

*Orzeł Dagmara, Bronkowska Monika, Styczyńska Marzena,
Gryszkin Artur¹⁾, Biernat Jadwiga*

WPLYW SKROBI OPORNEJ RS4 W DIETACH O ZRÓŻNICOWANEJ ZAWARTOŚCI BIAŁKA NA ABSORPCJĘ POZORNĄ MAGNEZU U SZCZURÓW WISTAR*)

Katedra Żywienia Człowieka Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu
Kierownik: prof. dr hab. *J. Biernat*

¹⁾ Zakład Technologii Węglowodanów Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu
Kierownik: dr hab. inż. *T. Zięba*

Badano wpływ skrobi opornych dodawanych do diet doświadczalnych o zróżnicowanej zawartości białka na absorpcje pozorne magnezu u szczurów szczepu Wistar. Zwierzęta (8 grup samców n = 64) karmiono 8 rodzajami diet: 4 kontrolnymi z różną zawartością białka i magnezu oraz 4 dietami zmodyfikowanymi, zawierającymi 10% dodatek preparatu skrobi odpornej RS4. Nie stwierdzono wpływu skrobi odpornej RS4 dodawanej do diet na absorpcje pozorne magnezu u szczurów szczepu Wistar. Absorpcje pozorne tego pierwiastka w badanych grupach zwierząt wahały się w zakresie 41,6–64,9%.

Słowa kluczowe: skrobia oporna, absorpcja pozorna magnezu, szczury Wistar.
Key words: resistant starch, apparent absorption of magnesium, Wistar rats.

Magnez jest jednym z podstawowych pierwiastków wpływających na prawidłowe funkcjonowanie organizmu ludzkiego – odpowiada między innymi za działanie wielu enzymów, transport błonowy, produkcję ATP, wzrost i reprodukcję komórek. W krajach rozwiniętych podaż magnezu jest niewystarczająca. Niedobór magnezu spowodowany jest najczęściej niską zawartością tego pierwiastka w diecie (1). Jednym ze składników żywności, który może przyczynić się do lepszej biodostępności magnezu z diety jest skrobia oporna (RS – Resistant Starch). Jest to skrobia i produkty jej rozkładu niewchłaniane w jelicie cienkim zdrowego człowieka (2, 3).

Do produkcji żywności wykorzystywane są skrobie chemicznie modyfikowane, które pełnią przede wszystkim rolę dodatku funkcjonalnego. Istnieje mało informacji na temat biologicznej dostępności i wykorzystania przez organizm preparatów skrobi opornych, a wyniki badań prowadzonych w tym zakresie są rozbieżne (4, 5, 6, 7). Celem pracy była ocena wpływu preparatu skrobi odpornej RS4 na absorpcję pozorną magnezu w organizmach szczurów Wistar.

*) Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2008–2011 jako projekt badawczy.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono z udziałem samców szczurów Wistar ($n = 64$) o początkowej masie ciała 160–180 g, pochodzących ze Zwierzętarni Zakładu Anatomii Patologicznej Uniwersytetu Medycznego im. Piastów Śląskich we Wrocławiu. Zwierzęta przebywały w warunkach hodowli zgodnie z wymogami określonymi przez II Lokalną Komisję Etyczną ds. Doświadczeń na Zwierzętach we Wrocławiu (nr 47/2007). Zwierzęta karmiono półsyntetycznymi dietami dla gryzoni laboratoryjnych (AIN – 93M) (8) odpowiednio zmodyfikowanymi. Szczury podzielono na 8 grup (po 8 sztuk/grupę), karmionych różnymi dietami (tab. I). Diety w czterech grupach kontrolnych zwierząt zawierały odpowiednio: I – 100% zalecanej ilości białka i 100% zalecanej ilości magnezu, II – 100% zalecanej ilości białka i 50% zalecanej ilości magnezu, III – 50% zalecanej ilości białka i 100% zalecanej ilości magnezu oraz IV – 50% zalecanej ilości białka i 50% zalecanej ilości magnezu (wg 8). Pozostałe cztery grupy zwierząt (I+RS, II+RS, III+RS, IV+RS) otrzymywały takie same diety, jak grupy kontrolne I, II, III i IV, w których część skrobi pszennej zastąpiono 10% dodatkiem preparatu skrobi opornej RS4 (fosforanu monoskrobiowego otrzymywanego z ziemniaczanej skrobi rozpuszczalnej).

Tabela I. Skład diet doświadczalnych

Table I. Quantitative composition of the experimental diets

Składnik	Zawartość składników w dietach (g/kg diety)							
	I	II	III	IV	I+RS	II+RS	III+RS	IV+RS
Skrobia pszenna	620,7	620,7	690,7	690,7	520,7	520,7	590,7	590,7
Sacharoza	100	100	100	100	100	100	100	100
Kazeina	140	140	70	70	140	140	70	70
Olej sojowy	40	40	40	40	40	40	40	40
Celuloza	50	50	50	50	50	50	50	50
Mieszanka mineralna AIN-93M-MX (o zawartości tlenku magnezu 24,0 g/kg mieszanki)	35	–	35	–	35	–	35	–
Mieszanka mineralna AIN-93M-MX (o zawartości tlenku magnezu 12,0 g/kg mieszanki)	–	35	–	35	–	35	–	35
Mieszanka witaminowa stała	10	10	10	10	10	10	10	10
Mieszanka witaminowa płynna: Witamina A, $\mu\text{g}/\text{kg}$ Witamina D ₃ , $\mu\text{g}/\text{kg}$ Witamina E, mg/kg	1212 25 50	1212 25 50	1212 25 50	1212 25 50	1212 25 50	1212 25 50	1212 25 50	1212 25 50
Cysteina	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Cholina	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Preparat skrobi opornej typu RS4	–	–	–	–	100	100	100	100

Do badań wykorzystano otrzymano preparat skrobi odpornej, wyprodukowany w wyniku modyfikacji chemiczno-fizycznej w Katedrze Technologii Rolnej i Przechowalnictwa Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Oporność preparatu, określona na podstawie stopnia jego scukrzenia pod wpływem glukoamylazy w temp. 60°C w czasie 120 min., wynosiła 52%.

W czasie 4-tygodniowego eksperymentu zwierzęta miały nieograniczony dostęp do paszy i wody. W 3 tyg. badań zwierzęta umieszczano w klatkach metabolicznych. Po trzydniowym okresie adaptacyjnym, przez kolejne 5 dni kontrolowano spożycie paszy i wody oraz zbierano kał badanych szczurów. Pobrany materiał biologiczny (kał) przechowywano zamrożony w temp. -18°C.

Próbki kału i paszy mielono, a następnie przeprowadzano ich mikrofalową mineralizację „na mokro”. Wykonano oznaczenia zawartości magnezu w paszach i kale metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej przy użyciu aparatu spektrometrii atomowej firmy Varian AA 240FS. Obliczono absorpcje pozorne magnezu u szczurów na podstawie różnicy zawartości tego składnika w spożytej paszy, a jego ilością wydalaną z kałem.

Analizę statystyczną otrzymanych wyników przeprowadzono za pomocą programu Statistica 10.0 PL. Wpływ preparatów skrobi odpornej RS4 w dietach na wchłanianie magnezu u szczurów doświadczalnych oceniono metodą jednoczynnikowej analizy wariancji ANOVA. Do testowania różnic między wartościami średnimi wykorzystano test *Duncana*, przy poziomie istotności $p < 0,05$. Grupy jednorodnie statystycznie oznaczono tą samą literą w tab. II i na ryc. 1.

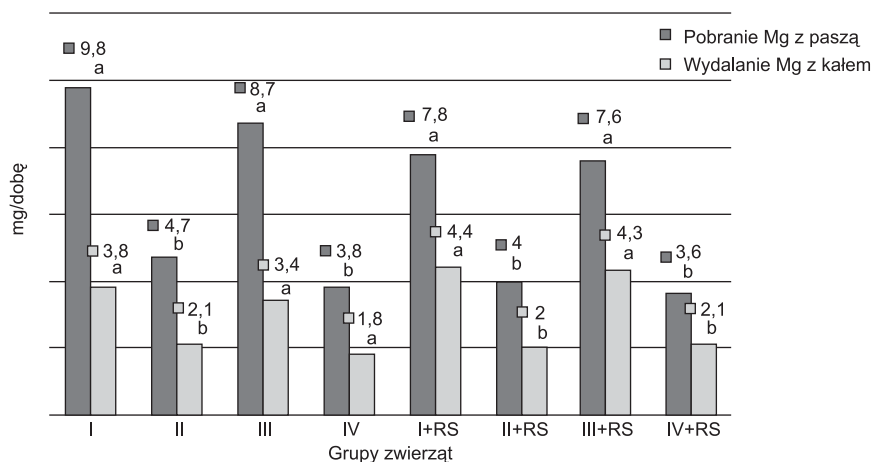
WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Średnie zawartości magnezu w badanych dietach i wydalonym kale szczurów przedstawiono w tab. II. W paszy z zalecaną ilością magnezu zawartość tego pierwiastka wahała się w zakresie od 495,1 do 531,7 mg Mg/kg. Diety o obniżonej zawartości magnezu zawierały od 243,5 do 261,8 mg Mg/kg. Zawartość magnezu w wydalonym kale zwierząt z grup, karmionych paszą o obniżonej zawartości tego składnika mineralnego była niższa o ok. 40–50% w porównaniu do zawartości magnezu w kale zwierząt z grup otrzymujących diety z zalecaną ilością tego składnika. Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w zawartości magnezu w kale szczurów otrzymujących paszę z dodatkiem skrobi odpornej RS4 w porównaniu do grup zwierząt karmionych paszą bez dodatku skrobi odpornej RS4.

Średnie dobowe pobranie magnezu z dietami oraz średnie dobowe ilości tego pierwiastka wydalane z kałem w badanych grupach szczurów (mg/dobę) przedstawiono na ryc. 1. Średnie pobrania magnezu z dietami (7,6–9,8 mg/dobę/szczura) w grupach zwierząt, przyjmujących diety z prawidłowo zbilansowaną zawartością magnezu były ok. 2-krotnie wyższe w porównaniu do pobrania tego pierwiastka (3,8–4,7 mg/dobę/szczura) w grupach zwierząt, karmionych dietami o obniżonej zawartości magnezu. Średnie ilości wydalonego magnezu z kałem w grupach zwierząt przyjmujących diety z prawidłową zawartością magnezu były wyższe w porównaniu do ilości wydalonego pierwiastka z kałem zwierząt, karmionych dietami o obniżonej zawartości tego pierwiastka.

Tabela II. Średnia zawartość magnezu w dietach i wydalonym kale szczurów ($\bar{x} \pm SD$)Table II. Mean content of magnesium in the diets and excreted feces of rats ($\bar{x} \pm SD$)

Grupy zwierząt karmione dietami	Zawartość Mg w dietach (mg/kg)	Zawartość Mg w kale (mg/100 g)
I (n = 8)	529,2 ± 11,2 a	152,3 ± 3,9 a
II (n = 8)	256,3 ± 6,8 b	76,7 ± 6,1 b
III (n = 8)	531,7 ± 14,6 a	142,8 ± 4,3 a
IV (n = 8)	261,8 ± 9,8 b	69,3 ± 1,5 b
I+RS (n = 8)	495,1 ± 15,9 a	124,3 ± 7,9 a
II+RS (n = 8)	243,5 ± 7,2 b	90,8 ± 7,6 b
III+RS (n = 8)	516,6 ± 12,4 a	128,1 ± 2,1 a
IV+RS (n = 8)	259,4 ± 13,5 b	85,3 ± 3,1 b

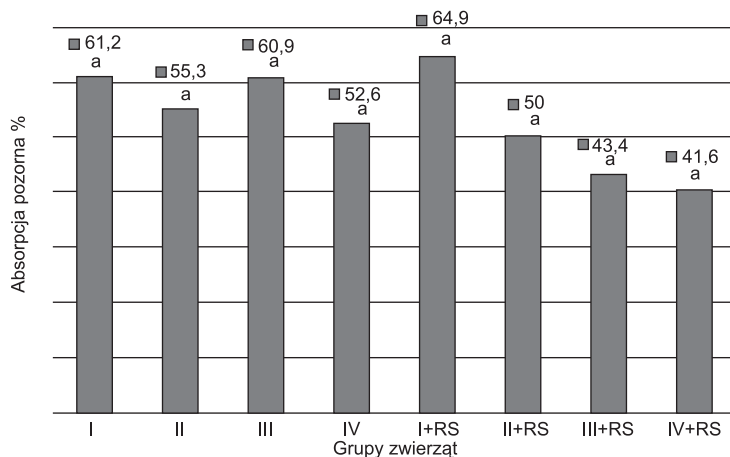


Ryc. 1. Średnie dobowe pobranie magnezu z dietami oraz jego wydalenie z kałem w badanych grupach zwierząt.

Fig. 1. Mean daily calcium intake with diets and magnesium excretion in faeces in the studied groups of animals.

Na ryc. 2 przedstawiono średnie absorpcje pozorne magnezu w badanych grupach zwierząt. Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic średnich absorpcji pozornych tego pierwiastka w badanych grupach zwierząt. Średnie absorpcje magnezu wahały się w zakresie 41,6–64,9%. Niższe wchłanianie magnezu w grupach zwie-

rząt, karmionych dietami z dodatkiem skrobi opornej RS4 mógł być spowodowany obecnością fosforanów w zastosowanym preparacie, które obniżają biodostępność tego pierwiastka. Najniższą absorpcję pozorną stwierdzono w grupie zwierząt, karmionych dietą niskobiałkową i niskomagnezową z dodatkiem skrobi opornej RS4.



Ryc. 2. Średnie absorpcje pozorne magnezu w badanych grupach zwierząt.

Fig. 2. Mean apparent absorption of magnesium in the studied groups of animals.

Podczas fermentacji skrobi opornej z udziałem flory bakteryjnej powstają krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe (SCFA – Short Chain Fatty Acids), które obniżają pH treści jelita ślepego i powodują dysocjację związków chemicznych. Zwiększa to poziom pierwiastków w formie jonowej, która jest łatwiej przyswajana (9, 10, 11, 12). Taki mechanizm oddziaływania skrobi opornych na metabolizm zwierząt doświadczalnych tłumaczy, nie do końca wyjaśniony, korzystny ich wpływ na proces absorpcji składników mineralnych. Należy jednak podkreślić, że w dietach występują również składniki, które mogą ograniczać biodostępność makro- i mikroelementów tak, jak w niniejszej pracy absorpcję magnezu mogły ograniczać fosforany.

Badania innych autorów wskazują na niejednoznaczny wpływ skrobi opornej na wchłanianie pierwiastków mineralnych. Różnorodne wyniki badań wynikają z rodzaju i dawki zastosowanych skrobi opornych.

Średnia absorpcja pozorna magnezu w grupie świń, przyjmujących dietę z dodatkiem skrobi opornej RS2 wynosiła 54% i była niższa o 9% w porównaniu do zwierząt przyjmujących dietę z dodatkiem skrobi opornej RS3 (13).

Wykazano, że 20% dodatek ziemniaczanej skrobi opornej do diet zwierząt doświadczalnych, przyczynił się do wzrostu wchłaniania magnezu o 32% w porównaniu do grupy kontrolnej (14).

U zwierząt doświadczalnych, przyjmujących dietę z 20% dodatkiem ziemniaczanej i kukurydzianej skrobi opornej RS2 stwierdzono zwiększone wchłanianie magnezu o 50% w porównaniu do grupy kontrolnej (15).

W badaniach Orzel i współpr. (16) z udziałem samców i samic szczurów szczepu Wistar przyjmujących dietę z dodatkiem fosforanu monoskrobiowego ze skro-

bi ziemniaczanej, odpowiednio modyfikowanego nie stwierdzono istotnych różnic w absorpcji pozornej magnezu, która wynosiła 47,6–62,2%. Wyjątek stanowiła grupa samic, karmiona dietą z dodatkiem fosforanu monoskrobiowego ze skrobi ziemniaczanej rozpuszczalnej, u której absorpcja pozorna magnezu była o 37% wyższa w porównaniu do pozostałych grup zwierząt.

WNIOSKI

1. U zwierząt karmionych dietami o obniżonej zawartości magnezu stwierdzono statystycznie niższe wydalanie tego pierwiastka z kałem w porównaniu do szczurów otrzymujących diety z zalecaną ilością magnezu.

2. Nie stwierdzono wpływu skrobi odpornej RS4 dodawanej do diet na absorpcje pozorne magnezu u szczurów szczepu Wistar. Absorpcja pozorna tego pierwiastka wahała się w zakresie 41,6–64,9%.

D. Orzeł, M. Bronkowska, M. Styczyńska, A. Gryszkin, J. Biernat

EFFECTS OF RS4 RESISTANT STARCH IN THE DIETS WITH DIFFERENT PROTEIN CONTENT ON APPARENT ABSORPTION OF IRON IN WISTAR RATS

Summary

The effect of resistant starch added to the experimental diets with different protein content on apparent absorption of iron in Wistar rats was examined. Animals (8 groups; n = 64) were fed 8 types of diets: 4 controls with different contents of protein and iron, and four modified diets containing 10% preparation RS4 resistant starch. Iron contents in the diets and faeces were determined by atomic absorption spectrometry. Apparent absorption of iron in rats were calculated on the basis of the difference in the content of this component in consumed diets and excreted faeces. Average apparent absorption of iron in the test groups of animals ranged from 46–55.2%, with the exception of a group of animals fed a diet low in protein and iron with resistant starch RS4 (average apparent absorption – 26.7%).

PIŚMIENNICTWO

1. Jablecka A., Korzeniowska K., Skoluda K., Cieślewicz A.: Preparaty magnezu. Farm. Współ., 2011; 4: 29-32. – 2. Leszczyński W.: Skrobia oporna i jej znaczenie. Przegl. Piek. Cukier., 2004; 7: 2-5. – 3. Chung H.J., Donner E., Liu Q.: Resistant starches in foods. *Comprehensive Biotech.* 2011; 4: 527-534. – 4. Staniek H., Anioła J., Czarnocińska J.: Wpływ acetylowanego adypinianu diskrobiowego na wybrane wskaźniki żywieniowe szczura. *Żyw. Nauk. Tech. Jakość*, 2005; 2 (43) Supl.: 203-209. – 5. Sharma A., Yadav B., Ritika: Resistant starch: physiological roles and food applications. *Food Rev. Int.*, 2008; 24: 193-234. – 6. Le Thanh J., Lewandowicz G.: Dietetyczne produkty skrobiowe, *Przem. Spoż.*, 2007; 61(8): 56-58. – 7. Lattimer J., Haub M.: Effects of dietary fiber and its components on metabolic health. *Nutrients*, 2010; 2: 1266-1289. – 8. Reeves PG, Nielsen FH, Fahey GC.: AIN-93 Purified Diets for Laboratory Rodents: Final Report of the American Institute of Nutrition Ad Hoc Writing Committee on the Reformulation of the AIN-76A Rodent Diet. *J. Nutr.* 1993; 123: 1939-1951. – 9. Schulz A.G.M., Van Amelsvoort J.M.M., Beynen A.C.: Dietary native resistant starch but not retrograded resistant starch raises magnesium and calcium absorption in rats. *J. Nutr.* 1993; 123: 1724-1731. – 10. Nugent A.P.: Health properties of resistant starch. *Nutr. Bull.*, 2005; 30: 27-54.
11. Haenen D., Zhang J., Silva C.S., Bosch G., Meer I.M., Arkel J., Borne J.J.G.C., Gutiérrez O.P., Smidt H., Kemp B., Müller M., Hooiveld G.J.: A Diet High in Resistant Starch Modulates Microbiota

Composition, SCFA Concentrations, and Gene Expression in Pig Intestine. *J. Nutr.*, 2013; 143(3): 274-283. – 12. *Topping L., Clifton P.M.*: Short – chain fatty acids and human colonic function: roles of resistant starch and nonstarch polysaccharides. *Physiol. Rev.*, 2001; 15: 529-533. – 13. *Heijnen M.L., Beynen A.*: Effect of consumption of uncooked (RS2) non retrograded (RS3) resistant starch on apparent absorption of magnesium, calcium and phosphorus in pigs. *Z Ernährungswiss.*, 1998; 37(1); 13-17. – 14. *Lopez H.W., Coudray C., Bellanger J., Levrat-Verny M., Demigne C., Rayssiguier Y., Remesy C.*: Resistant Starch improves mineral assimilation in rats adapted to a wheat bran diet. *Nutr. Res.*, 2000; 20: 141-155. – 15. *Lopez H.W., Levrat-Verny M.A., Coudray C., Besson C., Krespine V., Messenger A., Demigne C., Remesy C.*: Class 2 resistant starch lower plasma and liver lipids and improve mineral retention in rats. *J. Nutr.*, 2001; 131: 1283-1289. – 16. *Orzeł D., Figurska-Ciura D., Styczyńska M., Leszczyński W., Żechalko-Czajkowska A.*: Wpływ skrobi opornej RS4 na absorpcję magnezu i żelaza u szczurów rasy Wistar. *Roczn. PZH*, 2007; 58(1): 29-34.

Adres: 51-630 Wrocław, ul. Chelmońskiego 37/41