

ALICJA SIUTA, JULIAN KAMIŃSKI

Terapeutyczno-dietetyczne właściwości probiotycznych produktów mlecznych

Katedra Żywnienia Zwierząt Wydziału Zootechnicznego AR, Al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków

Większość fermentowanych produktów mlecznych, takich jak kefir, jogurty, czy rozmaite odmiany serów jest produktami procesów fermentacyjnych wywołanych biochemiczną aktywnością mikroorganizmów, głównie z rodziny *Lactobacillaceae* i *Bifidobacteriaceae* (2, 10, 22). Ponadto do produkcji takich przetworów mlecznych mogą być/są wykorzystywane inne mikroorganizmy, np. rodzaje *Leuconostoc*, *Pediococcus* oraz niektóre gatunki drożdży czy pleśni.

Podstawowym procesem biochemicznym prowadzącym do powstania fermentowanych produktów jest fermentacja typu homo lub hetero, przeprowadzana przez bakterie homofermentacyjne (tj. *L. acidophilus*, *Lc. lactis*, *L. casei*, *L. bulgaricus*) i heterofermentacyjne (*L. fermentum* czy *Bifidobacterium breve*). W fermentowanych produktach mlecznych kefirze, kwaśnym mleku, maślanie, jogurcie, mleku acidofilnym i innych napojach występują głównie pałeczki mlekowe z rodziny *Lactobacillaceae* i *Bifidobacteriaceae* (6, 22). Większość z nich wytwarza metabolity w formie kwasów organicznych, peptonów, peptydów, licznych aminokwasów, witamin (B₁, B₂, B₆, B₁₂, biotyna, kwas foliowy, niacyna), enzymów (esterazy, lipazy) i koenzymów A, Q, NAD, NADP. Istotnymi produktami metabolicznymi bakterii mlekowych są substancje antybiotyczne, tj. acidofilina, bacytracyna, laktacyna, związki immunosupresyjne (analogi strukturalne kwasu foliowego o działaniu immunosupresyjnym) oraz substancje o działaniu antykarcinogennym (sarkomycyna, chromomycyna A, neokarcinostatyna, czy aktynomycyna D) (8, 10, 22). Niektórym gatunkom bakterii kwasu mlekowego przypisuje się zdolność wytwarzania związków chemicznych obniżających ciśnienie.

Zawarte w kwaśnym mleku bakterie homo i heterofermentatywne, np. *Lactococcus lactis*, *Lc. cremoris*, *Lc. diacetylactis*, czy *Leuconostoc* poza kwasem mlekowym i innymi kwasami wytwarzają składniki aromatyczne, z których dominującym jest dwuacetyl. Związek ten hamuje rozwój wielu gatunków bakterii Gram-ujemnych i niektórych drożdży. Innym inhibitorem działającym inaktywującym na patogenne szczepy np. *Staphylococcus aureus* i *Pseudomonas aeruginosa* jest nadtlenek wodoru produkowany w największych ilościach (ok. 2 mM/l) przez *L. acidophilus*, *L. plantarum* oraz *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* (2, 22). Stwierdzono, że ten ostatni gatunek odznacza się również szczególnymi właści-

wościami bakteriostatycznymi oraz działa bakterio-bójczo na liczne bakterie patogenne duru rzekomego, gruźlicy, czerwonki oraz na tlenowe bakterie gnilne i saprofityczne *coli*.

Współczesna biotechnologia produkcji jogurtów nowej generacji oparta jest o stosowanie, poza kulturami bakterii *Streptococcus thermophilus* i *L. bulgaricus* (tradycyjna technologia), dodatkowych bakterii charakteryzujących się właściwościami probiotycznymi. Należą do nich m.in. *Lactobacillus acidophilus* i *Bifidobacterium bifidum*, a optymalna temperatura ich wzrostu wynosi około 36-37°C, a więc jest taka sama jak temperatura ludzkiego ciała (7). Właściwość ta dodatkowo czyni wym. mikroorganizmy cennymi, ze względu na ich łatwość rozmnażania się i pozostawiania przez dłuższy czas w przewodzie pokarmowym.

Istotnym czynnikiem decydującym o walorach terapeutyczno-profilaktyczno-dietetycznych produktów mlecznych jest obecność żywych lub liofilizowanych, wybranych szczepów mikroorganizmów zdolnych m.in. do skutecznego wzrostu i zasiedlenia przewodu pokarmowego żywiciela. Takie właściwości posiadają mikroorganizmy probiotyczne. Wzrastające w ostatnich latach zainteresowanie rolą probiotyków w organizmie zwróciło uwagę na fermentowane produkty (paszowe i spożywcze) jako potencjalne źródła naturalnych dodatków paszowych, czy produktów spożywczych o cechach probiotycznych (2, 6, 7, 12, 18, 20).

Mianem probiotyków określa się specyficzne wyselekcjonowane szczepy kultur bakteryjnych, drożdży czy pleśni, włączając ich metabolity oraz niektóre enzymy, które korzystnie wpływają na stabilizację składu flory bakteryjnej przewodu pokarmowego. Właściwości probiotyków oraz ich biomechanizm działania w organizmie wstępnie przedstawiono w artykułach przeglądowych Siuty (20, 21).

Spośród licznych fermentowanych produktów pochodzenia zwierzęcego czy roślinnego, niektóre tylko wykazują właściwości probiotyczne. Należą do nich między innymi różne odmiany kefirów i jogurtów zawierające w dominujących ilościach probiotyczne kultury bakteryjne, takie jak między innymi *L. acidophilus*, *Bifidobacterium bifidum* czy rodzaju *Lactococcus* (2, 6, 12, 18). Bogaty skład mikroflory występującej w kefirach między innymi obecność *L. acidophilus*, *L. caucasicus*, *Streptococcus thermophilus*, *Leuconostoc* oraz drożdży (*Saccharomyces*) prowadzi do złożonej fermentacji mlekowo-

-alkoholowej. Procesy biochemiczne zachodzące w czasie fermentacji powodują podniesienie wartości odżywczych i walorów smakowych produktu.

Kefir jest cennym źródłem witamin z grupy B (B_1 , B_2 , B_6 , B_{12}), niacyny (wit. PP), biotyny (wit. H), kwasu foliowego, pantotenowego oraz orotowego (2, 9, 10). Wysoką zawartość witamin z grupy B kefir zawdzięcza obecności drożdży, które je syntetyzują.

W badaniach prowadzonych przez Kneifla i Mayera (10) na mleku krowim, owczym, kozim i klaczy stwierdzono zróżnicowaną zawartość niektórych witamin z grupy B (B_2 , B_{12}), biotyny (H), kwasu nikotynowego, foliowego, pantotenowego oraz orotowego w kefirze w zależności od pochodzenia mleka. W kefirze z mleka owczego obserwowano podwyższony poziom witaminy B_1 (tiaminy) i pirydoksyny (B_6) oraz kwasu foliowego w porównaniu z kefirem z mleka krowiego. Sporządzony z mleka koziego kefir był zbliżony pod względem zawartości witamin do kefiru mleka krowiego z wyjątkiem zmniejszonej zawartości witaminy B_{12} i kwasu foliowego, których poziom był jednak wyższy niż w mleku owczym. Natomiast kefir wytworzony na bazie mleka klaczy wykazywał niewielki wzrost witaminy B_6 oraz znaczne straty biotyny w porównaniu z mlekiem świeżym. Jednocześnie obserwowano w kefirach mniejsze ilości kwasu orotowego, co może mieć istotne znaczenie zdrowotne, ponieważ kwas ten najprawdopodobniej powoduje kumulowanie się tłuszczu w wątrobie (10).

Działanie fermentowanych produktów, tj. kefirów czy jogurtów polega na ich zdolności oddziaływania na środowisko przewodu pokarmowego, poprzez namnażanie się i pozostawanie przez dłuższy czas pożytecznych bakterii rodzaju *Lactobacillus* czy *Bifidobacterium* zawartych w tych produktach.

Wiele schorzeń przewodu pokarmowego, tj. biegunki, zaparcia, wzdęcia, niestrawności, stany zapalne żołądka czy jelit, niedokwaśność żołądka i inne zaburzenia żołądkowo-jelitowe ma swoje przyczyny w naruszeniu naturalnej równowagi mikroflory w przewodzie pokarmowym. Najczęstszym sposobem usuwania wymienionych nieprawidłowości w funkcjonowaniu przewodu pokarmowego jest stosowanie fermentowanych produktów mlecznych, zawierających probiotyczne mikroorganizmy (2, 6, 11, 21). W sposób naturalny przywracają one równowagę flory bakteryjnej oraz zapobiegają nadmiernemu namnażaniu się niepożądanych Gram-ujemnych bakterii w przewodzie pokarmowym. W środowisku żołądkowo-jelitowym bytowanie bakterii *L. acidophilus*, *Bifidobacterium adolescentis* czy *Bifid. longum* jest zjawiskiem naturalnym. Przyjmuje się, że przewód pokarmowy dorosłego człowieka zasiedla ogólnie ok. 100 trylionów drobnoustrojów należących do 100 rodzajów. Liczebność poszczególnych szczepów w różnych odcinkach przewodu żołądkowo-jelitowego jest zróżnicowana. W soku żołądkowym występuje ok. 10^3 /ml drobnoustrojów, podczas gdy w górnym odcinku jelita cienkiego ok.

10^4 /1 g treści, w dolnym liczebność bakterii wzrasta do 10^5 - 10^6 /1 g treści pokarmowej (6). Natomiast w jelicie grubym koncentracja drobnoustrojów jest najwyższa i wynosi 10^{10} - 10^{11} bakterii/1 g treści. W górnym odcinku jelita bytują głównie *L. acidophilus*, paciorkowce, w mniejszych ilościach bifidobakterie, drożdże i enterokoki. Dolny odcinek jelita jest zasiedlony głównie przez *L. acidophilus*, streptokoki, enterokoki i drożdże. W jelicie grubym występuje 90% beztlenowców, a znaczną pozycję zajmują tu bifidobakterie (6).

Zakłócenia mikroflory jelitowej powstałe na tle stresów, zastoju treści pokarmowej w wyniku nieprawidłowego wydzielania żółci, zapalenia czy przewężenia jelita, po przebytych operacjach chirurgicznych np. jelit, terapii antybiotykowej czy radiacyjnej itp., charakteryzują się wzrostem liczby bakterii tlenowych, enterokoków, paciorkowców (najczęściej *Clostridium perfringens*), natomiast obniżeniem a nawet całkowitym zanikiem bifidobakterii.

Najnowsze wyniki badań wskazują na kliniczne efekty działania szczepów *L. acidophilus*, *L. casei* Shiota, L. GG(ATTCC53103), *L. acid* LA1, włączając one także nowe szczepy, tj. *L. reuteri*, *L. casei* Danone 001, *Bifidobacterium animalis*, *Bifidobact. bifidum* czy *Enterococcus faecium* (również zawartych w kefirach i jogurtach) (11, 18).

Jednym z najlepiej udokumentowanych efektów obserwowanych w badaniach klinicznych i doświadczalnych jest antybiegunkowa aktywność probiotyków (17). Stosując *L. acidophilus* szczep LB, *L. casei* i *Bifidobacterium sp.* skutecznie ograniczono występowanie biegunek wywołanych przez salmonelę oraz związanych ze stresem podróży, czy terapii antybiotykowej. Fermentowane napoje mleczne zawierające różne szczepy bifidobakterii i bakterii rodzaju *Lactobacillus*, poza zmniejszeniem symptomów biegunek powodowały wzrost liczby bifidobakterii w mikroflorze stolców badanych osobników, przy jednoczesnym wyraźnym obniżeniu liczby patogennych bakterii rodzaju *Clostridium*, *Bacterioides* czy *Enterobacterium* (6).

Probiotyczne produkty mleczne (kefir, jogurt) zawdzięczają swoje lecznicze właściwości obecności kwasów organicznych (kwasu mlekowego, octowego) i innych związków (np. H_2O_2) o silnym działaniu antybiotycznym i antypleśniowym (2). Zawarte w fermentowanych produktach (kefir, jogurt) bakterie mlekowe poprzez wytwarzanie enzymu β -galaktozydazy powodują hydrolizę laktozy. W ten sposób przyczyniają się do poprawy metabolizmu laktozy u osób z wrodzoną lub nabytą niezdolnością do jej trawienia i przyswajania. Szczegółowo zagadnienia te omówiono w artykule przeglądowym Pełczyńskiej (14). Obniżenie zawartości laktozy w produktach probiotycznych (np. jogurcie czy kefirze) ogranicza lub całkowicie zapobiega występowaniu objawów nietolerancji laktozy (tj. bóle żołądka, biegunki czy wzdęcia). Nietolerancja laktozy (niezdolność do jej trawienia i wchłaniania) powodowana

jest najczęściej brakiem lub obniżeniem aktywności enzymu β -D-galaktozydazy w jelicie cienkim metabolizującym ten cukier. Bakteryjna β -galaktozydaza, wprowadzana do organizmu wraz z fermentowanymi produktami probiotycznymi wspomaga hydrolizę laktozy i dzięki temu poprawia jej wchłanianie w przewodzie pokarmowym (1, 3, 6, 11, 14, 21, 22).

Zawarty w probiotycznych produktach lewoskrętny kwas mlekowy, jako słabiej przyswajalny, przedostaje się do jelita grubego, w którym ogranicza a nawet całkowicie hamuje szkodliwy metabolizm białek i aminokwasów, tym samym zmniejszając absorpcję do krwi toksycznych substancji powstałych w wyniku ich przemian (amoniak, aminy, indol, skatol) (2, 20, 21).

Badania wykazały, że niektóre fermentowane produkty wykazują aktywność antykarcinogenną (5, 11, 22). Wynika ona m.in. z wym. zdolności szczepów bakterii probiotycznych do hamowania zawartych w kale bakterii, tj. *Clostridium*, *Peptostreptococcus*, *Staphylococcus*. Te ostatnie produkują enzymy prokarcinogenne, tj. beta-glukuronidazę i nitroreduktazę (azoreduktazę), które są odpowiedzialne za przebieg procesów wzrostu komórek rakowych. Probiotyczne bakterie przejawiają również bezpośrednie oddziaływanie na substancje prokarcinogenne typu nitrozoamin i ich prekursorów np. azotynów. Stwierdzono, że niektóre szczepy *Lactobacillus* są zdolne do wykorzystania azotynów, co znacznie zmniejsza powstawanie związków kancerogennych (2). Istotną rolę przypisuje się probiotykom w usuwaniu nitroreduktazy biorącej bezpośredni udział w syntezie karcinogennych nitrozoamin. Probiotyczne mikroorganizmy zawarte w fermentowanych produktach wytwarzają antyrakowe związki takie jak chromomycyna A₃, sarkomycyna, czy neokarcinomycyna, supresyjnie oddziałujące na komórki nowotworowe. Jednocześnie niektóre bakterie probiotyczne rodzaju *Lactobacillus* (*L. acidophilus*, *L. casei*, *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*) stymulują procesy fagocytozy zwiększając zdolność makrofagów do fagocytowania również komórek nowotworowych (8, 15, 16). Stąd istotną rolę dietetyczno-leczniczą przypisuje się także produktom probiotycznym, których spożywanie przyczynia się do zapobiegania bądź hamowania rozwoju chorób nowotworowych przewodu pokarmowego, zwłaszcza odbytu i innych narządów czynnościowo z nim związanych.

Stwierdzono ponadto, że szczepy *L. acidophilus* czy rodzaju *Bifidobacterium* występujące w produkowanych na skalę przemysłową kefirach, jogurtach i mleku acidofilnym wykazują zdolność do asymilowania cholesterolu (antycholesterolowe) (4, 5, 6, 22, 23). Liczne badania kliniczne (4, 5, 23) potwierdzają powyższe efekty. Częściowo zagadnienia te omówiono w artykule przeglądowym Siuty (21). Co więcej, uznaje się, że ta niezwykle istotna właściwość czy funkcja bakterii probiotycznych zawartych

w produktach fermentowanych, stanowi jeden z głównych naturalnych czynników przeciwdziałających hypercholesteremii.

Ostatnio stwierdzono, że fermentowane produkty mleczne zawierające bakterie probiotyczne czynnie uczestniczą w aktywacji i modelowaniu immunosystemu w organizmie (15, 16, 19). Ich aktywność przejawia się między innymi w oddziaływaniu na produkcję przeciwciał (α -globulin) oraz w wyższych wartościach wskaźników odporności komórkowej (13, 15, 16). Istotną rolę przypisuje się szczepom *L. acidophilus* i *Bifidobacterium bifidum* (w dominujących ilościach występujących w produktach fermentowanych), w stymulowaniu procesów fagocytozy oraz ich wpływem na produkcję γ -interferonu przeciwko bakteriom chorobotwórczym (6, 8, 16, 19). Cytotoksyczność przeciwko specyficznym patogenom np. *Salmonella typhimurium* może być modyfikowana poprzez regulujące działanie bakterii probiotycznych na wydzielanie limfokiny.

Wykazane w licznych badaniach (1, 2, 3, 5, 6, 7, 11, 12, 22, 23) terapeutyczno-dietetyczne właściwości fermentowanych produktów mlecznych, skłoniły badaczy do zastosowania bakterii probiotycznych w wytwarzaniu szerokiego asortymentu fermentowanych produktów takich jak soki warzywne czy kiszzone warzywa. Ze względu na korzystne oddziaływanie probiotycznych produktów na zdrowie i przebieg procesów trawiennych, coraz większe znaczenie i zastosowanie w żywieniu człowieka mają kiszzone seler, marchew, buraki, brukselka czy groszek oraz kwaszone soki z selera, marchwi czy buraków.

Piśmiennictwo

- Barth C. A., Kuhn C., Titze A., Lorenz A. de Vrese M.: IDF Inter. Symp. Dairy Microorganisms as probiotics and Nutrition Week. Potsdam, Germany, 2-3 May, 1996, 24.
- Fesnak D., Fetliński A.: Przem. Spoż. 50, 24, 1996.
- Gilliland S. E., Kim H. S.: J. Dairy Sci. 67, 1, 1984.
- Gilliland S. E., Nelson C. R., Maxwell C.: Appl. Envir. Microb. 49, 377, 1985.
- Hitchins A. D., McDonough F. E.: Am. J. Clin. Nutr. 46, 675, 1989.
- Jakubczyk E., Kosikowska M.: Przem. Spoż. 50, 26, 1996.
- Kańfel S.: Przem. Spoż. 50, 23, 1996.
- Kato I., Yokokura T., Mutai M.: Microbiol. Immunol. 27, 611, 1983.
- Kneifel W., Holub S., Wirtmann M.: J. Dairy Res. 56, 651, 1989.
- Kneifel W., Mayer H. K.: J. Fd. Sci. Technol. 26, 423, 1991.
- Lee Y. K., Salminen S.: Trends Fd. Sci. Tech. 6, 241, 1995.
- Laniewska-Moroz Ł., Nalepa B., Rocznikowa B.: Przem. Spoż. 50, 39, 1996.
- Mazurkiewicz M., Jamroz D., Gawel A., Wieliczko A., Kimentowski S., Madej J. A.: Medycyna Wet. 48, 368, 1992.
- Pelczyńska E.: Medycyna Wet. 53, 11, 1997.
- Perdigon G., Alvarez S., Rachid M., Aquer G., Gobatto N.: Symp.: Probiotic bacteria for humans: clinical systems for evaluation of effectiveness. Immune System Stimulation by Probiotics. J. Dairy Sci. 78, 1597, 1995.
- Perdigon G., Alvarez S.: IDF Symp. Dairy Microorganisms as probiotics and Nutrition Week, Abstracts, Potsdam, Germany, Nutr. Newslett. IDF 5, 1996, 25.
- Saavedra J. M., Bauman N. A., Oung I., Permac J. A., Yolken R. H.: Lancet 344, 1046, 1994.
- Salminen S.: W: Neewsllett. Inter. Dairy Feder. 145, 18, 1996.
- Schiffirin E. J., Rochat F., Link-Amster H., Aeschlimann J. M., Donnet-Hughes A.: J. Dairy Sci. 78, 491, 1995.
- Siuta A.: Medycyna Wet. 49, 531, 1993.
- Siuta A.: Medycyna Wet. 50, 593, 1994.
- Smyk B., Gallwas G.: Aura 8, 3, 1988.
- Thompson L. U., Jenkins D. J. A., Amer M. A., Reichert R., Jenkins A., Kamulys J.: Am. J. Clin. Nutr. 36, 1106, 1982.