

*Dagmara Orzeł, Mirosław Żmijewski¹, Monika Bronkowska,
Marzena Styczyńska*

WPŁYW PRODUKTÓW PRZEMIAŁU ORZESZKÓW GRYKI DODAWANYCH DO DIET ZBILANSOWANYCH NA ABSORPCJE POZORNE WAPNIA I FOSFORU U SZCZURÓW WISTAR*

Katedra Żywienia Człowieka
Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu
Kierownik: dr hab. inż. *M. Bronkowska*

¹ Katedra Technologii Owoców, Warzyw i Ziół
Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu
Kierownik: prof. dr hab. *Z. Gil*

Badano wpływ produktów przemiału gryki dodawanych do diet na absorpcje pozorne wapnia i fosforu u 64 szczurów Wistar, które w 4-tygodniowym doświadczeniu otrzymywały diety z 20% dodatkiem mąki, otrąb lub śruty gryczanej oraz z 20% dodatkiem pieczywa żytnio-gryczanego. Stwierdzono wzrost o ok. 10–13% absorpcji pozornej wapnia w grupie zwierząt karmionych dietą z dodatkiem mąki gryczanej, śruty gryczanej i pieczywa z dodatkiem mąki gryczanej w porównaniu do grupy kontrolnej. Nie stwierdzono wpływu dodatku produktów przemiału orzeszków gryki na absorpcje pozorną fosforu w badanych grupach szczurów.

Słowa kluczowe: gryka, absorpcja pozorna wapnia i fosforu, szczury Wistar.
Key words: buckwheat, apparent absorption of calcium and phosphorus, Wistar rats.

Produkty zbożowe stanowią podstawowy składnik codziennej diety człowieka, będący głównym źródłem energii. Na szczególną uwagę zasługuje pieczywo wzbożacane w naturalne dodatki takie, jak produkty gryczane, które poprawiają jego wartość odżywczą i przyczyniają się do zwalczania niedoborów składników odżywczych (1). W ciągu ostatnich kilkunastu lat wzrosło zainteresowanie mąką, śrutą czy otrębami gryczanymi, wskazując na korzystne ich oddziaływanie na zdrowie człowieka. Odznaczają się one cennymi właściwościami odżywczymi, dietetycznymi i zdrowotnymi (3, 4).

Gryka i produkty gryczane, bez potrzeby wzbogacania ich o dodatkowe składniki, mogą stanowić składnik żywności funkcjonalnej ze względu na korzystne biologiczne oddziaływanie na organizm (5). Ziarniaki gryki są bogatym źródłem naturalnych związków biologicznie aktywnych takich, jak: białka o wysokiej wartości odżywczej, białka wiążące tiaminę, skrobia, wielonienasycone kwasy tłuszczowe,

* Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2011–2013 jako projekt badawczy N N312 425140.

nr 112/2012). Szczury miały zapewnioną swobodę poruszania oraz stały dostęp do paszy i wody. Pomieszczenia były klimatyzowane, wilgotność względna powietrza kształtowała się na poziomie 60–70%, temp. powietrza wynosiła $23 \pm 3^\circ\text{C}$. Zwierzęta miały dostęp do światła regulowany przez dobowy cykl oświetlenia, zmiana wyściółki następowała co dwa dni.

Badania przeprowadzono w dwóch 4-tygodniowych etapach. W czasie trwania eksperymentu wszystkie grupy zwierząt były karmione półsyntetycznymi dietami dla gryzoni laboratoryjnych AIN-93M odpowiednio zmodyfikowanymi (9). W każdym etapie badań 32 szczury podzielono na 4 grupy (po 8 sztuk/grupę). Skład diet doświadczalnych przedstawiono w tab. I. Grupy kontrolne (K1 i K2) otrzymywały dietę AIN 93M. W pierwszym etapie badań grupy D1, D2 i D3 otrzymywały diety AIN 93M zmodyfikowane z 20% dodatkiem odpowiednio mąki, śruty i otrąb gryczanych. W drugim etapie grupy D4, D5 i D6 otrzymywały diety z 20% dodatkiem pieczywa żytnio-gryczanego odpowiednio z 50% udziałem mąki, śruty i otrąb gryczanych. Produkty przemiału gryki oraz pieczywo z ich udziałem sporządzono w Katedrze Technologii Owoców, Warzyw i Zbóż Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

W drugim tygodniu doświadczeń zwierzęta umieszczano w klatkach metabolicznych. Po trzydniowym okresie adaptacyjnym, przez trzy kolejne doby kontrolowano spożycie paszy oraz masy wydalonego kału. Kał przechowywano w temp. -18°C w plastikowych pojemnikach. Próby pasz i kału mineralizowano „na mokro” z 65% kwasem azotowym i nadtlenkiem wodoru przy użyciu pieca mikrofalowego „Mars 5”. Oznaczono zawartości wapnia metodą płomieniowej absorpcyjnej spektrometrii atomowej z wykorzystaniem aparatu VARIAN AA 240FS i fosforu – metodą spektrofotometryczną (spektrofotometr VIS723G). Oznaczenia wapnia i fosforu w mineralizatach wykonano w zakresie stężeń odpowiednio $0,5\text{--}7,5\text{ mg/dm}^3$ i $0,5\text{--}6,0\text{ mg/dm}^3$. Dokładność oznaczenia badanych pierwiastków sprawdzono na podstawie odzysków w próbkach (Ca–97,6%, P–93,7%) oraz analizy ich zawartości w materiałach referencyjnych – SRM 1567a – Wheat Flour i RM 8414 Bovine Muscle Powder.

Do analizy statystycznej wyników wykorzystano program komputerowy Statistica 10.0 PL. Przy użyciu testu Shapiro–Wilka sprawdzono rozkład normalny otrzymanych zmiennych. W rozkładzie normalnym zmiennych wykorzystano jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA przy zastosowaniu testu NIR Fishera do porównań wielokrotnych, pomiędzy którymi nie występują różnice istotne statystycznie. W rozkładzie nienormalnym zmiennych przeprowadzono test nieparametryczny Kruskala–Wallisa dla porównania wielu prób niezależnych. Różnice pomiędzy otrzymanymi grupami wyników wyznaczono przy poziomie istotności ($p < 0,05$). W tab. II–III małymi literami a, b, c oznaczono różnice istotne statystycznie pomiędzy grupami.

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

W celu określenia absorpcji pozornej obliczono całodienne pobranie wapnia i fosforu z dietami oraz ich dobowe wydalanie z kałem zwierząt. W tab. II przedstawiono średnie zawartości wapnia i fosforu w badanych dietach. Nie stwierdzono

statystycznie istotnych różnic w zawartości wapnia w dietach, które wahały się w zakresie 4991,2–5363,1 mg Ca/kg. W dietach D2, D3 zawierających 20% dodatek: otrąb gryczanych i śruty gryczanej, stwierdzono o 32,4% i 60,7% wyższe zawartości fosforu w porównaniu do diet kontrolnych. W pozostałych dietach nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w zawartości tego pierwiastka.

Tabela II. Zawartości wapnia i fosforu w badanych dietach (mg/kg)

Table II. Calcium and phosphorus content in the studied diets (mg/kg)

Dieta dla grupy zwierząt:	Zawartość pierwiastków	
	Ca $\bar{x} \pm SD$ (mg/kg)	P $\bar{x} \pm SD$ (mg/kg)
K1	4991,2 \pm 26,9 ^a	2140,0 \pm 21,1 ^a
D1	5278,7 \pm 26,3 ^a	2355,5 \pm 23,4 ^a
D2	5324,5 \pm 16,9 ^a	2735,5 \pm 42,0 ^b
D3	5363,1 \pm 71,3 ^a	3320,8 \pm 13,8 ^b
K2	5043,1 \pm 44,4 ^a	1993,1 \pm 64,0 ^a
D4	5095,4 \pm 11,1 ^a	2059,1 \pm 15,4 ^a
D5	5158,5 \pm 10,2 ^a	2060,3 \pm 24,5 ^a
D6	5176,9 \pm 43,4 ^a	2355,4 \pm 31,1 ^a

$\bar{x} \pm SD$ – średnia \pm SD odchylenie standardowe

W tab. III przedstawiono dzienne pobranie i wydalanie wapnia i fosforu oraz absorpcje pozorne tych pierwiastków w badanych grupach zwierząt. Wykazano statystycznie istotne wyższe o 24–34% pobranie wapnia z dietami zawierającymi produkty przemiału gryki (D1, D2, D3) w porównaniu do pozostałych grup zwierząt. Średnia ilość wydalanego wapnia z kałem wahała się od 5,8 mg/dobę do 14,3 mg/dobę. Wyjątek stanowiła grupa D3, otrzymująca paszę ze śrutą gryczaną, w której wydalanie tego pierwiastka było o 136,4% wyższe w porównaniu do pozostałych grup. Stwierdzono statystycznie istotne różnice w absorpcji pozornej wapnia. Dla grup kontrolnych absorpcja tego pierwiastka wynosiła ok. 77,7%. Największy wzrost absorpcji wapnia zaobserwowano w grupach zwierząt D1, D2 i D4, karmionych odpowiednio paszą z 20% dodatkiem: mąki gryczanej (88,2%), otrąb gryczanych (88,1%) oraz pieczywa żytnio-gryczanego z 50% udziałem mąki gryczanej (87,2%). Dodatek do diety pieczywa żytnio-gryczanego, ze względu na wcześniejszą obróbkę termiczną i niższą zawartość błonnika pokarmowego w porównaniu do surowych produktów przemiału gryki i pieczywa z dodatkiem śruty i otrąb gryczanych, mógł być przyczyną lepszej biodostępności wapnia.

Średnie pobranie fosforu z diet wahało się w zakresie 24,6–40,6 mg/dobę. Wyjątek stanowiła grupa zwierząt D3, karmiona paszą z dodatkiem śruty gryczanej, gdzie stwierdzono ponad 2-krotnie wyższe pobranie fosforu z diety w porównaniu do pozostałych grup. W grupie D3 stwierdzono także ponad 2-krotnie wyższą ilość wydalonego fosforu z kałem w porównaniu do pozostałych grup szczurów. W po-

zostałych grupach nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w zawartości tego pierwiastka w kale, którego ilość wahała się w zakresie 7,0–14,9 mg/dobę. Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic w absorpcji pozornej fosforu, która wahała się w zakresie 64,1–73,7% (tab. III).

Na biodostępność składników mineralnych w organizmie ma wpływ nie tylko rodzaj przyjmowanej diety, ale także wzajemne relacje synergistyczne i antagonistyczne pomiędzy poszczególnymi składnikami pożywienia, stan organizmu, obecność substancji ułatwiających i utrudniających przyswajanie makro- i mikroelementów z pożywienia. Do substancji utrudniających przyswajanie składników mineralnych zalicza się m.in. szczawiany, nadmiar tłuszczu, nieodpowiedni stosunek składników mineralnych, niewłaściwe proporcje aminokwasów, błonnik pokarmowy czy kwas fitynowy. Ten ostatni, występujący naturalnie w ziarnach gryki ze względu na zdolność do trwałego łączenia się w przewodzie pokarmowym z wapniem, żelazem, cynkiem i magnezem oraz tworzeniem z nimi nierozpuszczalnych soli może powodować trudności w prawidłowym wchłanianiu pierwiastków (10, 11). Obecność kwasu fitynowego w produktach gryczanych bogatych w składniki mineralne nie spowodowała obniżenia biodostępności tych pierwiastków, a obecność skrobi opornej w produktach z przemiału gryki mogła korzystnie wpłynąć na większą przyswajalność wapnia w organizmach badanych zwierząt.

Tab e l a III. Pobranie z dietami i wydalanie z kałem wapnia i fosforu (mg/dobę) oraz absorpcje pozorne tych pierwiastków w badanych grupach zwierząt (%)

Tab l e III. Calcium and phosphorus intake and excretion (mg/day) and the apparent absorption of these elements in studied groups of animals (%)

Grupa zwierząt	Ca			P		
	pobranie z dietą $\bar{x} \pm SD$ mg/dobę	wydalanie z kałem $\bar{x} \pm SD$ mg/dobę	absorpcja pozorna $\bar{x} \pm SD$ (%)	pobranie z dietą $\bar{x} \pm SD$ mg/dobę	wydalanie z kałem $\bar{x} \pm SD$ mg/dobę	absorpcja pozorna $\bar{x} \pm SD$ (%)
K1 (n=8)	92,4±7,3 ^{ab}	5,8±1,1 ^a	78,1±10,6 ^a	38,9±8,2 ^{ab}	11,8±2,7 ^{ab}	69,2±12,6 ^a
D1 (n=8)	107,6±10,9 ^b	11,8±2,7 ^{ab}	88,2±12,3 ^b	27,9±7,1 ^a	7,0±1,9 ^a	73,7±10,5 ^a
D2 (n=8)	107,7±9,8 ^b	7,9±2,5 ^a	88,1±9,9 ^b	37,4±7,5 ^{ab}	11,3±4,1 ^{ab}	71,3±8,6 ^a
D3 (n=8)	116,3±12,6 ^b	23,5±4,8 ^b	78,2±8,2 ^a	69,2±6,9 ^b	23,6±5,3 ^b	69,4±12,3 ^a
K2 (n=8)	80,5±8,4 ^a	8,0±1,6 ^{ab}	77,2±12,1 ^a	30,8±5,6 ^a	11,3±2,4 ^{ab}	64,1±16,3 ^a
D4 (n=8)	95,3±7,3 ^{ab}	11,7±2,6 ^{ab}	87,2±10,5 ^b	39,4±4,4 ^{ab}	11,2±3,6 ^{ab}	68,9±12,8 ^a
D5 (n=8)	74,1±6,9 ^a	14,3±3,9 ^{ab}	80,6±12,4 ^{ab}	24,6±3,9 ^a	8,3±2,7 ^a	68,4±13,6 ^a
D6 (n=8)	91,9±8,6 ^{ab}	10,1±2,9 ^{ab}	82,6±9,3 ^{ab}	40,6±8,6 ^{ab}	14,9±3,5 ^{ab}	67,1±10,9 ^a

Brak jest opublikowanych badań dotyczących wpływu produktów przemiału gryki dodawanych do diet na wchłanianie składników mineralnych u zwierząt doświadczalnych. Ze względu na obecność skrobi odpornej w ziarniakach gryki wyniki porównano z badaniami prowadzonymi na szczurach karmionych dietami z jej udziałem. Badania większości innych autorów wykazały korzystny wpływ różnych rodzajów skrobi odpornej na lepszą przyswajalność składników mineralnych u zwierząt doświadczalnych. Podczas fermentacji skrobi odpornej z udziałem flory bakteryjnej powstają krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe. Obniżają one pH treści jelita ślepego, powodując dysocjację związków chemicznych. Zwiększa to poziom pierwiastków w łatwiej przyswajalnej formie jonowej. Kwasy te tworzą kompleksy ze składnikami mineralnymi, które są wchłaniane z przewodu pokarmowego na zasadzie transportu aktywnego. W badaniach *Orzeł* i współpr. (12) stwierdzono zwiększenie absorpcji pozornej wapnia o ok. 14% w grupie szczurów karmionych dietą wysokotłuszczową z dodatkiem skrobi odpornej RS4 w porównaniu do grupy kontrolnej. Wykazano wzrost o 28% absorpcji wapnia u zwierząt karmionych dietą z dodatkiem fruktooligosacharydów (13). *Younes* i współpr. (14) również potwierdzili korzystny wpływ skrobi odpornej na przyswajalność składników mineralnych. Wyniki ich badań wykazały u szczurów karmionych dietą z dodatkiem surowej skrobi ziemniaczanej wzrost absorpcji wapnia o 50% w stosunku do grupy kontrolnej. W badaniach *Lopez* i współpr. (15) stwierdzono wzrost absorpcji pozornej wapnia i fosforu w grupie szczurów otrzymujących skrobie oporną RS1 odpowiednio o 15% i 11% w porównaniu do grupy kontrolnej.

WNIOSKI

1. Stwierdzono statystycznie istotny wzrost o ok. 10–13% absorpcji pozornej wapnia w grupie zwierząt karmionych dietą z dodatkiem mąki gryczanej, śruty gryczanej i pieczywa z dodatkiem mąki gryczanej w porównaniu do grupy kontrolnej. Nie stwierdzono wpływu pozostałych dodatków: otrąb gryczanych, pieczywa z udziałem śruty gryczanej oraz otrąb gryczanych do diet na absorpcje pozorną wapnia w badanych grupach szczurów.

2. Nie stwierdzono wpływu dodatku produktów przemiału orzeszków gryki oraz pieczywa z ich dodatkiem do diet na absorpcje pozorną fosforu w badanych grupach szczurów.

D. Orzeł, M. Żmijewski, M. Bronkowska, M. Styczyńska

EFFECT OF BUCKWHEAT GRIST PRODUCTS ADDED TO BALANCED DIETS
ON APPARENT ABSORPTION OF CALCIUM AND PHOSPHORUS IN WISTAR RATS

Summary

A 4-week study was conducted in 64 rats which received diets with added 20% flour, bran or buckwheat grits and 20% rye-buckwheat bread. Mineral content in the feed and faecal samples was determined by atomic absorption spectrometry for calcium and by spectrophotometry for phosphorus. The apparent absorptions of calcium and phosphorus in groups of rats were calculated from the daily intakes of these elements with diets and their faecal excretion.

A 10–13% increase of the apparent absorption of calcium was observed in the group of animals fed a diet with buckwheat products and rye-buckwheat bread, compared to the control group. There was no effect of the addition of buckwheat products on the apparent absorption of phosphorus.

PIŚMIENNICTWO

1. *Fujarczuk M., Żmijewski M.*: Jakość pieczywa pszennego w zależności od dodatku otrąb pochodzących z różnych odmian gryki. *Żywność. Nauka. Technologia*. Jakość, 2009; 6 (67): 91-101. – 2. *Kwiatkowski J.*: Agrotechniczne uwarunkowania produkcji gryki (*Fagopyrum esculentum* Moench) o wysokiej wartości technologicznej, odżywczej i reprodukcyjnej orzeszków. Rozprawy i Monografie. UWM, Olsztyn, 2010; 153. – 3. *Dojczew D., Kowalczyk K.*: Ogólna charakterystyka oraz właściwości prozdrowotne gryki. *Przegląd zbożowo-młynarski*, 2011; 6: 14-15. – 4. *Paulickova L., Vyzralova K., Holasova M., Fiedlerova V., Vavreinova S.*: Buckwheat as functional food. Proceedings of the 9th International Symposium on Buckwheat. Czech Republic, Adv. Buck. Res., 2004; 587-592. – 5. *Ikeda K.*: Buckwheat: composition, chemistry and processing. *Adv. Food Nutr. Res.*, 2002; 44: 395-434. – 6. *Li S., Zhang H.*: Advances in the development of functional foods from buckwheat. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 2001; 41(6): 451-464. – 7. *Dziedzic K., Górecka D., Kobus-Cisowska J., Jeszka M.*: Możliwości wykorzystania gryki w produkcji żywności funkcjonalnej. *Nauka. Przyroda. Technologia*, 2010; 4(2): 2-6. – 8. *Danihelová M., Šturdík E.*: Nutritional and health benefits of buckwheat. *Potravinárstvo*, 2012; 6(3): 1-9. – 9. *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.*, 2007; 12(13): 1939-1951. – 10. *Christa K., Soral-Śmietana M.*: Buckwheat grains and buckwheat products – nutritional and prophylactic value of their components – a review. *Czech J Food Sci.*, 2008; 26(3): 153-162.
11. *Czerwińska D.*: Produkty zbożowe źródłem składników mineralnych w diecie. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*, 2012; 6: 2-4. – 12. *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. – 13. *Ohta A., Sakai K., Aramaki K., Takasaki M., Inaba H., Tokunaga T.*: Effect of dietary short-chain fructooligosacharydes on the cecal microflora in gastrectomized rats. *J Nutr.*, 2001; 130: 1608-1612. – 14. *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. *Br. J Nutr.*, 2001; 86: 479-485. – 15. *Lopez H.W., Levrat-Verny M.A., Coudray C., Besson C., Krespine V., and Messenger A.*: Class 2 resistant starches 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