

DAGMARA ORZEL, DANUTA FIGURSKA-CIURA, MARZENA STYCZYŃSKA,  
WACŁAW LESZCZYŃSKI, ALICJA ŻECHAŁKO-CZAJKOWSKA

## WPLYW SKROBI OPORNEJ RS4 NA ABSORPCJĘ MAGNEZU I ŻELAZA U SZCZURÓW RASY *WISTAR*

### EFFECTS OF RESISTANT STARCH RS4 ON MAGNESIUM AND IRON ABSORPTION IN *WISTAR* RATS

Katedra Technologii Rolnej i Przechowalnictwa  
Akademia Rolnicza we Wrocławiu  
50–375 Wrocław, ul. Norwida 25  
e-mail: orzel@wnoz.ar.wroc.pl  
Kierownik: prof. dr hab. A. Żechałko - Czajkowska

*W pracy określono wpływ skrobi odpornej RS4 na absorpcję magnezu i żelaza u szczurów rasy Wistar. Zwierzęta karmiono 4 rodzajami diet: kontrolną ze skrobią pszenną (K) oraz trzema z dodatkiem różnych preparatów modyfikowanych skrobi opornych (S1, S2, S3). Wykonano oznaczenia zawartości Mg i Fe w dietach i kale metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej. Obliczono absorpcje Mg i Fe u szczurów na podstawie różnicy zawartości tych składników w spożywanych dietach a ilością Mg i Fe wydalanego z kałem.*

**Słowa kluczowe:** skrobia oporna, absorpcja Mg i Fe, szczury

**Key words:** resistant starch, absorption of Mg and Fe, rats

#### WSTĘP

Magnez i żelazo są składnikami mineralnymi niezbędnymi do prawidłowego funkcjonowania organizmu. Ich niedobory odgrywają znaczącą rolę w etiologii wielu zaburzeń układu nerwowego, krwionośnego i innych układów. Mogą powodować m.in. drgawki, skurcze mięśni, ogólne osłabienie oraz niedokrwistość [7, 12]. Dlatego ważne jest odpowiednie pobranie magnezu i żelaza z całodzienną racją pokarmową oraz ich prawidłowe wchłanianie z przewodu pokarmowego.

Jednym ze składników żywności, który może przyczynić się do lepszego wchłaniania składników mineralnych z diety jest skrobia oporna (Resistant Starch – RS). Ze względu na właściwości prozdrowotne stała się ona w ostatnich latach przedmiotem licznych badań [5, 13, 8]. Skrobia oporna zwiększa przyswajalność składników mineralnych m.in.: wapnia, fosforu, magnezu, żelaza, miedzi, cynku w jelicie grubym. Może to stanowić istotną różnicę

między błonnikiem pokarmowym, którego zwiększone spożycie ogranicza wchłanianie ww. związków mineralnych [1, 2, 6].

Celem niniejszej pracy była ocena wpływu 3 preparatów skrobi opornej RS4 na absorpcję magnezu i żelaza u szczurów rasy *Wistar*.

## MATERIAŁ I METODY

Do badań laboratoryjnych użyto 12 samców i 12 samic szczurów rasy *Wistar* o średniej masie początkowej odpowiednio 215 g i 150 g. Szczury losowo podzielono na 4 grupy samców i 4 grupy samic (po 3 sztuki/grupę). Uzyskano zgodę Lokalnej Komisji Etycznej ds. Doświadczeń na Zwierzętach przy AR we Wrocławiu.

W trakcie eksperymentu zwierzętom z grup kontrolnych (K♂ i K♀) podawano syntetyczną dietę dla gryzoni laboratoryjnych (AIN – 93M) [10] o następującym składzie:

Lp.	Składnik	g/kg diety
1	skrobia pszenna	620
2	sacharoza	100
3	kazeina	140
4	olej sojowy	40
5	celuloza	50
6	mieszanka mineralna	35
7	mieszanka witamin – stała	5
8	mieszanka witamin – płynna	5
9	cysteina	1,8
10	cholina	2,5

Zwierzętom w grupach samców S1♂, S2♂, S3♂ i samic S1♀, S2♀, S3♀ podawano syntetyczną paszę AIN – 93M, w której część skrobi pszennej zastąpiono dodatkiem odpowiednio trzech preparatów skrobi modyfikowanych RS4, wytworzonych w Katedrze Technologii Rolnej i Przechowalnictwa Akademii Rolniczej we Wrocławiu: S1 – fosforan monoskrobiowy ze skrobi ziemniaczanej o oporności 42% (120 g/kg diety), S2 – fosforan monoskrobiowy sporządzony ze skrobi rozpuszczalnej o oporności 46% (116 g/kg diety), S3 – fosforan monoskrobiowy skrobi ziemniaczanej ogrzewany z glicyną i poddany działaniu pola mikrofalowego o oporności 49% (109 g/kg diety). Oporność preparatów określono na podstawie ich stopnia scukrzenia pod wpływem enzymu glukoamylazy po 120 min. w 60°C. Uwzględniając procent oporności preparatów obliczono ich dodatek do diet. Każda z trzech zmodyfikowanych diet zawierała 50 g skrobi opornej/kg diety.

Szczury otrzymywały eksperymentalne diety przez 4 tygodnie. W 3 tygodniu badań zwierzęta umieszczono w klatkach metabolicznych. Po kilkudniowym okresie adaptacyjnym, przez kolejne 3 doby mierzono spożycie paszy oraz zbierano kał. Zwierzęta miały nieograniczony dostęp do paszy i wody. Wykonano oznaczenia zawartości Mg i Fe w dietach i kale metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej przy użyciu aparatu spektrometrii atomowej firmy Varian AA 240FS. Obliczono absorpcje pozorne Mg i Fe (%) u szczurów na podstawie różnicy zawartości tych składników w spożywanych dietach a ilością Mg i Fe wydalanego z kałem. W doświadczeniu wzięto pod uwagę zawartość Mg i Fe w spożywanej wodzie i wydalonym moczu, ale ilości te były nieistotne statystycznie w porównaniu do zawartości tych składników w pobieranych dietach i wydalonym kale.

Analizę statystyczną otrzymanych wyników przeprowadzono przy użyciu programu Statistica 6.0 PL. Wpływ preparatów skrobi opornej S1, S2, S3 w dietach na wchłanianie magnezu i żelaza u szczurów

doświadczalnych oceniono metodą jednokierunkowej analizy wariancji ANOVA. Do testowania różnic między wartościami średnimi wykorzystano test *Duncana*, przy poziomie istotności  $p < 0,05$ . W Tabeli wyników tą samą literą oznaczono grupy jednorodnie statystycznie.

## WYNIKI I Dyskusja

W tabeli I przedstawiono średnie zawartości magnezu i żelaza w badanych paszach oraz wydalanych kale. Średnie stężenia magnezu i żelaza w badanych dietach były jednorodne. W grupach samców karmionych dietą S2 i S3 stwierdzono wyższe zawartości magnezu w kałach w porównaniu do ich grupy kontrolnej odpowiednio o 11% i 17%. Średnie stężenia magnezu w kale samic z grup S2 i S3 były również wyższe w porównaniu do ich grupy kontrolnej odpowiednio o 40% i 29%. Poziom żelaza u samców w wydalonym kale nie wykazał istotnych różnic w stosunku do ich grupy kontrolnej. Natomiast u samic karmionych dietą S3 stwierdzono niższą o około 40% zawartość żelaza w badanym kale w porównaniu z grupą K.

Tabela I. Średnia zawartość magnezu i żelaza w dietach i wydalonym kale badanych szczurów ( $\bar{x} \pm SD$ )

Mean concentration of magnesium and iron in diets and feces of studied rats ( $\bar{x} \pm SD$ )

Rodzaj diety	Zawartość Mg i Fe w dietach mg/100 g		Zawartość Mg w kale mg/100 g		Zawartość Fe w kale mg/100 g	
	Mg	Fe	samce (n=12)	samice (n=12)	samce (n=12)	samice (n=12)
K	98,8 ± 11 <sup>a</sup>	4,5 ± 0,1 <sup>a</sup>	184,3 ± 11,4 <sup>a</sup>	210,9 ± 18,8 <sup>a</sup>	16,7 ± 4,8 <sup>a</sup>	22,4 ± 1,9 <sup>a</sup>
S1	90,7 ± 14 <sup>a</sup>	4,2 ± 0,3 <sup>a</sup>	161,0 ± 14,0 <sup>a</sup>	230,4 ± 19,3 <sup>a</sup>	15,1 ± 2,5 <sup>a</sup>	17,2 ± 1,4 <sup>a</sup>
S2	95,0 ± 15 <sup>a</sup>	4,3 ± 0,2 <sup>a</sup>	205,5 ± 10,8 <sup>b</sup>	295,8 ± 15,7 <sup>b</sup>	18,7 ± 3,6 <sup>a</sup>	16,7 ± 1,2 <sup>a</sup>
S3	98,3 ± 14 <sup>a</sup>	4,3 ± 0,2 <sup>a</sup>	216,9 ± 16,1 <sup>b</sup>	273,4 ± 10,3 <sup>b</sup>	15,7 ± 2,6 <sup>a</sup>	13,9 ± 1,4 <sup>b</sup>

1-czynnikowa Anova, różnice statystycznie istotne  $p < 0,05$ ; tą samą literą zaznaczono grupy jednorodnie statystycznie

W tabeli II przedstawiono absorpcje pozorne magnezu i żelaza u badanych samców i samic w zależności od rodzaju zastosowanej diety. U samic karmionych dietą S2 zaobserwowano statystycznie istotny wyższy poziom absorpcji magnezu w stosunku do ich grupy kontrolnej. W pozostałych grupach szczurów absorpcja tego pierwiastka nie różniła się. U badanych samców i samic nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic we wchłanianiu żelaza w zależności od zastosowanej diety.

W badaniach różnych autorów wpływu skrobi opornych na absorpcję magnezu wchłanianie tego pierwiastka było zbliżone do wyników niniejszej pracy i wynosiło 50 - 68% w zależności od typu skrobi odpornej (RS 1, RS 2, RS 3) [3, 5, 6].

U zwierząt karmionych dietą z dodatkiem ziemniaczanej skrobi odpornej stwierdzono większą absorpcję magnezu i żelaza odpowiednio o 50% i 20% w porównaniu do absorpcji tych składników u zwierząt grupy kontrolnej [4]. W porównaniu do grupy kontrolnej obserwowano wzrost absorpcji magnezu z 35% do 52% u zwierząt karmionych dietą z dodatkiem

Tabela II. Wpływ skrobi opornych RS4 na absorpcję pozorną magnezu i żelaza u szczurów ( $\bar{x} \pm SD$ )  
Effects of resistant starch RS4 on magnesium and iron absorption in *Wistar* rats ( $\bar{x} \pm SD$ )

Zwierzęta	Rodzaj diety	Mg			Fe		
		pobranie z diety mg/dzień	wydalenie z kałem mg/dzień	absorpcja pozorną (% pobrania)	pobranie z diety mg/dzień	wydalenie z kałem mg/dzień	absorpcja pozorną (% pobrania)
Samce (n=12)	K	18,5 ± 1,1 <sup>a</sup>	9,7 ± 0,8 <sup>a</sup>	47,6 ± 2,4 <sup>a</sup>	0,90 ± 0,2 <sup>a</sup>	0,49 ± 0,1 <sup>a</sup>	45,5 ± 5,1 <sup>a</sup>
	S1	16,5 ± 1,4 <sup>b</sup>	8,3 ± 0,7 <sup>b</sup>	49,7 ± 3,4 <sup>a</sup>	0,78 ± 0,1 <sup>b</sup>	0,42 ± 0,2 <sup>a</sup>	46,2 ± 4,2 <sup>a</sup>
	S2	17,1 ± 1,7 <sup>b</sup>	8,2 ± 0,6 <sup>b</sup>	52,0 ± 3,8 <sup>a</sup>	0,73 ± 0,2 <sup>b</sup>	0,40 ± 0,1 <sup>a</sup>	45,02 ± 3,1 <sup>a</sup>
	S3	17,5 ± 1,2 <sup>b</sup>	9,0 ± 0,8 <sup>b</sup>	48,6 ± 2,9 <sup>a</sup>	0,79 ± 1,1 <sup>b</sup>	0,44 ± 0,1 <sup>a</sup>	44,3 ± 4,1 <sup>a</sup>
Samice (n=12)	K	13,1 ± 1,6 <sup>a</sup>	5,2 ± 0,6 <sup>a</sup>	60,3 ± 4,9 <sup>a</sup>	0,60 ± 0,2 <sup>a</sup>	0,32 ± 0,1 <sup>a</sup>	46,7 ± 5,3 <sup>a</sup>
	S1	12,7 ± 1,5 <sup>a</sup>	4,8 ± 0,4 <sup>a</sup>	62,2 ± 5,4 <sup>a</sup>	0,54 ± 0,1 <sup>b</sup>	0,29 ± 0,1 <sup>a</sup>	46,2 ± 3,1 <sup>a</sup>
	S2	12,5 ± 1,4 <sup>a</sup>	2,2 ± 0,3 <sup>b</sup>	82,4 ± 1,1 <sup>b</sup>	0,48 ± 0,1 <sup>b</sup>	0,26 ± 0,2 <sup>a</sup>	45,8 ± 2,7 <sup>a</sup>
	S3	12,0 ± 1,1 <sup>a</sup>	4,9 ± 1,1 <sup>a</sup>	59,2 ± 4,8 <sup>a</sup>	0,52 ± 0,2 <sup>b</sup>	0,29 ± 0,1 <sup>a</sup>	44,2 ± 3,2 <sup>a</sup>

1-czynnikowa Anova, różnice statystycznie istotne  $p < 0,05$ ; tą samą literą zaznaczono grupy jednorodnie statystycznie

skrobi odpornej RS2 [13]. Stwierdzono zwiększenie stopnia wchłaniania magnezu i żelaza o około 20 - 30% u szczurów karmionych dietami z dodatkiem ziemniaczanej i kukurydzianej skrobi odpornej RS2 w porównaniu do zwierząt w grupach kontrolnych [5,6].

Badania różnych autorów potwierdzają korzystny wpływ różnych rodzajów skrobi opornych na absorpcję składników mineralnych u szczurów. Wiąże się to z powiększeniem jelita ślepego u zwierząt karmionych dietami z dodatkiem modyfikowanych skrobi, co równocześnie zwiększa powierzchnię absorpcji pierwiastków. Powstające podczas fermentacji skrobi odpornej przy współdziałaniu flory bakteryjnej krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe (SCFA) obniżają pH treści jelita ślepego powodując dysocjację związków chemicznych. Zwiększa to poziom pierwiastków w formie jonowej, która jest łatwiej wchłaniana [4, 6, 9, 11]. Kwasy SCFA przyspieszają przepływ krwi w krążeniu jelitowym, sprzyja to lepszej wymianie jonów i szybszemu wchłanianiu składników mineralnych. Kwasy SCFA mogą tworzyć kompleksy ze składnikami mineralnymi, które na zasadzie transportu aktywnego są wchłaniane z przewodu pokarmowego [1, 13].

## WNIOSKI

Dieta z dodatkiem fosforanu monoskrobiowego sporządzonego ze skrobi rozpuszczalnej (50 g RS/kg diety) spowodowała wzrost o 37% pozornej absorpcji magnezu u samic. Nie stwierdzono wpływu pozostałych preparatów skrobi odpornej typu RS4 w diecie na absorpcję magnezu i żelaza u pozostałych grup szczurów.

D. Orzeł, D. Figurska-Ciura, M. Styczyńska, W. Leszczyński,  
A. Żechałko-Czajkowska

### WPLYW SKROBI OPORNEJ RS4 NA ABSORPCJĘ MAGNEZU I ŻELAZA U SZCZURÓW RASY *WISTAR*

#### Streszczenie

Badano wpływ skrobi odpornej RS4 na absorpcję magnezu i żelaza u szczurów rasy *Wistar*. Zwierzęta (4 grupy samców n=12 i 4 grupy samic n=12) karmiono 4 rodzajami diet: kontrolną ze skrobią pszenną (K) oraz trzema z dodatkiem różnych preparatów modyfikowanych skrobi opornych (S1, S2, S3). Po dwutygodniowym okresie adaptacyjnym zwierzęta umieszczano w klatkach metabolicznych. Przez kolejne 3 dni mierzono spożycie paszy oraz zbierano kał. Wykonano oznaczenia zawartości Mg i Fe w dietach i kale metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej. Obliczono absorpcję Mg i Fe u szczurów na podstawie różnicy zawartości tych składników w spożywanych dietach a ilością Mg i Fe wydalanego z kałem. Stwierdzono zwiększenie o 37% absorpcji Mg u samic karmionych dietą S2 (z dodatkiem fosforanu monoskrobiowego) w porównaniu do grupy kontrolnej samic.

D. Orzeł, D. Figurska-Ciura, M. Styczyńska, W. Leszczyński,  
A. Żechałko-Czajkowska

### EFFECTS OF RESISTANT STARCH RS4 ON MAGNESIUM AND IRON ABSORPTION IN *WISTAR* RATS

#### Summary

The effect of resistant starch RS4 on apparent absorption of magnesium and iron was studied in *Wistar* rats. The rats (4 groups male n=12 and 4 groups female n=12) were fed for 4 weeks diets: control with wheat starch (K) and 3 diets with modified resistant starches (S1, S2, S3). After an adaptation period (14 d), rats were transferred to metabolic cages. Dietary intake and faeces were monitored for 3 days. Mg and Fe levels were assessed in diets and feces by atomic absorption spectrometry. Apparent absorption of minerals was calculated as mineral intake minus fecal excretion and expressed as percentage of intake. Our results confirmed that Mg apparent absorption in female rats fed diet with resistant starch S2 was significantly increased (+37%) compared with the control group.

### PIŚMIENNICTWO

1. Coudray C., Demigne C., Rayssiguier Y.: Effects of dietary fibers on magnesium absorption in animals and humans. *J. Nutr.*, 1999, 129, 1434 – 1437.
2. Greger J. L.: Nondigestible carbohydrates and mineral bioavailability. *J. Nutr.*, 1999, 129, 1434 – 1435.
3. Heijnen M.J., Gerrft J. Berg V., Beynen A.: Dietary raw versus retrograded resistant starch enhances apparent but not true magnesium absorption in Rats. *J. Nutr.*, 1996, 126, 2253–2259.
4. Lopez H. W., Coudray C., Bellanger J., Demigne C., Remesy C.: Intestinal fermentation lessens the inhibitory effects of phytic acid on mineral utilization in rats. *J. Nutr.*, 1998, 128, 1192 – 1198.
5. 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(1), 141 – 155.

6. 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.
7. Meier P.R., Nickerson H.J., Olson K.A., Berg R.L., Meyer A.: Prevention of iron deficiency anemia in adolescent and adult, *Clin. Med. Res.*, 2003, 1(1), 29-36.
8. Nugent A.P.: Health properties of resistant starch. *Nutr. Biull.*, 2005, 30, 27 – 54.
9. Ohta A., Ohtsuki M., Baba S., Adachi T., Sakata T., Sakaguchi E.: Calcium and magnesium absorption from the colon and rectum are increased in rats fed fructooligosaccharides. *J.Nutr.*, 1995, 125, 2417 – 2424.
10. Reeves P.G., Nielsen F.H., Fahey G.C.: 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.
11. Schulz A.G.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.
12. Vormann J.: Magnesium: nutrition and metabolism. *Mol. Asp. Med.*, 2003, 24, 27 – 37.
13. Younes H., Coudray Ch., Bellanger J., Demigne Ch., Rayssiguier Y., Remesy Ch.: Effects of two carbohydrates (inulin and resistant starch) and their combination on calcium and magnesium absorption balance in rats. *Brit. J. Nutr.*, 2001, 86, 479 – 485.