

*Orzeł Dagmara, Bronkowska Monika, Styczyńska Marzena,  
Gryszkin Artur<sup>1</sup>, Biernat Jadwiga*

## WPLYW SKROBI OPORNEJ RS4 W DIETACH O ZRÓŻNICOWANEJ ZAWARTOŚCI BIAŁKA NA ABSORPCJĘ POZORNĄ ŻELAZA U SZCZURÓW WISTAR\*

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

<sup>1)</sup> Katedra Technologii i Przetwórstwa Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu  
Kierownik: dr hab. *J. Błażewicz* prof. nadz.

*Określono wpływ skrobi opornych dodawanych do diet doświadczalnych o zróżnicowanej zawartości białka na absorpcje pozorne żelaza u szczurów szczepu Wistar. Zwierzęta (8 grup samców n=64) karmiono 8 rodzajami diet: 4 kontrolnymi z różną zawartością białka i żelaza oraz 4 dietami zmodyfikowanymi, zawierającymi 10% dodatek preparatu skrobi opornej RS4. Średnia absorpcja pozorna żelaza w badanych grupach zwierząt wahała się w zakresie 46–55,2%, z wyjątkiem grupy zwierząt, karmionych dietą o obniżonej zawartości białka i żelaza z dodatkiem preparatu skrobi opornej RS4 (średnia absorpcja pozorna – 26,7%).*

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

Żelazo spełnia wiele ważnych funkcji w organizmie człowieka. Pierwiastek ten jest niezbędny w procesie tworzenia czerwonych ciałek krwi w szpiku kostnym oraz do wiązania dwutlenku węgla w hemoglobinie i jego wydalania przez płuca. Żelazo wchodzi w skład wielu enzymów oraz białek biorących udział w metabolizmie organizmu. Bierze udział w syntezie DNA. Jest też niezbędny do prawidłowej budowy skóry, włosów oraz paznokci, a także do prawidłowego funkcjonowania układu odpornościowego (1, 2, 3).

Niedobory żelaza odgrywają istotną rolę w etiologii zaburzeń pracy krwioobiegu i innych układów. Objawiają się zmianami w śluzówce oraz niedotlenieniem tkanek, które powodują: obniżenie sprawności fizycznej, zaburzenie regulacji temperatury ciała oraz obniżenie rozwoju intelektualnego. Niedobory tych pierwiastków mogą też prowadzić do obniżenia odporności organizmu (3, 4).

Ze względu na rolę jaką żelazo spełnia w organizmie człowieka oraz biorąc pod uwagę fakt, iż niedobory tych pierwiastków potęgują wiele niekorzystnych

---

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

reakcji dla organizmu, powinno być ono spożywane w odpowiednich ilościach. Prawidłowe pobranie z całodzienną racją pokarmową żelaza jest bardzo ważne dla organizmu. Poszukuje się substancji, które mogą wspomagać proces wchłaniania i przyczyniają się do lepszego wykorzystania związków mineralnych przez organizm (3, 5). Jednym ze składników żywności, który mógłby przyczynić się do lepszego wchłaniania składników mineralnych z pożywienia jest skrobia oporna. W badaniach z udziałem ludzi i zwierząt doświadczalnych stwierdzono, że stosowanie diety bogatej w skrobię oporną przyczynia się do zwiększonego wchłaniania żelaza i innych składników mineralnych (6, 7). Celem pracy była ocena wpływu preparatu skrobi opornej RS4 na absorpcję pozorną żelaza w organizmach szczurów Wistar.

### MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono z udziałem samców szczurów Wistar ( $n = 64$ ) o początkowej masie ciała 160–180 g. Zwierzęta pochodziły ze Zwierzętarń 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). Szczury podzielono na 8 grup (po 8 sztuk/grupę), karmionych różnymi dietami (tab. I). Zwierzęta otrzymywały półsyntetyczne diety dla gryzoni laboratoryjnych (AIN – 93M) (8) odpowiednio zmodyfikowane. Diety w czterech grupach kontrolnych zwierząt zawierały odpowiednio: I – 100% zalecanej ilości białka i 100% zalecanej ilości żelaza, II – 100% zalecanej ilości białka i 50% zalecanej ilości żelaza, III – 50% zalecanej ilości białka i 100% zalecanej ilości żelaza oraz IV – 50% zalecanej ilości białka i 50% zalecanej ilości żelaza (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). Wykorzystano do badań preparat skrobi opornej, wyprodukowany w Katedrze Technologii Rolnej i Przechowywalnictwa Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Oporność preparatu, określona na podstawie stopnia jego scukrzenia pod wpływem glukoamylazy w temp. 60°C w czasie 120 min, wynosiła 48%.

Zwierzęta miały nieograniczony dostęp do paszy i wody. Przez okres 4 tygodni szczury karmiono przygotowanymi dietami. W 3 tygodniu 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.

Przeprowadzono mikrofalową mineralizację „na mokro” próbek kału i paszy. Wykonano oznaczenia zawartości żelaza w mineralizatach prób metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej za pomocą aparatu spektrometrii atomowej firmy Varian AA 240FS. Obliczono absorpcje pozorną żelaza u szczurów na podstawie różnicy zawartości tego składnika w spożytej paszy, a jego ilością wydalaną z kałem.

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 cytrynianu żelaza 6,06 g/kg mieszanki)	35	–	35	–	35	–	35	–
Mieszanka mineralna AIN-93M-MX (o zawartości cytrynianu żelaza 3,03 g/kg mieszanki)	–	35	–	35	–	35	–	35
Mieszanka witaminowa stała	10	10	10	10	10	10	10	10
Mieszanka witaminowa płynna: Witamina A, µg/kg	1212	1212	1212	1212	1212	1212	1212	1212
Witamina D <sub>3</sub> , µg/kg	25	25	25	25	25	25	25	25
Witamina E, mg/kg	50	50	50	50	50	50	50	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

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

## WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

W tab. II przedstawiono średnie zawartości żelaza w dietach laboratoryjnych oraz w kale badanych zwierząt. W paszy z zalecaną ilością żelaza zawartość tego pierwiastka wahała się w zakresie od 32,8 do 37,1 mg Fe/kg. Diety o obniżonej zawartości żelaza zawierały od 16,3 do 18,2 mg Fe/kg. Zawartości żelaza w wydalonym kale zwierząt z grup karmionych paszą o obniżonej zawartości tego składnika mineralnego była niższa o ok. 50% w porównaniu do zawartości żelaza w kale zwierząt

z grup otrzymujących diety z zalecaną ilością tego składnika. Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w zawartości żelaza w kale grup zwierząt otrzymujących paszę z dodatkiem skrobi opornej RS4 w porównaniu do grup zwierząt karmionych paszą bez dodatku skrobi opornej RS4.

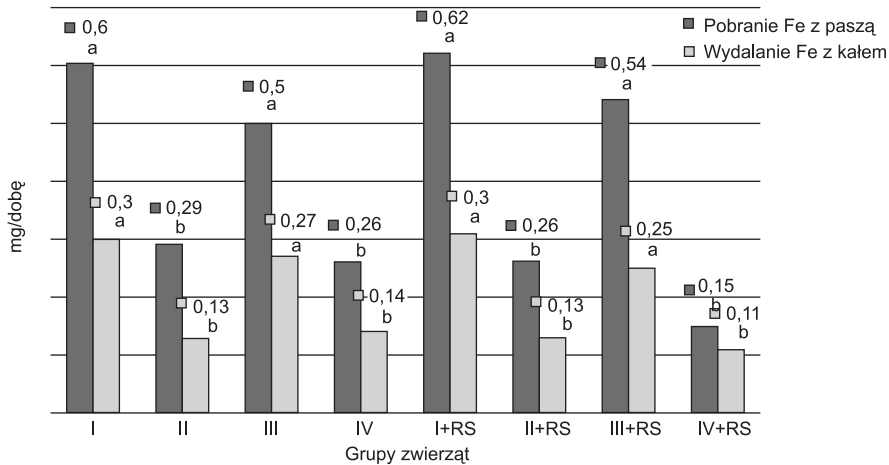
W badaniach z udziałem szczurów Wistar, przyjmujących diety z dodatkiem skrobi opornej RS4 w postaci fosforanu monoskrobiowego (50 g/kg diety), nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w średniej zawartości żelaza w kale samców, natomiast u samic stwierdzono niższą o ok. 40% średnią zawartość żelaza w kale w porównaniu do grupy kontrolnej (9).

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

Table II. Mean content of iron in the diets and excreted feces of rats ( $\bar{x} \pm SD$ )

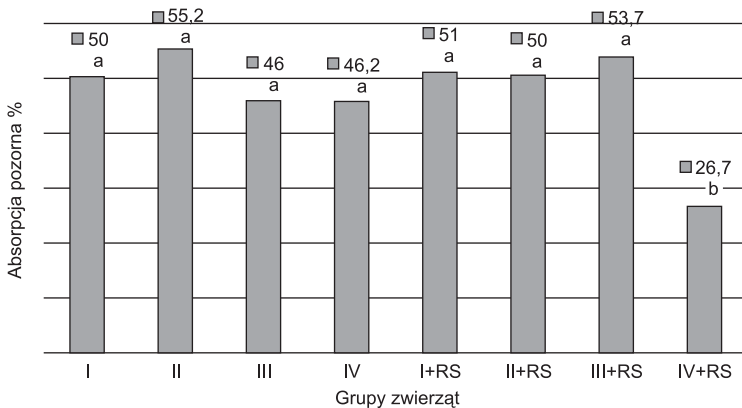
Grupy zwierząt karmione dietami:	Zawartość Fe w dietach mg/kg	Zawartość Fe w kale mg/100 g
I (n=8)	36,9 ± 5,8 a	10,1 ± 0,67 a
II (n=8)	18,2 ± 2,1 b	4,6 ± 0,34 b
III (n=8)	37,1 ± 5,7 a	10,4 ± 0,72 a
IV (n=8)	17,4 ± 3,1 b	5,2 ± 0,26 b
I+RS (n=8)	32,8 ± 4,8 a	9,4 ± 0,47 a
II+RS (n=8)	17,4 ± 2,1 b	4,4 ± 0,22 b
III+RS (n=8)	36,0 ± 2,3 a	9,3 ± 0,99 a
IV+RS (n=8)	16,3 ± 3,7 b	4,5 ± 0,15 b

Na ryc. 1 przedstawiono średnie dobowe pobranie żelaza z dietami oraz średnie dobowe ilości wydalonego pierwiastka z kałem badanych zwierząt doświadczalnych (mg/dobę/szczura). Średnie pobranie żelaza w grupach zwierząt przyjmujących diety o obniżonej zawartości żelaza wynosiło od 0,15 do 0,29 mg/dobę i było niższe o ok. 67% w porównaniu do grup zwierząt przyjmujących diety o zalecanej zawartości żelaza. Średnie ilości wydalonego żelaza z kałem w grupach zwierząt przyjmujących diety o obniżonej zawartości tego pierwiastka wynosiły od 0,11 do 0,14 mg/dobę i były istotnie niższe o ok. 60% w porównaniu do grup zwierząt przyjmujących diety z zalecaną ilością tego pierwiastka. Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w średnim pobraniu żelaza z paszą i wydalaniu tego pierwiastka z kałem w grupach zwierząt przyjmujących diety z dodatkiem skrobi opornej w porównaniu do grup, które nie otrzymywały preparatu skrobi opornej RS4.



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

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



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

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

Na ryc. 2 przedstawiono absorpcje pozorne żelaza w badanych grupach szczurów. Nie stwierdzono statystycznych różnic w średniej absorpcji pozornej żelaza w grupach zwierząt, przyjmujących diety z dodatkiem skrobi opornej w porównaniu do grup, które nie otrzymywały skrobi opornej RS4. Średnia absorpcja tego pierwiastka wynosiła od 46% do 55,2%. Wyjątek stanowiła średnia absorpcja pozorna żelaza w grupie szczurów (IV + RS), otrzymujących dietę o obniżonej zawartości białka i żelaza z dodatkiem skrobi opornej RS4. Absorpcja w tej grupie wynosiła 26,7% i była niższa o ok. 53% w porównaniu do absorpcji pozornej tego pierwiastka w pozostałych grupach zwierząt.

Nieliczne badania innych autorów wykazały korzystny wpływ dodatku skrobi odpornej do diet zwierząt laboratoryjnych na wchłanianie żelaza. Należy podkreślić, że badania te dotyczyły najczęściej skrobi modyfikowanych typu RS2 – skrobi naturalnej niektórych gatunków roślin np. ziemniaka, czy bananowca (10). Brak jest badań oceniających wpływ dodatku do paszy skrobi opornych RS4 (modyfikowanych fizycznie i chemicznie) na absorpcję pozorną żelaza.

W badaniach z udziałem zwierząt doświadczalnych, przyjmujących dietę z 20% dodatkiem ziemniaczanej skrobi odpornej RS2 stwierdzono wzrost wchłaniania żelaza o 9% w porównaniu do grupy kontrolnej (11).

Wykazano, że 20% dodatek ziemniaczanej skrobi odpornej do diet szczurów *Wistar* przyczynił się do wzrostu wchłaniania żelaza o 27% w porównaniu do grupy kontrolnej z otrębami pszennymi, w której zawarty naturalnie kwas fitynowy ograniczał biodostępność składników mineralnych (12).

U zwierząt doświadczalnych, przyjmujących dietę z 20% dodatkiem ziemniaczanej i kukurydzianej skrobi odpornej RS2 stwierdzono zwiększone wchłanianie żelaza o 21% w porównaniu do grupy kontrolnej (13).

W badaniach *Orzeł i współpr.* (9) z udziałem szczurów *Wistar* nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic we wchłanianiu żelaza w grupie zwierząt przyjmujących dietę z 5% dodatkiem fosforanu monoskrobiowego ze skrobi ziemniaczanej (RS4) w porównaniu do grupy kontrolnej. Należy dodać, że różne wyniki badań wiążą się z rodzajem i ilością podawanej zwierzętom w paszy skrobi odpornej. Brak korzystnego wpływu monofosforanu skrobiowego dodawanego do diet szczurów *Wistar* na absorpcję pozorną żelaza w niniejszych badaniach oraz prowadzonych wcześniej doświadczeniach może wynikać z obecności w preparacie skrobi odpornej RS4 fosforanów, które ograniczają biodostępność tego składnika mineralnego.

## WNIOSKI

1. Dodatek preparatu skrobi odpornej RS4 do diety nieprawidłowo zbilansowanej (o obniżonej zawartości białka i żelaza) spowodował niekorzystne obniżenie o ok. 40–50% absorpcji pozornej żelaza. Średnia absorpcja pozorną żelaza w pozostałych grupach zwierząt wahała się w zakresie 46–55,2%.

2. Nie wykazano wpływu dodatku skrobi odpornej RS4 do diet: zbilansowanej (I + RS), o obniżonej zawartości żelaza (II + RS) oraz o obniżonej zawartości białka (III + RS) na absorpcję pozorną żelaza.

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. *Jarosz M.* (red.): Normy żywienia dla populacji polskiej. Wyd. IZZ, Warszawa 2012.
2. *Gawęcki J., Hryniewiecki L.*: Żywnienie człowieka. Podstawy nauki o żywieniu. Wyd. PWN, Warszawa 2008.
3. *Lieu P.T., Heiskala M., Peterson P.A., Yang Y.*: The roles of iron in health and disease. *Mol. Asp. Med.*, 2001; 22(1-2): 1-87.
4. *Brzozowska A.* (red.): Składniki mineralne w żywieniu człowieka. Wyd. UP w Poznaniu, Poznań 2003.
5. *Srdjan D., Mukesh M.A.*: Nutritional iron deficiency: an evolutionary perspective. *Nutr.*, 2007; 23(7-8): 603-614.
6. *Gröber U.*: Mikroskładniki odżywcze. Tuning metaboliczny – profilaktyka – leczenie. Wyd. MedPharm, Wrocław 2010.
6. *Chung H.J., Donner E., Liu Q.*: Resistant starches in foods. *Comprehensive Biotech.* 2011; 4: 527-534.
7. *Lattimer J., Haub M.*: Effects of dietary fiber and its components on metabolic health. *Nutrients*, 2010; 2: 1266-1289.
8. *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.
9. *Orzeł D., Figurska-Ciura D., Styczyńska M., Leszczyński W., Żechalko-Czajkowska A.*: Wpływ skrobi odpornej RS4 na absorpcję magnezu i żelaza u szczurów rasy Wistar. *Roczn. PZH*, 2007; 58(1): 29-34.
10. *Lopez H. W., Coudray C., Bellanger J., Younes H., Demigne C., Remesy C.*: Intestinal fermentation lessens the inhibitory effects of phytic acid on mineral utilization in rats. *J. Nutr.*, 1998; 128: 1192-1198.
11. *Ashraf S., Anjum F.M., Nadeem M., Riaz A.*: Functional & technological aspects of resistant starch. *Pak. J. Food Sci.*, 2012; 22(2): 90-95.
12. *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.
13. *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.

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