-24	350 g
3.	Gerber 3 modyfikowane mleko w proszku, wzbogacone w żelazo, powyżej 12 miesiąca życia	Novartis Nutrition Alima Gerber S.A. Warszawa	97 50 G3/98-09	350 g
4.	Nestle NAN VA Hypoalergiczne mleko w proszku dla niemowląt, wzbogacone w żelazo, od 1-go miesiąca życia	Nestle Polska Sp. z o.o. UBC Warszawa	ZPN-4433-PD/55/MK/ 96 B-646/96 S:SPGBS/99-11-07	400 g
5.	Humana 2 mleko w proszku modyfikowane dla niemowląt od 5-tego do 12-go miesiąca życia	Milchwerke Westfolene GD 32046 Herford	9123 Polen 5-198 N 08617 S51 14/99-03	350 g
6.	Mleko z udoju	Gospodarstwo Rolne Workawski	98-04-16	-
7.	Mleko z rozlewni	Don Trading Sp. z o.o. Warszawa	98-04-15	-
8.	2% mleko UHT „Mlekovita”	SM. – „Mlekovita” Wysokie Mazowieckie	PN-A-86003 125 181/98-10-21	1 l
9.	2% mleko UHT „Łaciate”	SM. – „Mlekopol” Grajewo	PN-90/A-86003 P3/98-10-04	1 l

doświadczalnie dla każdego z badanych produktów; proces prowadzono do niemal całkowitego odzysku kwasu ortokrzemowego wynoszącego 98%. Następnie pobierano 10 ml ekstraktu i przesączano do kolby miarowej na 100 ml, dodawano 1 ml 1,25 molowego kwasu siarkowego i 5 ml 5% roztworu molibdenianu amonowego. Po 20 minutach dodawano 5 ml 5% roztworu kwasu szczawiowego oraz 3 ml 5% roztworu soli *Mohra*, uzupełniano wodą redestylowaną do kreski. Pomiaru absorbancji dokonywano po upływie 30 minut. Oznaczenia wykonywano przy użyciu spektrofotometru UV – VIS firmy Hewlett Packard 8452A przy analitycznej długości fali  $\lambda = 814$  nm i grubości warstwy 1 cm.

Tabela II. Szczegółowe dane dotyczące odżywek dla niemowląt firmy Gerber Alima S.A.  
Information of baby foodstuffs manufactured by Gerber Alima S.A.

Lp.	Nazwa produktu	Seria/data ważności	Opakowanie
1.	Zupa jarzynowa z kurczakiem od 7 miesiąca	71927083 GIS ZPU 4433PD-M195 ZN-94/IRS-56-546/99-07-11	130 g
2.	Warzywa z szynką od 7 miesiąca	7192708 GIS ZPV 4433PD-5/94 ZN-98/IRS-52-502/99-02-11	130 g
3.	Zielone warzywa z cielęciną od 7 miesiąca	7122610 GIS ZPU4433 PP24-(HM)96 ZN-93/IRS-56-502/2000-07-01	200 g
4.	Jabłka z czarnymi jagodami od 7 miesiąca	722667102 GIS ZPV 4433PD-311(HM)96 ZN-93/IRS-56-447/2000-08-14	130 g
5.	Jabłka z brzoskwiniami od 7 miesiąca	2407105 GIS ZPV 4433PD24-(HM)-96 ZN-93/IRS-56-447/2000-08-28	130 g
6.	Mango z bananami i owocami passiflory od 7 miesiąca	71922610 GIS ZPU 4433PD PP-48(HM)95 ZN-93/IRS-56-502/2000-07-01	130 g

Całkowitą zawartość krzemu, czyli pulę pierwiastka oznaczano metodą spektroskopii AAS [3, 10]. W tym celu 1 g produktów stałych lub 1 ml produktów ciekłych stapiano w tyglu platynowym z ługiem sodowym (ok. 1,5 g). Stop przenoszono ilościowo do 100 ml wody redestylowanej z dodatkiem 20 ml 1,25 molowego kwasu siarkowego. Całość ogrzewano do uzyskania klarownego roztworu. Przesączony roztwór przenoszono do kolby miarowej na 250 ml i uzupełniano wodą redestylowaną. Zawartość całkowitą krzemu oznaczano metodą spektroskopii AAS przy pomocy spektrofotometru firmy Pye-Unicam Solar 929 przy analitycznej długości fali  $\lambda = 251,6$  nm.

#### WYNIKI I DYSKUSJA

Oznaczoną zawartość krzemu całkowitego i formy bioprzyswajalnej w badanych próbkach przedstawiono w tabelach III i IV.

Wychodząc z założenia, że pokarm naturalny, jakim jest mleko matki, zawiera 0,05 mg/l krzemu to zawartość tego pierwiastka w badanych produktach należy uznać za znacząco wyższą.

W grupie odżywek i produktów mlecznych najwyższą zawartość krzemu całkowitego oznaczono w mleku *Mlekovita* 0,54 mg/l, zaś odżywka mleczna *Humana 2* zawierała najwięcej krzemu w formie bioprzyswajalnej 0,24 mg/l. Natomiast rozpatrując grupę odżywek firmy Gerber w stosunku do poziomu krzemu w mleku matki, oznaczone zawartości należy uznać za bardzo wysokie. Na przykład odżywka *Warzywa z szynką* zawiera 48,29 mg/kg krzemu całkowitego oraz 4,13 mg/kg formy biodostępnej.

Można zatem przyjąć, że dziecko karmione odżywkami mlecznymi obciąża swój organizm krzemem całkowitym od 5 do 10 razy bardziej w stosunku do diety składającej się z mleka kobiecego, natomiast formą biodostępną od 2,5 do 5 razy więcej.

Znacznie bardziej dramatycznie wypadają te porównania w stosunku do poziomu krzemu w mleku kobiecym w porównaniu zawartością tego pierwiastka w odżywkach firmy Gerber, gdzie obciążenie organizmu dziecka zawartością krzemu całkowitego przekracza to naturalne kryterium od ok. 360 do 960 razy. Natomiast jeśli chodzi o zawartość formy bioprzyswajalnej to nadmiar ten wynosi od około 55 do 80 razy.

Tabela III. Zawartość krzemu bioaktywnego i całkowitego w odżywkach mlecznych i produktach mlecznych dla dzieci (n=6).  
Bioavailable and total silicon in milk-based baby formulas.

Nazwa produktu	Zawartość krzemu biodostępnego w [mg/l] śr. ± odchyl.	Zawartość krzemu całkowitego w [mg/l] śr. ± odchyl.
Nestle NAN 2 mleko modyfikowane, wzbogacone w żelazo od 5-tego miesiąca życia	0,1695 ± 0,0015	0,3391 ± 0,0065
„Bebiko” 3R mleko w proszku z kleikiem ryżowym, wzbogacone w tłuszcz roślinny i witaminy po 12-tym miesiącu życia	0,2103 ± 0,0026	0,3424 ± 0,0011
Gerber 3 modyfikowane mleko w proszku, wzbogacone w żelazo, powyżej 12 miesiąca życia	0,2203 ± 0,0027	0,2525 ± 0,0012
Nestle NAN VA hypoalergiczne mleko w proszku dla niemowląt, wzbogacone w żelazo, od 1-go miesiąca życia	0,1225 ± 0,0027	0,3022 ± 0,0117
Humana 2 mleko w proszku modyfikowane dla niemowląt do 5-tego do 12-go miesiąca życia	0,2455 ± 0,0005	0,3289 ± 0,0014
Mleko z udoju	0,1202 ± 0,0008	0,4418 ± 0,0003
Mleko z rozlewni	0,1318 ± 0,0009	0,3349 ± 0,0053
2% mleko UHT „Mlekovita”	0,1189 ± 0,0008	0,5424 ± 0,0018
2% mleko UHT „Łaciate”	0,1780 ± 0,0312	0,3308 ± 0,0128

Tabela IV. Zawartość krzemu biodostępnego oraz całkowitego w odżywkach firmy Gerber dla dzieci i niemowląt w przeliczeniu na suchą masę (n=6)  
Bioavailable and total silicon contents in Gerber baby foods (n=6)

Nazwa produktu	Zawartość krzemu biodostępnego w [mg/kg] śr. ± odchyl.	Zawartość krzemu całkowitego w [mg/kg] śr. ± odchyl.
Zupa jarzynowa z kurczakiem od 7 miesiąca	3,38 ± 0,20	31,03 ± 2,50
Warzywa z szynką od 7 miesiąca	4,13 ± 0,44	48,19 ± 3,71
Zielone warzywa z cielęciną od 7 miesiąca	3,34 ± 0,50	26,17 ± 3,33
Jabłka z czarnymi jagodami od 7 miesiąca	3,68 ± 0,54	21,29 ± 3,54
Jabłka z brzoskwiniami od 7 miesiąca	3,15 ± 0,42	18,10 ± 0,54
Mango z bananami i owocami passiflory od 7 miesiąca	2,79 ± 0,40	24,97 ± 2,33

#### WNIOSKI

1. Zakładając, że przez organizm wchłaniana jest biodostępna forma krzemu obecna w pokarmach, można stwierdzić, że karmienie niemowląt odżywkami mlecznymi za-

pewnia nawet z pewnym nadmiarem zapotrzebowanie na ten składnik bardzo ważny pierwiastek budulcowy.

2. Jak wynika z danych dotyczących odżywek firmy Gerber zawartość krzemu w istotny sposób może obciążać organizm niemowlęcia, uruchamiając w sposób aktywny mechanizm wydalania nadmiaru krzemu przez nerki.

3. Wydaje się, że przy tak istotnych przekroczeniach progu naturalnego zawartości krzemu w odżywkach za jaki uznajemy zawartość krzemu w mleku kobiecym celowym jest analityczna kontrola zawartości krzemu w odżywkach firmy Gerber oraz sprecyzowana norma.

W. Dejneka, J. Łukasiak

#### SILICON FORMS AND ITS ROLE IN BABY FOODS

##### Summary

This paper presents an attempt to assess the total content of silicon and its potentially bioavailable forms to the baby body in milk nutrient and baby foods.

The measurements of the total and bioavailable silicon were conducted with the use of two analytical methods. The method of atomic absorption spectroscopy (AAS) was used for the determination of total silicon content. Bioavailable silicon was determined by means of visible light spectroscopy (VIS) with ammonium molybdate.

In the group milk products the largest amount of total silicon was found in *Mlekovita milk* – 0.54 mg/l, and *Humana 2* milk formula contained the largest amount of ionised silicon – 0.24 mg/l. In baby foods manufactured by Gerber the total amount of silicon was high and the average content stood at 27 mg/kg in dry matter. The largest amount of total silicon was found in *Vegetables and Ham* – 48.19 mg/kg in dry matter, as well as bioavailable silicon – 4.13 mg/kg in dry matter.

Compare level of silicon in milk nutrient and baby foods to silicon content in human milk 0.05 mg/l, it was found that large excess of silicon in this foodstuffs.

#### PIŚMIENNICTWO

1. Archibald J.G., Fenner H.: Silicon in cow's milk, *Dairy Sci.* 1957, 40, 6, 703–706.
2. Bellia J., Birchall J.D.: Beer: a dietary source of silicon. *Lancet* 1994, 343, 235–237.
3. Cygański A.: Metody spektroskopowe w chemii analitycznej, WNT, Warszawa 1997.
4. Forman S.A., Semer F., Langhland R.H., Davidson W.M.: Volume and acidity of urine of sheep fed hay rich in silica and effect of dietary sal additions. *Nature* 1958, 128, 1385–1392.
5. Graczyk A., Konarski J., Radomska K.: Pierwiastki śladowe – nikiel, wanad, molibden i krzem ich funkcje fizjologiczne, *Magazyn Medyczny* 1994, 5, 43–47.
6. Hermanowicz W., Dożańska W., Dojlido J., Koziorowski B.: Fizykochemiczne badania wody i ścieków, Arkady, Warszawa 1976.
7. Lugowski S.J., Smith D.C., Lugowski J.Z., Peters W., Sample J.: A review of silicon and silicone determination in tissue and body fluids – a need for standart reference materials. *Fresenius J. Anal. Chem.* 1998, 360, 486–488.
8. Mettler A.E.: The role of the food industry. *Acta Paediatr. Scand. Suppl.* 1986, 323, 84–95.
9. Najda J., Gmiński J.: Krzem w patofizjologii ośrodkowego układu nerwowego. *Pol. Tyg. Lek.* 1992, 57, 459–460.
10. Pinta M.: Absorpcyjna spektrometria atomowa – zastosowania w analizie chemicznej, PWN, Warszawa 1977.
11. Polska Norma PN-89/C-04567. Woda i ścieki. Badania zawartości krzemionki, Arkusz 9.

12. Polska Norma PN-71/C-04567. Woda i ścieki. Badania zawartości krzemionki, Arkusz 01 – 03, 07, 08.
13. *Sedlak W.*: Kierunek – początek życia, Redakcja Wydawnictwa Katolickiego Uniwersytetu Lubelskiego, Lublin 1985.

Otrzymano: 2002.06.15