

Dagmara Orzeł¹, Tomasz Zięba²,
Monika Bronkowska¹, Marzena Styczyńska¹, Jadwiga Biernat¹

WPLYW PREPARATÓW SKROBI OPORNYCH DODAWANYCH DO DIET ZWIERZĄT DOŚWIADCZALNYCH NA ABSORPCJE POZORNE WAPNIA I FOSFORU

¹Katedra Żywienia Człowieka Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu
Kierownik: prof. dr hab. J. Biernat

²Zakład Technologii Węglowodanów Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu
Kierownik: dr hab. inż. Tomasz Zięba

Badano wpływ skrobi opornych dodawanych do diet doświadczalnych na absorpcje pozorne wapnia i fosforu u szczurów szczepu Wistar. Zwierzęta (9 grup samców n=54) karmiono 9 rodzajami diet: kontrolną (K) oraz dietami zmodyfikowanymi, zawierającymi 10% lub 15% dodatek 4 różnych preparatów skrobi opornych RS3 i RS4. 15% dodatek preparatów skrobi opornych RS4 do diet szczurów spowodował wzrost wchłaniania wapnia o 12,5% w porównaniu do grupy kontrolnej. W grupach zwierząt karmionych dietami z dodatkiem preparatów skrobi opornych RS4 stwierdzono statystycznie istotnie wyższą absorpcję pozorną fosforu o około 13-30% w porównaniu do grupy kontrolnej. Nie stwierdzono wpływu dodatku preparatu skrobi opornej RS3 do diet na wchłanianie wapnia i fosforu u badanych zwierząt.

Słowa kluczowe: skrobia oporna, absorpcja pozorna wapnia i fosforu, szczury Wistar

Key words: resistant starch, apparent absorption of calcium and phosphorus, Wistar rats

Biodostępność składników mineralnych zawartych w żywności zależy od wielu czynników, które związane są z rodzajem i składem produktów spożywczych, jak również ze stanem organizmu. Jednym ze składników żywności, który może przyczynić się do lepszego wchłaniania składników mineralnych z diety jest skrobia oporna (Resistant Starch – RS) (1). Preparaty skrobi opornych w różnym stopniu zwiększają przyswajalność składników mineralnych m.in.: wapnia, fosforu, magnezu, żelaza, miedzi, cynku w jelicie grubym zwierząt laboratoryjnych. Wpływ skrobi opornych na biodostępność makro- i mikroelementów zależy m.in. od rodzaju i ilości RS dodawanej do diet (2, 3, 4).

Coraz szersze zastosowanie w przemyśle spożywczym mają nowe preparaty skrobi modyfikowanych o zróżnicowanych właściwościach funkcjonalnych. Preparaty te dodawane do żywności modyfikują jej teksturę, konsystencję, wygląd, wilgotność i trwałość podczas przechowywania, są także zamiennikami tłuszczu w produktach typu „light” o zmniejszonej wartości energetycznej (5, 6). Niewiele jest

informacji na temat oddziaływania tych nowych preparatów z innymi składnikami żywności, czy ich wpływu na metabolizm ludzi i zwierząt, w tym na biodostępność składników mineralnych (7). Celem niniejszej pracy była ocena wpływu preparatów skrobi opornych RS3 i RS4 na absorpcje pozorne wapnia i fosforu w organizmach szczurów Wistar.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono z udziałem 54 samców szczurów Wistar o średniej początkowej masie ciała 160-180 g. Na wykonanie doświadczeń uzyskano zgodę II Lokalnej Komisji Etycznej ds. Doświadczeń na Zwierzętach we Wrocławiu (nr 131/2007). Zwierzęta były hodowane w plastikowych klatkach ze stałym dostępem do paszy i wody. Szczury losowo podzielono na 9 grup, uwzględniając rodzaj spożywanego paszy (po 6 szt./grupę). Dietę kontrolną (K) stanowiła pasza dla gryzoni laboratoryjnych 4RF21 włoskiej firmy Mucedola. Diety modyfikowane dodatkiem preparatów skrobi opornych, które wyprodukowano w Katedrze Technologii Rolnej i Przechowalnictwa Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu to:

- diety 10%A i 15%A, które zawierały odpowiednio 10% i 15% dodatek retrogradowanej skrobi ziemniaczanej (skrobi opornej RS3),
- diety 10%B i 15%B, które zawierały odpowiednio 10% i 15% dodatek retrogradowanej i acetylowanej skrobi ziemniaczanej (skrobi opornej RS4),
- diety 10%C i 15%C, które zawierały odpowiednio 10% i 15% dodatek rozpuszczalnej ziemniaczanej skrobi ekstrudowanej, retrogradowanej i prażonej z fosforanami i glicyną (skrobi opornej RS4),
- diety 10%D i 15%D, które zawierały odpowiednio 10% i 15% dodatek skrobi ziemniaczanej kompleksowanej z monoacyloglicerolem, retrogradowanej, prażonej z fosforanami i glicyną (skrobi opornej RS4).

Szczury karmione były eksperymentalnymi dietami przez 4 tygodnie. W 3 tygodniu badań zwierzęta umieszczono w klatkach metabolicznych. Po trzydniowym okresie adaptacyjnym, przez kolejne 3 doby mierzono spożycie paszy oraz zbierano kał. Wykonano oznaczenia zawartości wapnia w dietach i kale metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej przy użyciu aparatu spektrometrii atomowej firmy Varian AA 240FS. Do oznaczenia zawartości fosforu w kale i paszy zastosowano metodę spektrofotometryczną przy użyciu aparatu CECIL CE20210. Obliczono absorpcje pozorne wapnia i fosforu u szczurów na podstawie różnicy zawartości tych składników w spożytej paszy a ich ilością wydalaną z kałem.

Analizę statystyczną otrzymanych wyników przeprowadzono przy użyciu programu Statistica 6.0 PL. Wpływ preparatów skrobi opornych RS3 i RS4 w dietach na wchłanianie wapnia i fosforu 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. 1 i na ryc. 1-2 tą samą literą oznaczono grupy jednorodnie statystycznie.

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

W tab I. przedstawiono średnie zawartości wapnia i fosforu w podawanych zwierzętom dietach oraz wydalonym kale. Zawartości wapnia i fosforu w dietach wahały się w zakresie 626,85-892,79 mg Ca/100 g oraz 29,66-73,83 mg P/100 g. Średnie zawartości fosforu w dietach 10%D i 15%D były statystycznie istotnie wyższe w porównaniu do pozostałych diet.

Tab e l a I. Średnia zawartość wapnia i fosforu w dietach i wydalonym kale szczurów (\pm SD).

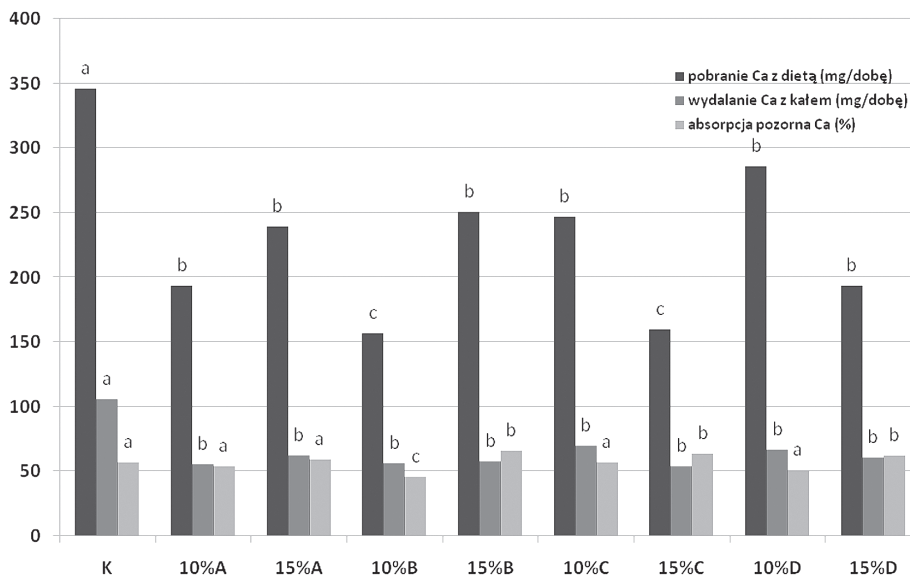
Table I. Mean content of calcium and phosphorus in the diets and excreted feces of rats (\pm SD).

Grupy zwierząt karmione dietami:	zawartość Ca w dietach	zawartość P w dietach	zawartość Ca w kale	zawartość P w kale
	mg/100 g	mg/100 g	mg/100 g	mg/100 g
K (n=6)	892,79 \pm 86,01 a	37,49 \pm 0,28 a	1156,45 \pm 302,96 a	45,93 \pm 7,41 a
10%A (n=6)	723,38 \pm 60,57 b	34,70 \pm 0,42 a	1168,33 \pm 152,60 a	47,79 \pm 11,09 a
15%A (n=6)	713,79 \pm 39,55 b	29,66 \pm 0,28 a	1218,23 \pm 108,23 a	53,14 \pm 4,27 a
10%B (n=6)	735,14 \pm 65,52 b	32,82 \pm 0,00 a	1016,15 \pm 231,23 b	62,79 \pm 4,84 b
15%B (n=6)	626,85 \pm 7,15 b	33,18 \pm 0,14 a	1368,30 \pm 864,40 c	56,74 \pm 19,14 b
10%C (n=6)	702,49 \pm 2,70 b	32,61 \pm 0,41 a	1323,92 \pm 288,96 c	34,91 \pm 9,20 c
15%C (n=6)	712,08 \pm 38,09 b	33,97 \pm 0,14 a	1048,45 \pm 64,80 b	63,10 \pm 4,59 b
10%D (n=6)	651,16 \pm 13,16 b	50,34 \pm 0,14 b	1386,71 \pm 124,48 c	48,31 \pm 8,15 a
15%D (n=6)	768,34 \pm 15,29 b	73,83 \pm 0,14 c	1145,92 \pm 110,48 a	42,30 \pm 1,9 a

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

Było to wynikiem przeprowadzenia modyfikacji skrobi z udziałem fosforanów. Zawartości wapnia i fosforu w kale zwierząt karmionych dietami z dodatkiem preparatów skrobi opornych RS4 wykazywały istotne różnice w porównaniu do zawartości tego pierwiastka w kale zwierząt grupy kontrolnej. Średnie stężenie wapnia w kale zwierząt karmionych dietami 15%B, 10%C i 10%D było wyższe o około 18% w porównaniu do średniej zawartości tego pierwiastka w kale zwierząt z grupy kontrolnej. W kale zwierząt otrzymujących pasze 10%B i 15%C zawartości wapnia były niższe o około 11% w porównaniu do grupy kontrolnej. Średnie stężenie fosforu w kale zwierząt karmionych dietami 10%B i 15%B było wyższe o około 33%, a w kale zwierząt karmionych dietą 10%C było niższe o 24% w porównaniu do średniej zawartości tego pierwiastka w kale zwierząt z grupy kontrolnej.

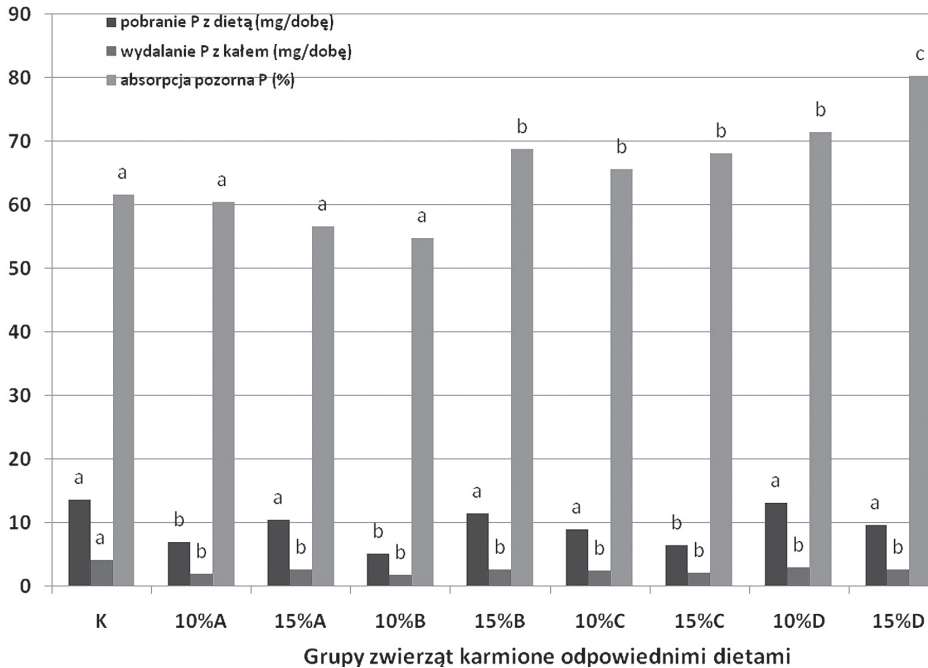
Absorpcje pozorne wapnia i fosforu u badanych szczurów wynosiły odpowiednio 45,84-65,76% oraz 54,89-80,26% (ryc. 1-2). Stwierdzono statystycznie istotny korzystny wpływ 15% dodatku preparatów skrobi opornych RS4 do diet na wzrost absorpcji wapnia średnio o około 12,5% w porównaniu do grupy kontrolnej. Wykazano statystycznie istotny wzrost absorpcji fosforu o około 13% u zwierząt karmionych dietami z dodatkiem preparatów skrobi opornych RS4 (15%B, 15%C i 10%D) oraz o 30% u zwierząt karmionych dietą 15%D.



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

Ryc. 1. Średnie dobowe pobranie wapnia z dietami, jego wydalenie z kałem oraz średnie absorpcje pozorne tego pierwiastka w badanych grupach zwierząt.

Fig. 1. Mean daily calcium intake with diets, calcium excretion in faeces and mean apparent absorption of calcium in the studied groups of animals.



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

Ryc. 2. Średnie dobowe pobranie fosforu z dietami, jego wydalenie z kałem oraz średnie absorpcje pozorne tego pierwiastka w badanych grupach zwierząt.

Fig. 2. Mean daily phosphorus intake with diets, phosphorus excretion in faeces and mean apparent absorption of phosphorus in the studied groups of animals.

Nieliczne badania innych autorów potwierdzają korzystny wpływ różnych rodzajów skrobi opornych na wchłanianie składników mineralnych u szczurów. Badania Lopez i wsp. (8) wykazały korzystny wpływ 20% dodatku skrobi opornej RS1 (surowej skrobi ziemniaczanej) do diet szczurów na wchłanianie składników mineralnych. Absorpcja pozorna wapnia i fosforu w grupie zwierząt otrzymujących skrobię oporną wzrosły odpowiednio o 15% i 11% w porównaniu do grupy kontrolnej. Stwierdzono zwiększenie stopnia wchłaniania wapnia o około 12-14% u szczurów karmionych dietami z dodatkiem ziemniaczanej i kukurydzianej skrobi opornej RS2 w porównaniu do zwierząt w grupach kontrolnych (9). W badaniach Younes i wsp. (10) stwierdzono wzrost wchłaniania wapnia o 8% u szczurów karmionych dietą z 15% dodatkiem skrobi opornej RS1 (surowej skrobi ziemniaczanej) w porównaniu do grupy kontrolnej. Stwierdzono wzrost absorpcji pozornej wapnia i fosforu odpowiednio o ok. 4 i 17% w grupie zwierząt karmionych dietą wysokotłuszczową (smalec i cholesterol) z 10% dodatkiem preparatu skrobi opornej RS4 w porównaniu do grupy kontrolnej (11). Mechanizmy działania skrobi opornych na wchłanianie składników mineralnych u zwierząt doświadczalnych nie są do końca poznane i formułowane są na ten temat różne hipotezy. Podczas fermentacji skrobi opornej przy

współdziałe flory bakteryjnej powstają krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe, które obniżają pH treści jelita ślepego i powodują dysocjację związków chemicznych. Zwiększa to poziom pierwiastków w formie jonowej, która jest łatwiej przyswajana (3, 4, 9, 12). Kwasy te mogą tworzyć kompleksy ze składnikami mineralnymi, które na zasadzie transportu aktywnego są wchłaniane z przewodu pokarmowego (9, 13).

WNIOSKI

1. Nie stwierdzono istotnego wpływu dodatku preparatu retrogradowanej skrobi ziemniaczanej RS3 do diet zwierząt na absorpcje pozorne wapnia i fosforu w porównaniu do grupy kontrolnej.

2. Wykazano istotny wzrost absorpcji pozornej wapnia o około 12,5% u zwierząt karmionych dietami z 15% dodatkiem preparatów skrobi opornych RS4 w porównaniu do grupy kontrolnej. Nie stwierdzono korzystnego wpływu 10% dodatku preparatów skrobi opornych RS4 do diet szczurów na wchłanianie wapnia.

3. Wykazano statystycznie istotny wzrost absorpcji fosforu o około 13-30% u zwierząt karmionych dietami z dodatkiem preparatów skrobi opornych RS4.

D. Orzeł, T. Zięba, M. Bronkowska, M. Styczyńska, J. Biernat

EFFECTS OF RESISTANT STARCH PREPARATIONS ADDED TO THE DIETS OF EXPERIMENTAL ANIMALS ON APPARENT ABSORPTION OF CALCIUM AND PHOSPHORUS

S u m m a r y

The effect of resistant starch added to the experimental diets on apparent absorption of calcium and phosphorus in Wistar rats was examined. Animals (9 groups; n = 54) were fed 9 types of diets: control (K) and modified diets containing 10% or 15% addition of four different preparations of resistant starches RS3 and RS4. Calcium contents in the diets and faeces were determined by atomic absorption spectrometry, phosphorus contents – by spectrophotometry. Apparent absorption of minerals in rats were calculated on the basis of the difference in the content of these components in consumed diets and excreted faeces. 15% content of resistant starch RS4 preparations added to the diets caused an increase in calcium absorption by 12,5% compared to the control group. There was statistically significantly higher apparent absorption of phosphorus by about 13-30% in groups of animals fed diets with resistant starch RS4 preparations compared to the control group. There wasn't effect of RS3 resistant starch addition to diets on the absorption of calcium and phosphorus in test animals.

PIŚMIENNICTWO

1. *Fuentes-Zaragoza E, Sanchez-Zapata E, Sendra E, Sayas E, Navarro C, Fernandez-Lopez J, Perez-Alvarez J.*: Resistant starch as prebiotic: A review. *Starch*, 2011; 63: 406-415.- 2. *Nugent A.P.*: Health properties of resistant starch. *Nutr. Bull.*, 2005; 30: 27-54.- 3. *Patterson J, Lei X, Miller D.*: The pig as an experimental model for elucidating the mechanisms governing dietary influence on mineral absorption. *Exp. Biol. Med.*, 2008; 233: 651-654.- 4. *Zafar T, Martin B., Weaver C.*: Resistant starches (RS2 and RS3) have variable effects on bone mineral status in rats. *Open Nutr. J.*, 2009; 3: 17-22.- 5. *Leszczyński W.*: Zastosowanie skrobi modyfikowanych w przemyśle spożywczym (II). Skrobie chemicznie mody-

- fikowane. *Przegl. Piek. Cukier.*, 2006; 6: 6-8.- 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. *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.- 9. *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.- 10. *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.
11. *Orzeł D., Bronkowska M., Styczyńska M.*: Wpływ skrobi odpornej RS4 w dietach wysokotłuszczowych na absorpcje wapnia i fosforu u szczurów Wistar. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2009; 42(4): 1161-1166.- 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. *Sharma A., Yadav B., Ritika*: Resistant starch: physiological roles and food applications. *Food Rev. Int.*, 2008; 24: 193-234.

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