

JOANNA WILCZEWSKA, JAN KŁOBUKOWSKI, JERZY SZPENDOWSKI

WPLYW SPOSOBU KOAGULACJI NA BIODOSTĘPNOŚĆ WAPNIA I FOSFORU Z PERMEATÓW OTRZYMANÝCH PRZY PRODUKCJI SERÓW TWAROGOWYCH METODĄ ULTRAFILTRACJI

Streszczenie

Celem pracy było określenie w badaniach modelowych, z wykorzystaniem szczurów, biodostępności wybranych składników mineralnych z diet zawierających permeat kwasowo-podpuszczkowy oraz permeat kwasowy otrzymane podczas produkcji serków twarogowych. Biodostępność pierwiastków określono na wystandaryzowanych rosnących szczurach szczepu Wistar i wyrażono jako absorpcję pozorną (A) oraz retencję pozorną (R) na podstawie bilansu spożycia wapnia i fosforu oraz wydalania ich z kałem i moczem. Diety zostały skomponowane tak, aby permeat stanowił jedyne źródło danego składnika mineralnego w diecie (dodatek odpowiedniej mieszanki mineralnej). W permeacie, dietach, kale i moczu, po mineralizacji na mokro, oznaczano zawartość wapnia metodą ASA stosując spektrofotometr absorpcji atomowej oraz fosforu metodą kolorymetryczną. Wykazano znacznie wyższe wartości współczynników absorpcji i retencji pozornej wapnia oraz fosforu w grupach szczurów karmionych dietami z dodatkiem permeatu kwasowo-podpuszczkowego. Wyniki wskazują na to, iż sposób koagulacji mleka ma istotny wpływ na biodostępność wapnia i fosforu z diet zawierających badane permeaty. Sugeruje się przemysłowe zagospodarowanie permeatu kwasowo-podpuszczkowego jako cennego źródła wysoce przyswajalnego wapnia i fosforu, np. do wzbogacania żywności.

Słowa kluczowe: permeat, wapń, fosfor, biodostępność, absorpcja, retencja.

Wprowadzenie

W ostatnim dziesięcioleciu w polskim mleczarstwie szeroko rozwinęły się techniki membranowe, a w szczególności ultrafiltracja stosowana głównie w produkcji serków twarogowych. Permeat jest roztworem, który przechodzi przez membrany podczas procesu ultrafiltracji mleka lub serwatki. Zawiera głównie laktozę, składniki mineralne, a także witaminy [20]. Stanowi duże zagrożenie ekologiczne i nie może być

bezpośrednio zrzucany do ścieków. Ze względu na znaczną zawartość wapnia, magnezu oraz fosforu, permeat będący produktem ubocznym może być znaczącym źródłem tych pierwiastków w diecie.

Celem pracy było oznaczenie zawartości wapnia i fosforu w badanych permeatach oraz określenie, w badaniach modelowych z wykorzystaniem szczurów, biodostępności wybranych składników mineralnych – wapnia i fosforu, z diet zawierających permeat kwasowy oraz permeat kwasowo-podpuszczkowy, otrzymanych podczas produkcji serków twarogowych.

Materiał i metody badań

W przeprowadzonych badaniach modelowych materiałem doświadczalnym był permeat kwasowy oraz kwasowo-podpuszczkowy, uzyskane jako produkt uboczny w procesie produkcji serków twarogowych metodą ultrafiltracji. Permeat z trzech partii produkcyjnych mieszano, poddawano procesowi liofilizacji do 1,5–2% wilgotności oraz przechowywano w szczelnie zamkniętych szklanych pojemnikach w temp. 4–5°C.

Cykl badawczy obejmował oznaczenie zawartości badanych pierwiastków w permeatach oraz 10-dniowe doświadczenie żywieniowe, oparte o bilans składnika mineralnego w przewodzie pokarmowym i organizmie zwierząt. Doświadczenie żywieniowe przeprowadzano na 24 wystandaryzowanych szczurach (samcach) szczepu Wistar. Początkowa masa zwierząt wahała się w granicach od 81,0 do 89,0 g. Zwierzęta podzielono na 4 grupy doświadczalne (po 6 osobników w każdej) tak, aby w tej samej grupie nie znalazły się osobniki z jednego miotu. Przed podziałem zwierząt na grupy szczury poddawano trzydniowej adaptacji w celu wyrównania masy ciała żywiąc je ad libitum dietą kazeinową.

Szczury żywiono dietami o następującym składzie podstawowym: białko (kazeina beztłuszczowa) – 14,09% (N x 6,38), tłuszcz (olej sojowy) – 8,0%, mieszanina witamin – 1,0% [1], zmodyfikowana mieszanka soli mineralnych – 4% [12], skrobia ziemniaczana – 5,0%, skrobia kukurydziana jako komponent uzupełniający do 100 g suchej masy diety. Przy bilansowaniu białka nie brano pod uwagę nieznaczących ilości związków azotowych obecnych w permeatach. Składniki diet dokładnie mieszano ręcznie, a następnie w młynku elektrycznym. Diety oznakowano umownie AR(Ca), A(Ca), AR(P), A(P). Skomponowane zostały tak, aby permeat stanowił jedyne źródło danego składnika mineralnego w diecie (dodatek odpowiedniej mieszanki mineralnej). Diety AR(Ca) i AR(P) zawierały dodatek permeatu kwasowo-podpuszczkowego, A(Ca) i A(P) – permeatu kwasowego, przy czym w dietach AR(Ca) i A(Ca) dodawana mieszanka soli mineralnych była pozbawiona wapnia, natomiast w dietach AR(P) i A(P) fosforu. Skład diet doświadczalnych podano w tab. 1.

Tabela 1

Skład diet doświadczalnych stosowanych w badaniach [g/100 g suchej masy diety].
Composition of experimental diets used in the studies [g/100 g of diet dry matter].

Składnik Component	AR (Ca)	A (Ca)	AR (P)	A (P)
Kazeina / Casein	14,09	14,09	14,09	14,09
Permeat / Permeate	24,78	24,81	31,48	32,84
Olej sojowy / Soybean oil	8,00	8,00	8,00	8,00
Mieszanka witamin Vitamin mixture	1,00	1,00	1,00	1,00
Mieszanka skł. mineralnych Mineral mixture	4,00*	4,00*	4,00**	4,00**
Skrobia ziemniaczana Potato starch	5,00	5,00	5,00	5,00
Skrobia kukurydziana Corn starch	43,13	43,10	36,43	35,07

* mieszanka soli mineralnych pozbawiona wapnia [g/100 g] (NRC USA, 1976)

K_2HPO_4 - 8,1 g, K_2SO_4 - 6,8 g, NaCl - 3,06g, Na_2HPO_4 - 2,14 g, MgO - 2,50 g, mikroelementy - 1,80g, sacharoza - 75,6 g;

*calcium-free salt mixture (NRC USA, 1976)

K_2HPO_4 - 8,1 g, K_2SO_4 - 6,8 g, NaCl - 3,06g, Na_2HPO_4 - 2,14 g, MgO - 2,50 g, microelements - 1,80g, saccharose - 75,6 g;

**mieszanka soli mineralnych pozbawiona fosforu [g/100 g] (NRC USA, 1976)

K_2SO_4 - 6,8 g, NaCl - 3,06 g, $CaCO_3$ - 2,1 g, MgO - 2,5 g, mikroelementy - 1,8 g, sacharoza - 83,74 g

** phosphorus-free salt mixture (NRC USA, 1976);

K_2SO_4 - 6,8 g, NaCl - 3,06 g, $CaCO_3$ - 2,1 g, MgO - 2,5 g, microelements - 1,8 g, saccharose - 83,74 g

W celu oznaczenia biodostępności wapnia i fosforu przez 5 dni okresu właściwego trwania doświadczenia zbierano codziennie niewyjadki, prowadzono codzienną kolekcję kału i moczu. Po zakończeniu okresu właściwego kał zbierano, suszono, oczyszczano i po zmieleniu poddawano analizom.

Doświadczenie prowadzono w następujących warunkach: temp. powietrza 20–22°C, wilgotność względna 50–60%, pomieszczenie oświetlane przez 12 h, kolejne 12 h panowały w nim ciemności.

W permeacie, dietach, kale i moczu, po mineralizacji na mokro, oznaczano zawartość wapnia metodą płomieniowej spektrometrii absorpcji atomowej (płomień acetylen-powietrze) [18] i zawartość fosforu metodą kolorymetryczną (molibdenianową z

hydrochinonem i siarczynem sodowym) [18]. Oznaczając zawartość Ca ogółem, w celu wyeliminowania oddziaływania fosforu, do wszystkich próbek i wzorców dodawano roztwór chlorku lantanu w ilości zapewniającej 1% stężenie La^{3+} w badanych roztworach. Do badań stosowano spektrofotometr absorpcji atomowej Unicam 939 Solar wyposażony w stację danych ADAX, korekcję tła oraz odpowiednie lampy katodowe.

Biodostępność pierwiastków wyrażono współczynnikami absorpcji (A) i retencji (R) pozornej, obliczonymi na podstawie wielkości ich spożycia oraz wydalania z kałem i moczem według wzorów:

$$A \text{ (mg/5dni)} = S_{\text{spoż}} - S_k;$$

$$A \text{ (\%)} = (S_{\text{spoż}} - S_k) / S_{\text{spoż}} \times 100;$$

$$R \text{ (mg/5dni)} = S_{\text{spoż}} - (S_k + S_m);$$

$$R \text{ (\%)} = [S_{\text{spoż}} - (S_k + S_m)] / S_{\text{spoż}} \times 100;$$

A – absorpcja pozorna / A – apparent absorption, R – retencja pozorna / R – apparent retention, $S_{\text{spoż}}$ – ilość spożytego składnika mineralnego / $S_{\text{spoż}}$ – mineral intake, S_k – ilość składnika wydalonego z kałem / S_k – fecal excretion, S_m – ilość składnika wydalonego z moczem / S_m – urinary excretion.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej korzystając z pakietu Statistica v.6.0. Obliczono wartości średnie, odchylenie standardowe, natomiast istotność różnic pomiędzy grupami badano testem t-Studenta, przy poziomie istotności $p \leq 0,05$ [6].

Wyniki i dyskusja

Permeat kwasowo-podpuszczkowy zawierał 1,096 mg/g wapnia oraz 0,678 mg/g fosforu, natomiast średnia zawartość tych pierwiastków w permeacie kwasowym wynosiła odpowiednio Ca – 1,176 mg/g, oraz P – 0,698 mg/g (tab. 2). Nieznacznie wyższe zawartości badanych makropierwiastków stwierdzono w permeacie kwasowym. Na zawartość pierwiastków w odciekach wpływ miał rodzaj zastosowanej koagulacji białka podczas produkcji serków twarogowych. Jak podają autorzy [5, 13, 19], zastosowanie koagulacji enzymatycznej powoduje zatrzymanie większych ilości wapnia i fosforu w skrzepie, a co za tym idzie zmniejszoną ich zawartość w permeacie kwasowo-podpuszczkowym.

W permeatach nie stwierdzono tłuszczu, co potwierdzają liczne badania. Niewielka zawartość związków azotowych związana jest ze specyfiką procesu ultrafiltracji [14]. Większa zawartość laktozy znajdowała się w permeacie kwasowo-podpuszczkowym (tab. 2). Według danych źródłowych jest to związane z procesem fermentacji laktozy do kwasu mlekowego, który w pełni skoagulował kazeinę. Podczas koagulacji kwasowo-podpuszczkowej, jako koagulant występują również enzymy proteolityczne preparatu podpuszczkowego [13, 19]. W permeacie kwasowym stwierdzono wyższą zawartość popiołu (0,73%) w porównaniu z permeatem kwasowo-podpuszczkowym (0,54%). Zjawisko to można tłumaczyć większym stopniem związania przez kwas mlekowy pierwiastków składających się na popiół. Rozpuszczone

sole kwasu mlekowego przechodząc do permeatu zwiększają w nim poziom popiołu [13, 19]. Większa zawartość kwasu mlekowego (pH 4,61) w permeacie kwasowym, w porównaniu z permeatem kwasowo-podpuszczkowym (pH 4,68) wpłynęła proporcjonalnie na wzrost zawartości popiołu.

Tabela 2

Wybrane wyróżniki fizykochemiczne permeatu.
Some physical and chemical properties.

Wyróżniki fizykochemiczne Physical and chemical parameters	Permeat kwasowo-podpuszcz. AR Acid and rennet permeate	Permeat kwasowy A Acid permeate
pH	4,68	4,55
Gęstość [g/cm ³] Density	1,026	1,027
Sucha masa [%] Total solids	4,85	5,21
Białko [%] Proteins	0,10	0,25
Laktoza [%] Lactose	4,20	3,95
Popiół [%] Ash	0,54	0,73
Ca [mg/g]	1,096	1,176
Ca w liofilizacie [mg/g] Ca in lyophilisate	22,598	22,570
P [mg/g]	0,678	0,698
P w liofilizacie [mg/g] P in lyophilisate	13,979	13,402

Pokrycie potrzeb organizmu na składniki mineralne zależy od ich zawartości w diecie oraz od możliwości ich wykorzystania przez organizm, czyli od biodostępności. Biodostępność składników mineralnych definiujemy za Brzozowską [2, 3] jako stopień, w jakim spożyty składnik odżywczy, po uwolnieniu z połączeń występujących w pokarmie, może być wchłonięty w przewodzie pokarmowym i wykorzystany przez organizm.

Wyniki otrzymane w badaniach na szczurach dotyczące spożycia wapnia i fosforu oraz ich wydalania z kałem i moczem, a także wartości absorpcji i retencji pozornej wyrażonych w mg/5 dni oraz w jednostkach procentowych podano w tab. 3.

Tabela 3

Spożycie makroelementów oraz ich wydalanie z kałem i moczem.
Intake of the macroelements and their excretion in excrements and urine.

Wyszczególnienie / Specification	AR (Ca)	A (Ca)	AR (P)	A (P)
Spożycie diety [mg/5 dni] Diet intake [mg/5 days]	96,9±4,2 ^a	88,0±4,6 ^a	95,0±1,8 ^A	93,9±2,3 ^A
Spożycie składnika mineralnego [mg/5 dni] Mineral intake [mg/5 days]	1059,5±12,3 ^a	983,3±42,9 ^a	733,7±22,8 ^A	972,6±31,6 ^B
Ilość składnika wydalonego z kałem [mg/5 dni] Fecal excretion [mg/5 days]	510,2±40,9 ^a	663,9±71,9 ^b	261,7±19,5 ^A	489,9±41,2 ^B
Ilość składnika wydalonego z moczem [mg/5 dni] Urinary excretion [mg/5 days]	25,2±4,0 ^a	33,9±3,8 ^b	152,3±15,01 ^A	302,3±20,6 ^B
Absorpcja pozorna [mg/5 dni] Apparent absorption [mg/5 days]	549,3±31,0 ^a	322,8±43,8 ^b	471,6±16,0 ^A	482,7±20,7 ^A
Absorpcja [%] Apparent absorption	51,8±3,5 ^a	32,8±4,9 ^b	64,3±2,1 ^A	49,7±3,5 ^B
Retencja pozorna [mg/5 dni] Apparent retention [mg/5 days]	524,1±27,2 ^a	288,9±43,6 ^b	319,3±12,0 ^A	180,5±26,4 ^B
Retencja [%] Apparent retention	49,5±3,1 ^a	29,4±5,1 ^b	43,6±2,6 ^A	18,6±3,2 ^B

a,b lub A, B – różnice statystycznie istotne ($\alpha \leq 0,05$),

a,b or A, B – values are statistically significantly different ($\alpha \leq 0,05$),

a, a lub A, A – brak różnic statystycznie istotnych ($\alpha \leq 0,05$),

a, a or A, A – no values statistically significantly different ($\alpha \leq 0,05$).

Wykazano większe spożycie wapnia w grupie zwierząt żywionych dietami zawierającymi permeat kwasowo-podpuszczkowy oraz istotnie mniejsze spożycie fosforu przez zwierzęta karmione dietami z permeatem kwasowo-podpuszczkowym w porównaniu z grupami szczurów żywionych dietami zawierającymi dodatek permeatu kwasowego ($p \leq 0,05$). Zanotowano istotnie wyższe wydalanie obydwu pierwiastków, zarówno z kałem jak i z moczem, w grupach zwierząt karmionych permeatem kwasowym. Można stwierdzić, że im wyższe było spożycie fosforu, tym większe wydalanie tego pierwiastka z kałem oraz z moczem. Ilość składnika wydalana z kałem obejmuje ilość wydalaną z sokami trawiennymi, a także tę, która nie zostaje wchłonięta z diety z powodu przekroczenia możliwości absorpcyjnych śluzówki, działania mechanizmów homeostazy, a także obecności składników diety utrudniających bądź też ułatwiających absorpcję [3]. Oznaczono całkowitą ilość badanych składników mineralnych w kałe, co umożliwiło określenie absorpcji pozornej, rozumianej jako bilans składnika w obrębie przewodu pokarmowego.

Absorpcja pozorna wapnia (w przeliczeniu na szczura na 5 dni) wynosiła 549,3 mg w doświadczeniu z permeatem kwasowo-podpuszczkowym i 322,8 mg z permeatem kwasowym. Wartość współczynnika absorpcji pozornej kształtowała się odpowiednio na poziomie 51,8% AR(Ca) i 32,8% A(Ca). Stwierdzono statystycznie istotnie ($p \leq 0,05$) mniejszą absorpcję pozorną wapnia u zwierząt żywionych dietą z dodatkiem permeatu kwasowego. Szczury spożywające diety z dodatkiem permeatu kwasowego zatrzymywały zdecydowanie mniej wapnia w organizmie w porównaniu z grupą karmioną dietą z permeatem kwasowo-podpuszczkowym. Nie zanotowano istotnych statystycznie ($p \leq 0,05$) różnic w wartościach absorpcji pozornej fosforu wyrażonej w mg/5 dni między obydwoma grupami zwierząt. Istotnie niższa była natomiast retencja pozorna tego składnika w grupie zwierząt spożywających dietę zawierającą dodatek permeatu kwasowego. Zaobserwowano również istotnie niższe wartości obydwu współczynników wyrażone w procentach, zarówno wapnia jak i fosforu, w przypadku grup zwierząt karmionych dietą z dodatkiem permeatu kwasowego.

Istotny wpływ na biodostępność składników mineralnych ma wielkość ich spożycia w pokarmie. Liczne badania wykazały, że zwiększenie ilości wapnia w diecie powoduje znaczne obniżenie procentowych wartości współczynników absorpcji [4].

Na wykorzystanie wapnia w organizmie w znacznym stopniu wpływa forma fizykochemiczna, w jakiej pierwiastki są wprowadzane do organizmu człowieka lub zwierzęcia. Za najbardziej dostępne uważa się formy rozpuszczalne oraz te, które występują w stanie zjonizowanym. Zauważono również lepsze wchłanianie wapnia z mieszaniny soli organicznych [11]. Natomiast inni autorzy nie zaobserwowali istotnych różnic w jelitowym wchłanianiu soli wapnia różniących się stopniem rozpuszczalności u ludzi i szczurów [7, 8].

Przyrost kwasowości mleka (obniżenie pH) powoduje przechodzenie koloidalnych form wapnia w związki rozpuszczalne, głównie w formę jonową. Gdy kwasowość czynna wynosi pH 5, prawie cały wapń zawarty w mleku przechodzi w związki rozpuszczalne [13, 19]. Można zatem stwierdzić, że im niższe pH permeatu, tym wyższy jest stopień zjonizowania wapnia.

Przyswajalność wapnia zależy także od innych soli zawartych w diecie. Stwierdzono, że spożywanie chlorków sodu i potasu oraz siarczanów, węglanów i wodorowęglanów tych pierwiastków istotnie wpływa na zwiększenie wydalania wapnia z moczem [9].

Wchłanianie fosforu z pożywienia rośnie wraz ze wzrostem jego zawartości w diecie i jest ono wprost proporcjonalne nawet do wartości 3,1 g fosforu na dzień. Wchłanianie fosforu z diety w dużej mierze zależy od połączeń tego pierwiastka z innymi związkami. Stwierdzono, że przyswajalność fosforu związanego z fitynianami jest bardzo mała, ze względu na niski stopień hydrolizy tego kompleksu w przewodzie pokarmowym. Natomiast nieorganiczne fosforany wykorzystywane w przetwórstwie

żywności łatwo ulegają hydrolizie w przewodzie pokarmowym, stąd ich udział w ogólnej ilości fosforu jest większy niż fosforu naturalnie występującego w produktach spożywczych. Na wchłanianie i wydzielanie fosforu, podobnie jak i na regulację gospodarki wapniem, w ustroju wpływają parathormon i witamina D [3, 9].

Fosfor w znacznym stopniu obniża wydalanie wapnia z moczem. Ze względu na powiązanie metabolizmu fosforu i wapnia konieczne jest więc przestrzeganie w dietach właściwego stosunku między tymi pierwiastkami. W mleku wynosi on 1,2:1 i jest wysoce korzystny dla organizmu człowieka [13, 14, 19]. W przypadku badanych permeatów stosunek ten wyniósł od 1,7:1 – permeat kwasowy i 1,6:1 – permeat kwasowo-podpuszczkowy.

Badane permeaty dodane do diet doświadczalnych zawierały znaczne ilości laktozy. Mogła ona w istotny sposób wpływać na wartości współczynników biodostępności wapnia oraz fosforu [4, 15, 17]. Wykazano wzrost wchłaniania wapnia spowodowany obecnością laktozy. Laktoza współdziała z błoną kosmkową, powodując podwyższenie przepuszczalności błony śluzowej jelita przez zmianę polaryzacji [11, 16]. U osób z brakiem laktazy wyniki te są inne [10]. Rezultaty niniejszych badań potwierdziły, że biodostępność wapnia jest wyższa w przypadku permeatu kwasowo-podpuszczkowego, zawierającego nieco większą ilość laktozy, niż permeat kwasowy.

Wnioski

1. Uzyskane wyniki wskazują, iż sposób koagulacji mleka ma istotny wpływ na biodostępność wapnia i fosforu z diet zawierających badane permeaty. Wykazano bowiem znacznie wyższe wartości współczynników absorpcji i retencji pozornej wapnia oraz fosforu w grupach szczurów karmionych dietami z dodatkiem permeatu kwasowo-podpuszczkowego.
2. Sugeruje się przemysłowe zagospodarowanie permeatu kwasowo-podpuszczkowego jako cennego źródła wysoce przyswajalnego wapnia i fosforu, np. do wzbogacania żywności.

Literatura

- [1] AOAC, Official Methods of Analysis 12th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington DC 1975.
- [2] Brzozowska A.: Procesy technologiczne a biodostępność składników mineralnych z produktów spożywczych, *Przem. Spoż.*, 1996, **10**, 33-35.
- [3] Brzozowska A., Składniki mineralne w organizmie, SGGW, Warszawa 2000.
- [4] Buchowski M.S., Miller D.D.: Lactose, calcium source and age affect calcium bioavailability in rats. *J. Nutr.*, 1991, **121**, 1746-1754.
- [5] Fuente M.A.: Changes in the mineral balance of milk submitted to technological treatments, *Trends Food Sci. Technol.*, 1998, **9**, 281-288.
- [6] Gawęcki J., Wagner W.: Podstawy metodologii badań doświadczalnych w nauce o żywności, PWN, Warszawa 1984.

- [7] Goddard M., Young G., Marcus R.: Short- term effect of calcium – parathyroid axis in normal elderly men and woman. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1996, **44**, 653-658.
- [8] Greger J.L.: Mineral utilization by rats fed various commercially available calcium supplements or milk, *J. Nutr.*, 1987, **117**, 717-724.
- [9] Kaup S.M., Greger J.L.: Effect of various chloride salts on the utilization of phosphorus, calcium and magnesium. *J. Nutr. Biochem.*, 1990, **1**, 542-548.
- [10] Krześniak I., Rutkowska U.: Współczesne poglądy na wzbogacanie produktów mleczarskich w wapń. *Żyw. Człow. Metab.*, 1995, **2**, 192-193, 198.
- [11] Miller S.C., Miller M.A., Omura T.H.: Dietary lactose improves endochondral growth and bone development and mineralization in rats fed a vitamin D – deficient diet. *J. Nutr.*, 1988, **118**, 72-77
- [12] NRC. National Research Council, Nutrient Requirement of Domestic Animals. Nutrient Requirement of Laboratory Animals. 10th ed. National Academy Science, Washington DC 1978.
- [13] Pijanowski E., Zmarlicki S.: Zarys chemii i technologii mleczarstwa, PWRiL. Warszawa 1980.
- [14] Renner E., Abd El-Salam M. H.: Application of ultrafiltration in the dairy industry. Elsevier Applied Science. London 1991.
- [15] Schaafsma G.: Bioavailability of calcium and magnesium., *Eur. J. Clin.*, 1997, **51**, 13.
- [16] Schaafsma G.: Extracellular calcium homeostasis, *Bulletin FIL/IDF*, 1991, 255.
- [17] Schaafsma G.: Nutritional aspects of yogurt. Bioavailability of essential minerals and trace elements., *Neth. Milk Dairy J*, 1988, **42**, 135.
- [18] Whiteside P.J.: Atomic Absorption- Data Book. Cambridge 1976 .
- [19] Ziajka S. (pod red.): Mleczarstwo – zagadnienia wybrane. T. II, ART. Olsztyn 1997.
- [20] Zadow, J.G.: In: *Modern Dairy Technology*, Vol. 1, *Advances in milk Processing*, R.K. Robinson (ed.), Elsevier Appl. Sci. Publ. London 1986, p. 273.

THE INFLUENCE OF COAGULATION PROCESS ON BIOAVAILABILITY OF CALCIUM AND PHOSPHORUS FROM PERMEATE OBTAINED DURING ULTRAFILTRATION OF TVOROG

S u m m a r y

The aim of the study was to determine bioavailability of some mineral components – calcium and phosphorus from diets containing acid permeate and acid rennet permeate obtained as tvorog production by-products. Bioavailability of minerals was determined by balance method, using growing Wistar rats and expressed by apparent absorption (A) and apparent retention (R) indices, on the base of calcium and phosphorus intake and their fecal and urinary excretion. The diets were composed in such a way as to ensure that permeate constituted the only source of a given mineral component in any diet (addition of a proper mineral mix). Permeate, diets, excrements and urine were wet ashed and then tested for calcium content by ASA method with the help of an atomic absorption spectrofotometer, while the level of phosphorus was determined by colorimetric method. Statistical differences between values of calcium A and R indices for both permeate were observed. The results confirmed the higher apparent absorption and apparent retention of calcium and phosphorus from acid and rennet permeate than from acid one. The way of milk coagulation significantly influenced on bioavailability of calcium and phosphorus from diets containing the tested permeates. The results indicate that acid rennet permeate can be recommended to fortification of food in the calcium and phosphorus. Permeate should therefore be used commercially as a valuable source of highly available elements.

Key words: permeate, calcium, phosphorus, bioavailability, absorption, retention. ☒