ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość, 2009, 4 (65), 175 – 182

ZBIGNIEW KREJPCIO[1], RAFAŁ W. WÓJCIAK[1,2], HALINA STANIEK[1], JULIA WIŚNIEWSKA[1]

WPŁYW SUPLEMENTACJI DIETY FRUKTANAMI TYPU INULINY I CHROMEM(III) NA WSKAŹNIKI GOSPODARKI MAGNEZEM U SZCZURA

S t r e s z c z e n i e

Celem pracy było określenie wpływu dodatku do diety fruktanów (inulina i oligofruktoza) oraz suplementacji Cr(III) na wybrane wskaźniki gospodarki Mg u szczura.

Stwierdzono, że diety z wysoką (10%) zawartością fruktanów charakteryzowały się istotnie wyższą biodostępnością Mg. Suplementacja diety Cr(III) (5 mg/kg diety) nie wpływała na absorpcję i tkankowy poziom Mg u szczura.

Słowa kluczowe: fruktany, chrom(III), magnez, szczury

Wprowadzenie

W ostatnich latach obserwuje się wzrost zainteresowania żywnością funkcjonalną, a zwłaszcza jej rolą profilaktyczną m.in. w zapobieganiu chorób cywilizacyjnych (miażdżyca, osteoporoza, nowotwory) i zdrowotną, np. w leczeniu zaparć i biegunek [1, 6, 7, 8]. Wśród dodatków roślinnych wykorzystywanych w produkcji żywności funkcjonalnej jedno z czołowych miejsc zajmują fruktany: inulina i oligofruktoza, występujące jako materiał zapasowy w wielu roślinach, takich jak np. cykoria, cebula, czosnek, szparagi, topinambur. Fruktany to nie trawione przez enzymy przewodu pokarmowego węglowodany, lecz ulegające degradacji pod wpływem flory bakteryjnej jelita grubego [10, 11]. Ich pozytywny wpływ na zdrowie jest następstwem korzystnych zmian w mikroflorze jelita grubego, stymulowania rozwoju *Lactobaccillus acidophilus, Bifidobacterium bifidum* i zarazem hamowania rozwoju bakterii szkodliwych

[1]*Dr hab. Z. Krejpcio, prof. nadzw., dr inż. R.W. Wójciak, dr inż. H. Staniek, mgr inż. J. Wiśniewska,* [1]*Zakład Higieny i Toksykologii Żywności, Katedra Higieny Żywienia Człowieka, Wydz. Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 Poznań,*
[2] *Zakład Psychologii Klinicznej, Katedra Nauk o Zdrowiu, Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu, ul. Smoluchowskiego 11, 60-179 Poznań*

np. *Clostridium perfingens, Escherichia coli* [17, 18, 19]. Fruktany wykazują także własności hipolipidemiczne, hipocholesterolomiczne, regulują gospodarkę węglowodanową w organizmie i zwiększają biodostępność składników mineralnych (Ca, Mg, Fe) [10, 12, 15]. Wiadomo, że retencja składników mineralnych w organizmie uwarunkowana jest zarówno ich podażą, jak i wydalaniem. W przypadku podaży istotne znaczenie ma zawartość pierwiastka w spożywanej diecie oraz jego biodostępność. Z tego powodu coraz częściej poszukuje się sposobów umożliwiających zwiększenie absorpcji „deficytowych" biopierwiastków z pożywienia. Obiecujące rezultaty uzyskano przy zastosowaniu prebiotyków, do których zalicza się nietrawione w przewodzie pokarmowym fruktany. W ostatnich latach obserwuje się także duże zainteresowanie suplementami Cr(III), który jest istotnym czynnikiem biorącym udział w metabolizmie węglowodanów i lipidów [3]. Suplementy te są obecnie szeroko reklamowane w mediach, z przeznaczeniem do regulacji glikemii u cukrzyków, wspomagających odchudzanie oraz dla sportowców [2, 3, 4, 16, 21, 26, 27, 28]. Jednakże wyniki wielu badań eksperymentalnych i klinicznych nie potwierdzają przypisywanej tym suplementom skuteczności działania dla poprawy wskaźników gospodarki węglowodanowej i lipidowej u cukrzyków lub osób odchudzających się [22]. Z drugiej strony przy suplementacji tym pierwiastkiem należy zachować szczególną ostrożność, ze względu na możliwość wystąpienia efektów toksycznych oraz interakcji antagonistycznych z innymi mikroelementami, zwłaszcza z żelazem [5, 13, 31, 32, 33].

Celem niniejszej pracy, będącej fragmentem projektu badawczego, była ocena wpływu dodatku do diety fruktanów (inuliny i oligofruktozy) oraz Cr(III) na wskaźniki charakteryzujące gospodarkę Mg u szczura.

Materiał i metody badań

Badania przeprowadzono na 56 rosnących szczurach (samcach) Wistar (akceptacja Komisji Bioetycznej w Poznaniu nr 93/2001). Zastosowano model doświadczenia wieloczynnikowego typu 2^3, w którym zmienne były trzy czynniki: A - rodzaj fruktanu (inulina lub oligofruktoza), B - poziom dodatku fruktanu (5% lub 10% masy diety), C - poziom dodatku Cr(III) (0,3 lub 5 mg/kg masy diety). Grupę kontrolną zwierząt karmiono dietą bez dodatku fruktanów z zawartością Cr na poziomie 0,3 mg/kg diety. Doświadczenie trwało 10 tygodni. Warunki doświadczenia: 12-h cykl światło/noc, wilgotność względna powietrza 55-60%, temperatura 19-21^{o}C, podaż paszy i wody – *ad libitum.* Diety testowe i kontrolną sporządzono wg przyjętych ogólnie zaleceń AIN-93M [29], mieszankę witamin – wg AIN-93VX, a mieszankę mineralną – wg AIN-93MX, w której Cr był na poziomie 0,3 i 5 mg/kg diety, a jego źródłem - kompleks Cr(III) z kwasem propionowym [Cr(III)Prop]. W 7 tygodniu trwania doświadczenia przeprowadzono 10-dniowe badania bilansowe metodą klasyczną, w których oprócz rejestrowania ilości spożytej diety zbierano także kał.

Po zakończeniu okresu doświadczalnego zwierzęta usypiano (przez iniekcję thiopentalu 40 mg/kg m.c.), rozcinano powłokę brzuszną, pobierano krew z serca oraz wypreparowywano narządy wewnętrzne, które po opłukaniu w roztworze soli fizjologicznej i wysuszeniu zamrażano w temperaturze -20^{o}C i przechowywano w tym stanie do czasu użycia ich do analiz biochemicznych.

Do oceny gospodarki Mg wykorzystano następujące wskaźniki:

- stężenie Mg w surowicy krwi – oznaczono metodą płomieniowa F-AAS, po rozcieńczeniu próbek 0,5% roztworem $LaCl_3$ w 1 mol HCl (GR ISO, Meck)
- zawartość Mg w dietach, wysuszonym kale oraz w wątrobie, nerkach i kości udowej - oznaczono metodą płomieniową F-AAS (spektrometr Zeiss AAS-3 i deuterową korekcją tła), po mikrofalowej mineralizacji próbek na mokro (65% HNO, GR ISO, Merck) i rozcieńczeniu mineralizatów 0,5% roztworem $LaCl_3$ w 1 mol HCl (GR ISO, Meck).

Dokładność metody oznaczania Mg w materiale biologicznym określono na podstawie analizy 3 materiałów referencyjnych: *Cabbage Leaf CL-1, Human Multi-Sera Randox HN2612 level2,* oraz *Pig Kidney BCR-186,* która wynosiła od 98,6% do 101,6%

Absorpcję pozorną Mg (Mg-A) obliczono ze wzoru:

$$\text{Mg-A} = \frac{X_p - X_k}{X_p} \bullet 100\%$$

gdzie:
X_p - ilość Mg spożytego z dietą, X_k – ilość Mg wydalona z kałem

Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej stosując analizę wariancji trójczynnikowej (ANOVA) oraz test Tukeya na poziomie istotności $\alpha = 0,05$, przy użyciu programu komputerowego STATISTICA, ver. 6.0.

Wyniki i dyskusja

W poprzedniej naszej pracy [20] opisano fragment eksperymentu odnoszący się do wpływu w.w. czynników doświadczalnych na wskaźniki strawnościowe diety. W niniejszej pracy natomiast przedstawiono fragment doświadczenia odnoszący się do gospodarki magnezem. W tabeli 1 i 2 zestawiono wpływ czynników doświadczalnych (efekty główne i interakcyjne) na spożycie diety oraz wskaźniki charakteryzujące gospodarkę Mg, takie jak: absorpcja pozorna Mg (Mg-A), stężenie Mg w surowicy krwi (Mg-S), zawartość Mg w wątrobie (Mg-W), nerkach (Mg-N) i kości udowej (Mg-K). Analiza statystyczna nie wykazała istotnego wpływu czynników doświadczalnych, niezależnie ani we współdziałaniu, na spożycie diety przez szczury.

T a b e l a 1

Wpływ czynników doświadczalnych na spożycie diety i wskaźniki gospodarki magnezem u szczura (wyniki w tabeli przedstawiają wartości średnie uzyskane dla 28 szczurów).
Effect of experimental factors on feed intake and Mg metabolic indices in rat (data in the table represent mean values obtained from 28 rats).

Wskaźnik/Index	Czynnik doświadczalny/Experimental factor		
	A	B	C
	rodzaj fruktanów fructans kidn inulina/inulin oligofruktoza	ilość fruktanów fructans levels 5% 10%	poziom Cr w diecie dietary Cr level (mg/kg) 0,3 5,0
Spożycie diety Feed intake (g s.m/d/szczura)	21,6 21,1	21,3 21,5	21,2 21,5
Absorpcja pozorna Mg Mg relative absorption (%)	57,9 58,1	53,9 ** 62,1 (+15,2%)	56,5 59,6
Stężenie Mg w surowicy Serum Mg concentration (mmol/l)	1,00 1,01	1,01 0,99	1,00 1,00
Zawartość Mg w wątrobie Liver Mg content (µg/g s.m.)	860 878	865 898	875 895
Zawartość Mg w nerce Kidney Mg content (µg/g s.m.)	740 745	738 750	746 758
Zawartość Mg w kości udowej Femoral bone Mg content (mg/g s.m.)	4,31 4,27	4,18 * 4,40 (+5,3%)	4,27 4,31

Legenda/Legend:
*, ** - różnice statystycznie istotne przy: $p<0,01$; $p<0,001$
statistically significant differences at $p< 0.01$; $p< 0.001$.

T a b e l a 2

Analiza interakcji czynników doświadczalnych w oddziaływaniu na spożycie diety i wskaźniki gospodarki magnezem u szczura (wartości liczbowe to współczynniki statystyki F)
Analysis of interaction effects related to feed intake and Mg metabolic indices in rat
(data in the table represent coefficients of the F statistics).

Wskaźnik/Index	Interakcja czynników ($F_{obl.}$)/Factors interactions			
	AB	AC	BC	ABC
Spożycie diety Feed intake (g s.m/d/szczura)	0,31	0,12	0,03	0,27
Absorpcja pozorna Mg Mg relative absorption (%)	1,80	1,05	0,98	0,02
Stężenie Mg w surowicy Serum Mg concentration (mmol/l)	0,74	0,47	0,00	0,47
Zawartość Mg w wątrobie Liver Mg content (µg/g s.m.)	1,16	0,67	1,21	0,45
Zawartość Mg w nerce Kidney Mg content (µg/g s.m.)	2,11	1,87	0,25	0,19
Zawartość Mg w kości udowej Femoral bone Mg content (mg/g s.m.)	0,12	2,31	3,16	0,09

Objaśnienia jak do tabeli 1.
Explanations how to tabele 1.

Wykazała natomiast, że ilość fruktanów w diecie miała istotny wpływ na absorpcję pozorną Mg (Mg-A) i zawartość Mg w kości udowej (Mg-K). Zwierzęta żywione dietami z wyższym (10%) dodatkiem fruktanów (niezależnie od ich rodzaju) charakteryzowały się istotnie wyższymi wartościami wskaźników Mg-K i Mg-A, odpowiednio o 5,3% i 15,2%. Suplementacja Cr(III) nie wpływała natomiast na wskaźniki gospodarki Mg u szczura. W niniejszej pracy potwierdzono eksperymentalnie, że fruktany mogą zwiększać biodostępność Mg z diety. Z przeglądu piśmiennictwa wynika, że fruktany wpływają na ogół korzystnie na wchłanianie makroelementów (Ca, Mg) i niektórych mikroelementów (Fe, Zn, Cu), poprawiając ich bilans lub pulę zapasów w ustroju, przy czym efekt ten zależy od rodzaju FOS, dawki i czasu przebywania na takiej diecie, wieku, płci i stanu fizjologicznego organizmu [9, 14, 25, 30, 34]. Podobne wyniki w odniesieniu do Ca, Mg, Fe i Cu uzyskali Lopez i wsp. [25], którzy stwierdzili, że 10% dodatek inuliny do diety powoduje u samców szczurów Wistar wzrost absorpcji Ca (o 20%), Mg (o 50%), Fe (o 23%) i Cu (o 45%). Podobnie Lobo i wsp. [24] zanotowali wzrost biodostępności Ca i Zn z diety z dodatkiem fruktanów typu

inuliny u rosnących szczurów. Mechanizm tego zjawiska polega prawdopodobnie na stymulacji transportu aktywnego i pasywnego jonów pierwiastków, wywołany wzrostem ich rozpuszczalności w kwaśnym środowisku okrężnicy. Wzrost stężenia krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych w treści jelita ślepego u szczurów żywionych dietą z 10% dodatkiem inuliny wykazano we wcześniejszej naszej pracy [17].

Suplementacja Cr(III) dawkami pokarmowymi 5 mg/kg diety nie wpływała na absorpcję pozorną ani na tkankowy poziom Mg, co oznacza, że pierwiastek ten w zastosowanych dawkach nie zaburza gospodarki Mg w ustroju szczura.

Wnioski

1. Suplementacja diety fruktanami (10%) zwiększa biodostępność magnezu u szczura.
2. Suplementacja chromem (III) (5 mg/kg diety) nie wpływa na gospodarkę magnezem u szczura.

Literatura

[1] Anderson H.B., Ellegard L.H., Bosaeus I.G.: Non digestibility characteristic of inulin and oligofructose in humans. J. Nutr., 1999, suppl., 129, 3, 1428S-1430S.
[2] Anderson R.A., Cheng N., Bryden N.A., Polansky M.N., Chi J., Feng J.: Elevated intakes of supplemental chromium improve glucose and insulin variables in individuals with type 2 diabetes. Diabetes, 1997, 46, 1786-1791.
[3] Anderson R.A.: Chromium as an essential nutrient for humans. Regul. Toxicol. Pharmacol., 1997, 26, S35-S41.
[4] Anderson R.A.: Chromium in the prevention and control of diabetes. Diab. Metab., 2000, 26(1), 22-27.
[5] Ani M., Moshtaghie A.A.: The effect of chromium on parameters related to iron metabolism. Biol. Trace Elem. Res., 1992, 32, 57-64.
[6] Antosiewicz I.: Żywność o określonych funkcjach prozdrowotnych – żywność funkcjonalna na tle doświadczeń japońskich. Żywność, Żywienie a Zdrowie, 1997, 4, 346-352.
[7] Bawa S., Gajewska D., Wysocka M.: Probiotyki a choroby czynnościowe przewodu pokarmowego. Żyw. Czł. Metabol., 2003, 30, 3/4, 1163-1168.
[8] Bawa S.: Możliwości wykorzystania inuliny i oligofruktozy do zapobiegania rozwojowi chorób cywilizacyjnych. Żyw. Czł. Metab., 2002, 29, supl., 250-256.
[9] Bosscher D, Van Caillie-Bertrand M, Van Cauwenbergh R, Deelstra H: Availabilities of calcium, iron, and zinc from dairy infant formulas is affected by soluble dietary fibers and modified starch fractions. Nutrition, 2003, 19, 7-8, 641-645.
[10] Carabin I., Flamm W.: Evaluation of safety of inulin and oligofructose as dietary fiber. Regul. Toxic. Pharmacol, 1999, 30, 268-282 .
[11] Cieślik E., Prostak A., Pisulewski P.M.: Funkcjonalne własności fruktanów. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2001, 1, 26 , 5-11.
[12] Cieślik E., Topolska K.: Wpływ fruktanów na biodostępność wapnia w organizmie szczurów laboratoryjnych. Pediatria Współczesna, Gastroenterologia, Hepatologia i Żywienie Dziecka, 2002, 4, 1, 92.
[13] Clodfelder B.J., Upchurch R.G., Vincent J.B.: A comparison of the insulin-sensitive transport of chromium in healthy and model diabetic rats. J. Inorg. Biochem., 2004, 98, 522-533.

[14] Coudray C., Rambeau M., Feillet-Coudray C., Tressol J.C., Demigne C., Gueux E., Mazur A., Rayssiguier Y.: Dietary inulin intake and age can significantly affect intestinal absorption of calcium and magnesium in rats: a stable isotope approach. J. Nutr., 2005, 27, 4, 29.

[15] Coumssement P.: Inulin and oligofructose: safe intakes and legal status. J. Nutr., 1999, 129, 1412-1417.

[16] Hepburn D.D.D., Vincent J.B.: Tissue and subcellular distribution of chromium picolinate with time after entering the bloodstream. J. Inorg. Biochem., 2003, 94, 86-93.

[17] Józefiak D., Krejpcio Z., Trojanowska K., Wójciak R.W., Tubacka M.: Effect of dietary inulin on microbial ecosystem and concentrations of volatile fatty acids in rat's caecum. J. Anim. Feed Sci., 2005, 14, 171-178.

[18] Kaur N., Gupta A.K.: Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. J. Biosci. 2002, 27, 703-714.

[19] Kleessen B., Hartmann L., Blaut M.: Oligofructose and long-chain inulin: influence on the gut microbial ecology of rats associated with a human faecal flora. Br. J. Nutr., 2001, 86, 291-300.

[20] Krejpcio Z., Wójciak R.W., Śmigiel-Papińska D., Staniek H., Tubacka M.: Wpływ dodatku fruktanów i chromu(III) do diety na strawność makroskładników odżywczych u szczura. Żyw. Czł. Metab., 2007, 34, 3/4, 1173 -1178 .

[21] Krejpcio Z.: Essentiality of chromium for human nutrition and health. Pol. J. Environ. Stud., 2001, 10(6), 399-404.

[22] Król E., Krejpcio Z.: Poglądy na temat roli chromu(III) w zapobieganiu i leczeniu cukrzycy. Diab. Prakt., 2008, 9, 3-4, 168-175.

[23] Kurył T., Krejpcio Z., Wójciak R.W., Lipko M., Dębski B., Staniek H.: Chromium(III) propionate and dietary fructans supplementation stimulate erythrocyte glucose uptake and beta-oxidation in lymphocytes of rats. Biol. Trace Elem. Res., 2006, 114 (1-3), 237-248.

[24] Lobo A.R., Filho J.M., Alvares E.P., Cocato M.L., Colli C.: Effects of dietary lipid composition and inulin-type fructans on mineral availability on growing rats. Nutrition, 2009, 25, 2, 216-225.

[25] Lopez H.W., Coudray C., Levrat-Verny M.A., Feillet-Coudray C., Demigne C., Remesy C.: Fructooligosaccharides enhance mineral apparent absorption and counteract the deleterious effects of phytic acid on mineral homeostasis in rats. J. Nutr. Biochem., 2000, 11, 10, 500-508.

[26] Martin J., Volaufova J., Wang Z.Q., Matthews D.E., Zhang X.H., Cefalu W.T., Wachtel D.: Chromium Picolinate Supplementation Attenuates Body Weight Gain and Increases Insulin Sensitivity in Subjects With Type 2 Diabetes. Diab. Care, 2006, 29(8), 1826-1832.

[27] Mertz W.: Chromium in human nutrition: a review. J. Nutr., 1993, 123, 626-633.

[28] Racek J., Racek J., Trefil L., Trefil L., Rajdl D., Rajdl D.: Influence of chromium-enriched yeast on blood glucose and insulin variables, blood lipids, and markers of oxidative stress in subjects with type 2 diabetes mellitus. Biol. Trace Elem. Res., 2006, 109, 215-230.

[29] Reeves P.G., Nielsen H., Fahey G.C.: AIN-93 – Purfield diets for laboratory rodents – final report of the American Institute of Nutrition ad hoc writing Committee on the Reformulation of the AIN-76 A rodent diet. J. Nutr. 1993, 123, 1939-1951.

[30] Scholz-Ahrens K.E., Schaafsma G., van den Heuvel E.G., Schrezenmeir J.: Effects of prebiotics on mineral metabolism. Am. J. Clin. Nutr., 2001,73, 2 Supl. 459S-464S.

[31] Staniek H., Krejpcio Z., Szymusiak H., Zieliński R., Wieczorek D.: Wpływ wysokich dawek pokarmowych chromu(III) i kwercetyny na gospodarkę żelazem u szczura. Żyw. Czł. Metab., 2007, 34, 1/2, 105-110.

[32] Staniek H., Krejpcio Z., Szymusiak H., Zieliński R.: Ocena bezpieczeństwa suplementacji kompleksem chromu(III) z kwasem propionowym. TPJ, 2006, 4, 9, 67-74 .

[33] Staniek H., Krejpcio Z.: Wpływ suplementacji diety szczurów chromem(III) na gospodarkę żelazem. Wybrane zagadnienia interakcji ksenobiotyków, Polskie Towarzystwo Toksykologiczne Oddz. w Poznaniu, 2007, 40-42.

[34] Zafar T.A., Weaver C.M., Zhao Y., Martin B.R., Wastney M.E.: Nondigestible oligosaccharides increase calcium absorption and suppress bone resorption in ovariectomized rats. J. Nutr., 2004, 134, 2, 399-402.

EFFECT OF DIETARY SUPPLEMENTATION WITH INULIN-TYPE FRUCTANS AND CHROMIUM(III) ON MAGNESIUM METABOLIC INDICES IN RAT

S u m m a r y

The aim of this study was to evaluate the effect of dietary supplementation with inulin-type fructans (inulin, oligofructose) and chromium(III) on magnesium metabolic indices in rat.

It was found that high-fructans diets (10%) increased Mg bioavailability, while supplementary Cr(III) (5 mg/kg) did not affect Mg metabolic indices in rat.

Key words: fructans, chromium(III), magnesium, rats