

Probiotyki, prebiotyki i synbiotyki – charakterystyka i funkcje

Probiotics, prebiotics and synbiotics – characteristics and functions

KATARZYNA MOJKA

Katedra Technologii Żywności, Wydział Nauk o Żywności i Rybactwa, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

W skład mlecznych napojów fermentowanych wchodzi bakterie probiotyczne oraz prebiotyki wspomagające rozwój pożytecznej mikroflory. Najpopularniejszymi rodzinami bakterii, które można spotkać w produktach spożywczych, są Lactobacillaceae i Bifidobacteriaceae. Udowodniono ich pozytywny wpływ w leczeniu wielu chorób. Aby pobudzić wzrost bakterii probiotycznych stosuje się prebiotyki. Synbiotyki natomiast stanowią połączenie pro- i prebiotyków.

Słowa kluczowe: probiotyki, prebiotyki, synbiotyki

The fermented milk beverages include probiotics and prebiotics to support the development of beneficial microflora. The most common family of bacteria that can be found in food are Lactobacillaceae and Bifidobacteriaceae, proven to be a positive influence in the treatment of many diseases. To stimulate the growth of probiotic bacteria prebiotics are used. Synbiotics are a combination of pro- and prebiotics.

Key words: probiotics, prebiotics, synbiotics

© Probl Hig Epidemiol 2014, 95(3): 541-549

www.phie.pl

Nadesłano: 07.04.2014

Zakwalifikowano do druku: 29.07.2014

Adres do korespondencji / Address for correspondence

Katarzyna Mojka
Katedra Technologii Żywności, Wydział Nauk o Żywności i Rybactwa
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
ul. Papieża Pawła VI 3, 71-459 Szczecin
katarzyna.mojka@zut.edu.pl

Wprowadzenie

Żywność musi zapewniać konsumentom odpowiednią jakość, bezpieczeństwo, a przede wszystkim wartość odżywczą. W produktach spożywczych może rozwijać się mikroflora saprofityczna, która jest nieszkodliwa dla człowieka, ale powoduje duże straty ekonomiczne. W żywności rozwija się także flora patogenna powodująca zatrucia pokarmowe. Natomiast biorąc pod uwagę produkty fermentowane, takie jak: mleko acidofilne, kapusta czy ogórki, mikroorganizmy są tu jak najbardziej pożądane. Biorąc pod uwagę wysoką zawartość witamin i składników mineralnych w przetworach mlecznych powinny one stanowić istotny element pożywienia. Mleczne napoje fermentowane należy dodawać jako składniki do wielu potraw podnosząc ich wartość odżywczą [1].

Pro-, pre- i synbiotyki

Bakterie fermentacji mlekowej zaczęto używać jeszcze przed tym, niż dowiedziano się o ich istnieniu. Po odkryciu zostały one zbadane i zaliczone do żywności funkcjonalnej. Według *Functional Food Science in Europe* (FUFOSE): „Żywność może być uznana za funkcjonalną, jeśli udowodniono jej korzystny wpływ na jedną lub więcej funkcji organizmu ponad efekt odżywczy. Wpływ ten polega na poprawie stanu zdrowia oraz samopoczucia lub zmniejszania ryzyka chorób. Żywność

funkcjonalna musi przypominać swoją postacią żywność konwencjonalną i wykazywać korzystne działanie na organizm w ilościach, które oczekuje się, że będą normalnie spożywane z dietą – przy czym nie są to tabletki, kapsułki ani krople, ale część składowa prawidłowej diety.” Produkcja żywności funkcjonalnej – a w tym probiotyków, prebiotyków i synbiotyków – cieszy się dużym zainteresowaniem społeczeństwa. Większa świadomość konsumentów na temat pozytywnych właściwości produktów trzeciej generacji doprowadziła do zwiększonego spożycia i wzrostu produkcji mlecznych napojów fermentowanych. Na zwiększenie popytu mają wpływ choroby cywilizacyjne związane z niewłaściwym żywieniem, stresujący tryb życia i polepszacze stosowane do żywności. Produkty mleczne zawierające w swym składzie bakterie kwasu mlekowego (LAB) stanowią dominującą część tych artykułów spożywczych na rynku. Mleczne napoje fermentowane to m.in.: kefir, kwaśne mleko, maślanka, jogurt, mleko acidofilne, w których głównie występują bakterie z rodziny *Lactobacillaceae* i *Bifidobacteriaceae* [1].

Produkty zawierające szczepy probiotyczne są nazywane poprzez dodawanie przedrostka „bio” (jako naturalne) np. Biojogurt, Biodrink, Biograde lub „sano” odnoszące się do zdrowia, czy też „acti”, co oznacza produkt o określonej aktywności np. Activia, Actimel. Inne mają nazwy pochodzenia mikrobiologicznego, np. mleko acidofilne, mleko bifidusowe. Aby

produkt był uznany za probiotyczny musi zawierać co najmniej 10^6 aktywnych komórek bakteryjnych na mililitr produktu. Coraz częściej wykorzystuje się probiotyki jako kultury startowe do jogurtów, mleka spożywczego, lodów, serków twarogowych, czy serów dojrzewających. Asortyment ten ciągle rośnie dzięki promocji ich wpływu na zdrowie. W Polsce są dostępne produkty probiotyczne, takie jak: jogurty Activia poprawiające trawienie, fermentowane mleko Actimel działające pozytywnie na odporność, mleko acidofilne, Jogobella, czy wszelkiego rodzaju jogurty z dodatkiem bakterii probiotycznych, np. Bactiv i Benevis. Na rynku europejskim, amerykańskim, czy azjatyckim, wybór ten jest znacznie większy. Do produkcji żywności fermentowanej wykorzystywanych jest 71 gatunków bakterii, 20 gatunków drożdży i 8 gatunków pleśni [1, 2].

Probiotyki

Probiotyki to żywe drobnoustroje, które – podawane w odpowiednich ilościach – wywierają korzystne skutki zdrowotne [3]. Są to mikroorganizmy, głównie bakterie kwasu mlekowego, mogące zasiedlać różne środowiska, w tym organizm człowieka. Probiotyk może mieć w swym składzie pojedyncze szczepy bakterii kwasu mlekowego (*Lactobacillus* spp., *Streptococcus* spp.), szczepy drożdży (*Saccharomyces* spp.), kultury pleśni (*Aspergillus* spp.) lub też bakterie kwasu mlekowego łącznie z wyselekcjonowanymi szczepami drożdżowymi. Wpływają one pozytywnie na czas pasażu jelitowego i zapewniają właściwy rozwój mikroflory zasiedlającej organizm. Bakterie probiotyczne dodawane są do różnych środków spożywczych. Występują przede wszystkim w sfermentowanych produktach mlecznych, kiszonych warzywach i owocach, fermentowanych kielbasach, ciastach na zakwasie, kapuście kiszonej, piwie, winie i kiszonkach spożywczych. Nadają produktom specyficzny smak i zapach, a także chronią je przed rozwojem szkodliwych mikroorganizmów. Można je również znaleźć w preparatach farmaceutycznych [4].

Odkrycie drobnoustrojów datuje się na drugą połowę XIX w. Chcąc zwalczać mikroorganizmy chorobotwórcze zaczęto wprowadzać związki chemiczne do organizmu gospodarza. Poza niszczeniem bakterii wpływały one niekorzystnie na makroorganizm. Przełomem było wynalezienie przez Aleksandra Fleminga w 1929 r. antybiotyków. Kolejnym krokiem było odkrycie penicyliny w 1940 r. przez Aleksandra Fleminga, Howarda Waltera Floreya oraz Ernsta Borisa Chaina. Działanie penicyliny polega na blokowaniu enzymów bakteryjnych, które biorą udział w syntezie ściany komórkowej szkodliwej mikroflory, co jest już bardzo ukierunkowanym działaniem. Jednak po pewnym czasie zaczęto zauważać negatywne działanie antybiotyków. Ujawniono właściwości toksyczne, spadała także ich efektywność oraz pojawiały się reakcje alergiczne.

Wraz z tymi odkryciami zaczęto poszukiwać nowych możliwości w walce z patogenną mikroflorą. W tym czasie powrócono do teorii Ili Miecznikowa, który zauważył zdumiewająco dobry stan zdrowia chłopów bułgarskich. Po obserwacji tego, jak żyją, stwierdził, że ich kondycja zdrowotna jest tak dobra za sprawą picia mleka poddanego fermentacji, czyli jogurtu zawierającego szczepy *Lactobacillus acidophilus*. Bakterie te miały powodować niszczenie szkodliwej mikroflory w jelitach. Było to pierwsze odkrycie na temat „walki” probiotyków z patogennymi bakteriami. Miecznikow za badania nad odpornością, w których ważną rolę odgrywały bakterie kwasu mlekowego, dostał w 1908 roku nagrodę Nobla.

Probiotyk z greckiego oznacza „dla życia”. Po raz pierwszy tego terminu użyli w 1965 roku Lilly i Stillwell określając probiotyki jako substancje wytwarzane przez mikroorganizmy, które stymulują wzrost człowieka i zwierzęcia. Nazwę tą uzupełnił w 1989 r. Fuller definiując, że: „probiotyki to żywe, bakteryjne dodatki do żywności, poprawiające funkcjonowanie przewodu pokarmowego gospodarza” [5].

Kryteria, które muszą być spełnione, aby dany produkt nazwać probiotykiem, to: musi on pochodzić z naturalnej zdrowej mikroflory jelita grubego człowieka, być bezwzględny lub względny beztlenowcem, powinien posiadać przynależność do ściśle określonego rodzaju i gatunku, który został mu przypisany za pomocą metod molekularnych. Wskazane jest aby był odporny na kwaśne działanie pH soku żołądkowego, sole żółci i enzymów trawiennych. Nie powinien wykazywać właściwości patogennych lub toksycznych, a pożądane byłoby, aby: wykazywał antagonistyczną aktywność w stosunku do szkodliwych bakterii przewodu pokarmowego, posiadał zdolność przytwierdzenia się do powierzchni i kolonizacji jelita grubego, wytwarzał substancje antybakteryjne, miał stabilność genetyczną. Również ważny jest aktywny wzrost i podział oraz wysoka wydajność kwasu mlekowego podczas fermentacji cukrów prostych, dwucukrów i cukrów złożonych. Jego pozytywne działanie powinno być potwierdzone naukowo oraz musi zachowywać wszystkie swoje właściwości w procesach przetwarzania i przechowywania. Większość z tych cech pozwala bakteriom probiotycznym na przeżycie w przewodzie pokarmowym i przedostanie się do jelita grubego, gdzie pełnią swoje funkcje (tabela I) [2, 5, 6, 7].

Pozytywny wpływ probiotyków można zauważyć w wielu dziedzinach; wykorzystywane są one m.in. do przywracania naturalnej mikroflory jelitowej (po antybiotykoterapii), produkcji żywności funkcjonalnej, konserwacji produktów spożywczych. Mogą również przeciwdziałać aktywności patogennej mikroflory w jelitach, która przedostała się w wyniku nie przestrzegania zasad higieny z żywieniem, „walczą” m.in. z: *Clostridium perfringens*, *Campylobacter jejuni*,

Tabela I. Kryteria doboru szczepów probiotycznych [8]
Table I. Criteria for the selection of probiotic strains [8]

Kryterium	Wymagane właściwości
Bezpieczeństwo	<ul style="list-style-type: none"> • Pochodzenie od człowieka • Izolowany z przewodu pokarmowego zdrowych osobników • Powinien wykazywać historię bezpiecznego stosowania • Brak umiejętności do rozszczepiania kwasów żółciowych • Brak działań ubocznych • Brak genów oporności na antybiotyki, które są zlokalizowane na elementach niestabilnych
Funkcjonalność	<ul style="list-style-type: none"> • Konkurencyjność w stosunku do mikroflory, która zasiedla ekosystem jelitowy • Zdolność do przeżycia, aktywności metabolicznej oraz wzrostu w miejscu przeznaczenia • Odporność na działanie soli żółci • Odporność na kwaśne środowisko soku żołądkowego • Konkurencyjność odnośnie blisko spokrewnionych gatunków • Aktywność antagonistsyczna do patogenów, takich jak <i>H. pylori</i>, <i>Salmonella</i> sp., <i>Listeria monocytogenes</i>, czy <i>Clostridium difficile</i> • Odporność na bakteriocyny i kwasy produkowane przez endogenną mikroflorę, która zasiedla ekosystem jelitowy • Przyleganie i zdolność do kolonizacji określonych miejsc w organizmie
Przydatność technologiczna	<ul style="list-style-type: none"> • Łatwość produkcji dużej ilości biomasy • Żywotność i stabilność pożądanych cech bakterii probiotycznych podczas przygotowania i dystrybucji produktów • Wysoka przeżywalność przechowalnicza bakterii w gotowych produktach spożywczych • Zagwarantowanie pożądanych cech sensorycznych gotowych produktów spożywczych • Stabilność genetyczna • Odporność na bakteriofagi

Salmonella enteritidis, *Escherichia coli* i różnymi gatunkami *Shigella*, *Staphylococcus*, *Yersinia*. Wspomagają procesy trawienne i leczą kandydozę oraz próchnicę zębów. Wpływają także pozytywnie w leczeniu alergii pokarmowych, zwiększaniu wydajności układu immunologicznego, lepszemu wchłanianiu składników mineralnych i witamin. Produkują witaminy z grupy B (B₁, B₂, B₆, B₈=H, B₁₂), PP-niacynę, kwas foliowy, stymulują powstawanie kwasów organicznych i aminokwasów. Wytwarzają także enzymy – esterazy i lipazy, oraz koenzym A, Q, NAD i NADP. Z innych ważnych produktów metabolizmu można wymienić substancje antybiotyczne, takie jak: acidofilina, bacytracyna, laktacyna, związki antykancerogenne i immunosupresyjne (tabela II) [5].

Dzięki zawartemu w produktach probiotycznych lewoskrętnego kwasu mlekowego zmniejsza się wchłanianie substancji toksycznych do krwi – amoniaku, amin, indolu i skatolu. Zapobiegają one niedoborom hormonów, neutralizują część toksyn znajdujących się w pokarmie, produkują metabolity zdolne do hamowania działania toksyn bakteryjnych oraz inhibitory (bakteriocyny) łagodzące i zmniejszające nasilenia biegunek, przeciwdziałają zaparciom i osteoporozie, działają profilaktycznie w zapaleniach układu moczowo-płciowego, a – co bardzo istotne – obniżają zawartość złych frakcji cholesterolu we krwi. Zmniejszają również rozwój komórek nowotworowych (łagodzą zmiany nowotworowe powstałe w jelicie grubym), działają antykancerogenne, np. w przypadku raka okrężnicy. Obniżają pH treści jelita grubego dzięki produkcji metabolitów, takich jak kwasy: mlekowy, mrówkowy, propionowy, czy octowy. Przypuszcza się, że przyczyniają się do obniżenia ciśnienia krwi. Uwa-

Tabela II. Substancje antibakteryjne produkowane przez probiotyki [5]
Table II. Antibacterial substances produced by probiotics [5]

Probiotyk	Substancja
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	acydolina
	acydofilina
	laktacyna
<i>Lactobacillus plantarum</i>	plantacyna
	plantarycyna A
	plantarycyna S/K 83
<i>Lactobacillus reuteri</i>	reuteryna
<i>Lactobacillus sake</i>	sakacyna A
	laktozyna S
<i>Streptococcus</i>	nizyna

ża się także, że zwiększają resorpcję lipidów, wapnia, żelaza, fosforu, soli żelazowych i aktywują metabolizm aminokwasów. *Lactobacillus bulgaricus* jest wykorzystywany w leczeniu chorób – dur rzekomy, gruźlica i czerwonka. W probiotykach widzi się możliwości korzystnego oddziaływania w takich schorzeniach, jak: cukrzyca, choroby serca, nowotwory, miażdżyca, nadciśnienie tętnicze, czy nawet zakażenia HIV. Jednak by „zauważyć” działanie probiotyków nie wystarczy ich jednorazowe spożycie. Zaleca się ich konsumpcję przez dłuższy czas, aby liczba pozytywnej mikroflory utrzymywała się stale na wysokim poziomie (tabela III) [9, 10].

Bakterie kwasu mlekowego to z reguły heterogenne Gram-dodatnie, katalazo-ujemne ziarniaki lub pałeczki z rodzajów *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Oenococcus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus*, *Bifidobacterium* i rzadko spotykane *Weissella*, *Carnobacterium*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus*, itp. Wspólną ich cechą jest zdolność beztlenowej fermentacji sa-

charydów. Jako źródło węgla wykorzystują mono-, di-, oligo- i polisacharydy. Ich produkcja kwasu mlekowego w wyniku fermentacji waha się od 0,6% do 3,0%. Mogą wytwarzać kwas L(+) mlekowy, który jest metabolizowany przez człowieka (taki sam jak ten produkowany w mięśniach), lub kwas D(-) mlekowy. Jeśli charakteryzują się produkcją tylko tego kwasu, zaliczane są do bakterii homofermentacyjnych. Natomiast, gdy poza pochodnymi kwasu mlekowego wytwarzają również kwas octowy, etanol, dwutlenek węgla, bursztynian, mrówczan, to są to bakterie heterofermentacyjne. Bakterie fermentacji mlekowej naturalnie występują w przewodzie pokarmowym człowieka i zwierząt, mleku, roślinach a także w błonach śluzowych jamy ustnej i narządów rodnych. Optymalnym środowiskiem dla ich rozwoju jest temperatura 20-28°C (gatunki mezofilne) i 37-45°C (gatunki termofilne); są dostosowane do niskiego pH [1, 7].

Korzystne zmiany, jakie zachodzą w organizmie żywiciela pod wpływem probiotyków to zwiększenie liczby pozytywnej mikroflory jelitowej, a u osobników chorych zmniejszenie ilości flory szkodliwej i przywrócenie równowagi między szczepami. Mechanizm obronny, aby nie zostały one usunięte z niestrawionymi resztkami pokarmowymi polega na mobilizacji ich przyczepności do ściany jelita, bądź też szybszemu namnażaniu się i wzroście. W ten sposób tworzą one biofilm ochraniając ściany jelita przed szkodliwymi czynnikami poprzez wytwarzanie immunoglobulin czy stymulowaniu procesów fagocytozy (*Lactobacillus casei*). Dzięki swojej działalności probiotyki wpływają pozytywnie na komórki nabłonka jelitowego – kolonocyty. Dostarczają im 70% energii, która jest potrzebna do regeneracji ściany jelita w przypadku zanieczyszczeń pochodzących ze środowiska. Badania

wykazały, że istnieje również możliwość zwalczania bakterii *Helicobacter pylori*, odpowiedzialnej za chorobę wrzodową żołądka i dwunastnicy przez probiotyki. Funkcję tą pełnią *L. acidophilus* i *L. casei*.

Najważniejszą rolę spełniają bakterie, które – za pomocą fimbrii – wiążą się z receptorami adhezyjnymi w przewodzie pokarmowym. Dzięki temu mogą przebywać dłużej w jelitach w porównaniu do mikroorganizmów, które tych właściwości nie mają. Pożyteczne bakterie nieposiadające fimbrii muszą być dostarczane w dużych ilościach z pożywieniem. Ważną właściwością probiotyków jest również namnażanie się w jelicie grubym, co potęguje ich działanie; są odporne na działanie kwasów żołądkowych (co pozwala im przetrwać i dotrzeć do jelita) a także przeżywają w środowisku kwasu żółciowego w dwunastnicy [11].

W jelitach zdrowego człowieka panuje stan zwany eubiozą. Oznacza to, że ok. 90% bakterii tam zasiedlających to bakterie kwasu mlekowego wytwarzające kwas mlekowy i krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe. Są to m.in.: *S. thermophilus*, *L. acidophilus*, *B. bifidum*, 1% stanowią enterokoki i *Escherichia coli*. Reszta, czyli 9%, to m.in.: *Clostridia*, *Staphylococci* i zarodniki grzybów. Podczas stresu szkodliwe bakterie występujące nielicznie, np. *Escherichia coli*, namnażają się i powodują wzrost substancji toksycznych, które są przez nie produkowane – aminy, amoniak i azotyny. Schorzenia takie, jak: zaparcia, biegunki, wzdęcia i niestrawność – mogą być powodowane przez florę patogenną. Skutkiem tego mogą być problemy jelitowe – uszkodzenie kosmków jelitowych, wzrost przepuszczalności błon do światła jelita i pogrubienia ścian jelit. W wyniku tego procesu może dochodzić do biegunek, które wywoływane są przez rotawirusy. A jedną z najlepiej przeciwdziałających temu bakterii jest *L. rhamnosus*

Tabela III. Szczepy drobnoustrojów o właściwościach probiotycznych zastosowane w praktyce [1, 7]

Table III. Strains of probiotic micro-organisms used in practice [1, 7]

Szczep	Działania udokumentowane badaniami klinicznymi
<i>Lactobacillus acidophilus</i> LC1	Stymulacja odpowiedzi immunologicznej, działanie adjuwancyjne w szczepionkach doustnych, adhezja do nabłonka jelita ludzkiego, ustalanie równowagi mikroflory jelitowej
<i>Lactobacillus acidophilus</i> NCFO 1748	Zapobieganie biegunkom i innym niepożądanym działaniom po radioterapii i po leczeniu antybiotykami, leczenie zaparć, obniżanie poziomu enzymów w kale
<i>Lactobacillus rhamnosus</i> GG	Leczenie i zapobieganie biegunkom po zakażeniach rotawirusami. Leczenie nawrotowych biegunek spowodowanych przez <i>Clostridium difficile</i> . Zapobieganie ostrym biegunkom bakteryjnym, łagodzenie przebiegów choroby Crohn'a i dziecięcego artretyzmu reumatoidalnego, antagonistą bakterii związanych z próchnicą zębów, zapobieganie nawrotowym zapaleniom pochwy
<i>Lactobacillus casei</i> Shirota	Hamujący wpływ na rozwój powierzchniowego raka pęcherza i jelita grubego. Ochrona przed zaburzeniami jelitowymi, leczenie biegunek rotawirusowych, utrzymywanie w równowadze mikroflory jelitowej, pozytywne efekty w leczeniu raka pęcherza moczowego, obniżanie aktywności enzymów fekalnych, ochrona przed mutagenami pokarmowymi
<i>Lactobacillus johnsonii</i> La1 (NCC533)	Stymulacja układu odpornościowego, adhezja do komórek ludzkiego jelita, pozytywne efekty w leczeniu nieżyłtów przewodu pokarmowego
<i>Lactobacillus casei</i> DN 114 001	Stymulacja układu odpornościowego, zapobieganie i leczenie infekcji jelitowych, dobra przeżywalność w żołądku i dwunastnicy, zmniejszenie częstości i skrócenie czasu trwania ostrych biegunek u dzieci
<i>Bifidobacterium bifidum</i>	Leczenie biegunki rotawirusowej, przywracanie równowagi flory jelitowej, właściwości przeciwwrzdowe, eliminacja <i>Helicobacter pylori</i>
<i>Bifidobacterium breve</i> Yakult	Właściwości przeciwwrzdowe. Ochrona przed mutagenami pokarmowymi, utrzymanie w równowadze mikroflory jelitowej, ochrona przed biegunkami
<i>Lactobacillus reuteri</i>	Obniżanie poziomu enzymów kałowych, kolonizacja przewodu pokarmowego
<i>Saccharomyces boulardi</i>	Zapobieganie biegunkom podróżnych, zapobieganie i leczenie biegunek spowodowanych przez <i>C. difficile</i>

GG. Badania wykazały, że skraca ona czas trwania biegunki u dzieci o ok. 2-3 dni oraz zwiększa odpowiedź immunologiczną przeciw rotawirusom. Dzięki stosowaniu probiotyków pozytywna mikroflora jelit wpływa na patogenne bakterie, ograniczając rozwój np. *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, *S. typhimurium*, *Clostridium perfringens*, *Helicobacter pylori*, czy *Staphylococcus aureus*. Badania wykazały, że biegunki podróżnych, biegunki po terapii antybiotykowej oraz te wywołane przez *Salmonellę* mogą być leczone za pomocą *L. acidophilus* szczep LB, *L. casei* i *Bifidobacterium* sp. Probiotyki wytwarzają kwas mlekowy i dzięki temu dochodzi do neutralizacji potencjału elektrochemicznego membran komórkowych i denaturacji wewnątrzkomórkowych białek szkodliwej mikroflory. Ponadto niektóre szczepy *Lactobacillus acidophilus* wytwarzają w dużych ilościach H_2O_2 , który jest toksyczny dla patogenów. Probiotyki niszczą patogeny w wyniku współzawodnictwa o składniki odżywcze, konkurencję o receptory w śluzówce i nabłonku; produkują także bakteriocyny usuwające patogeny z przewodu pokarmowego. Są to heterogenne substancje chemiczne wytwarzane głównie przez *Lactobacillus acidophilus*, a hamujące aktywność bakterii chorobotwórczych – *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enteritidis*, *Bacillus cereus*, czy *Pseudomonas aeruginosa* [4, 11].

Pozytywnie działanie probiotyków na układ immunologiczny można wykorzystać do leczenia zakażeń jelitowych wywołanych HIV, który wnika przez śluzówkę jelita grubego. Funkcję ochronną spełnia wspomniany wcześniej biofilm stanowiący naturalną barierę immunologiczną; również antybiotyki produkowane przez mikroflorę jelitową i walczący z wolnymi rodnikami system laktoperoksydazy. Probiotyki mogą stymulować odpowiedź immunologiczną komórkową oraz humoralną. Dzieje się to za sprawą prezentacji i degradacji antygenów, rozwojem linii komórek Th1 i zwiększeniem liczby fagocytów. Żywe komórki *Lactobacillus acidophilus*, *L. casei* i *Bifidobacterium* spp. stymulują namnażanie i aktywność limfocytów B oraz limfocytów T, a także zwiększają zawartość γ -interferonu we krwi. Limfocyty B są pobudzane do produkcji immunoglobuliny A aktywnej w przewodzie pokarmowym, której aktywność polega na ochronie nabłonka jelit poprzez zabieganie zasiedleniu przez szkodliwą mikroflorę. Stymulują także syntezę komórek NK (*natural killers*) oraz potęgują namnażanie makrofagów. Badania na szczurach, do których diety stosowano *Lactobacillus rhamnosus* i *Bifidobacterium lactis*, wykazały zwiększoną produkcję IgA w jelitach. Natomiast badania na kurczętach karmionych preparatem z dodatkiem *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium bifidum* i *Streptococcus faecalis* wykazały, że podwyższają one poziom immunoglobulin klasy M, G i A. *B. breve* stymuluje produkcję IgA przeciwko toksynie cholerycznej. *L. rhamnosus* GG pobudza produkcję IFN- γ przez limfocyty krwi obwodowej, hamuje produkcję

IL-4 przez produkty trawienia kazeiny oraz stymuluje produkcję IgA przeciwko rotawirusom. Wszystkie te czynniki przypuszczalnie mogą hamować rozwój wirusa HIV i wywoływane przez niego biegunki [11-13].

Prowadzone są badania nad wpływem bakterii probiotycznych, a rozwojem AIDS. Probiotyki mogłyby spełniać tu rolę ochronną przez zwiększenie aktywności komórkowej i ich wpływ na proces fagocytozy [12].

Do powstania stanu chorobowego, jakim jest miażdżyca, prowadzi wiele czynników. Przede wszystkim: hipercholesterolemia, cukrzyca, nadciśnienie tętnicze, stres a także niewłaściwy sposób odżywiania. Może to prowadzić do udaru mózgu, bądź zawału serca, w tym także ze skutkiem śmiertelnym. Aby zniwelować, czy też nie doprowadzać do zatorów tętnic, najłatwiejszym sposobem jest zmiana nawyków żywieniowych. Poza ograniczeniem produktów wysokotłuszczowych do diety można również wprowadzić elementy żywności funkcjonalnej aktywnie uczestniczące w procesach metabolicznych organizmu, do których należą probiotyki. Badania wykazały, że powodują one zmniejszenie nagromadzenia cholesterolu w naczyniach krwionośnych u szczurów [14], królików, kur, świń [15] oraz człowieka. Możliwe jest to dzięki procesom degradacji i asymilacji, w których uczestniczą. Cholesterol jest syntezowany w wątrobie za pomocą acetylo-Co-A; poza tym proces ten przebiega w korze nadnerczy, jelitach, skórze i aorcie. Ulega on przemianom do kwasów żółciowych i sterolu, będąc prekursorem hormonów sterydowych takich, jak: kortyzol, estradiol, czy progesteron. Większość cholesterolu, który jest metabolizowany w organizmie, ulega wydalaniu z kałem w postaci kwasów żółciowych. Natomiast wchłanianie cholesterolu z pokarmu zachodzi w jelitach. Probiotyki wytwarzając swoje metabolity hamują tym samym estryfikację w błonie śluzowej jelit i dzięki temu obniżają poziom jego złych frakcji w organizmie poprzez rozprzęganie kwasów żółciowych i ich wytrącanie. Przypuszcza się także, że probiotyki powodują zwiększenie wydalania cholesterolu z kałem poprzez hamowanie tworzenia łatwo trawionych miceli tłuszczowych. Główną rolę w spełnianiu tych funkcji odgrywają *Lactobacillus acidophilus* i *Bifidobacterium* [16].

Probiotyki mają również swoje działanie przy nietolerancjach laktozy. Powstają one na skutek braku enzymu β -galaktozydazy, który jest potrzebny do trawienia laktozy. Jeśli nie jest ona trawiona, trafia w takiej postaci do okrężnicy i ulega przemianom do gazów i kwasów. Wskutek czego powstają biegunki, wzdęcia i bóle brzucha. Okazało się, że osoby z nietolerancją laktozy trawiły probiotyki zawarte w jogurtach. Badania prowadzone na zwierzętach potwierdziły tą teorię. Szczury, który były karmione jogurtem, zwiększały koncentrację β -galaktozydazy bakteryjnego pochodzenia w jelicie cienkim. Wpływ na to mają przede wszystkim szczepy *Streptococcus*

thermophilus, *Lactobacillus delbrueckii var. bulgaricus* skutecznie poprawiające trawienie laktozy u osób, które jej nie tolerują [11, 12].

Inne przeprowadzone badania kliniczne z udziałem fermentowanych produktów mlecznych wykazały ich pozytywne działanie w walce z biegunkami i leczeniu zaparć (głównie bakterie z rodzaju *Lactobacillus*) [10].

Rak to choroba, na której wpływ w dużej mierze mają zwyczaje żywieniowe. Zła dieta jest przyczyną 35% zgonów. W dalszej kolejności na rozwój choroby wpływa styl życia, a czynniki genetyczne to tylko 5% zgonów [17]. Bakterie probiotyczne dobrze potwierdzają swoje działanie w hamowaniu procesu kancerogenezy. Dzieje się to dzięki zdolności redukcji szkodliwych bakterii, tj. *Clostridium*, *Peptostreptococcus* i *Staphylococcus*. Probiotyki hamują produkcję wytwarzanych przez bakterie chorobotwórcze β -glukoronidazy, β -glukozydazy i nitroreduktazy. Są to enzymy fekalne pro-kancerogenne, które są odpowiedzialne za wzrost komórek rakowych okrężnicy. Działanie to jest możliwe dzięki chromomycynie A3 i sarkomycynie, a także neokarcinostatynie i aktynomycynie D. Probiotyki wykazują również niszczącą działalność w stosunku do substancji kancerogennych, takich jak: nitrozoaminy i ich prekursorzy, a także działają destrukcyjnie na nitroreduktazę, która bierze udział w syntezie nitrozoamin. Zwiększają one odpowiedź immunologiczną, wzrost i rozwój szkodliwej mikroflory jelitowej. Poza tym odpowiadają za produkcję substancji antymutagennych i produkcję kwasu mlekowego, co powoduje stymulację apoptozy, hamują również konwersję soli żółciowych do wtórnych soli żółciowych. Takie właściwości posiadają między innymi bakterie z rodzaju *Lactobacillus* i *Bifidobacterium*. Badania wykazały, że spożywanie codziennie produktów z żywymi szczepami *L. casei* opóźniało nawrót nowotworu pęcherza moczowego [12].

Pożyteczna mikroflora również jest używana do walki ze związkami rakotwórczymi i mutagennymi występującymi w żywności, takimi jak: nitrozaminy, aflatoksyny, czy azobarwniki. Probiotyki największe swe działanie antynowotworowe wykazują w przewodzie pokarmowym i wątrobie. Dzięki tym właściwościom spożywanie probiotyków może przyczynić się do hamowania rozwoju chorób nowotworowych [5, 10, 18].

Poszczególne części przewodu pokarmowego, a także jelit, są poddawane ciągłemu oddziaływaniu czynników wpływających ze środowiska zewnętrznego w postaci przyjmowanego pokarmu. W żołądku pod wpływem kwasu solnego większość bakterii jest niszczone. Znajduje się tam około 10^3 /ml drobnoustrojów. Natomiast w jelicie cienkim ilość mikroorganizmów wynosi 10^4 /l g. Ponowny ich wzrost następuje w jelicie grubym. Na powierzchni jelit wynoszącej ok. 400 m² występuje ok. 10^{13} - 10^{14} mikroorganizmów (reprezentowanych przez 400 różnych gatunków bakterii).

Jest to 10 razy więcej niż liczba wszystkich komórek w organizmie człowieka i stanowi 40-50% treści jelita. W górnej części jelita znajdują się głównie bakterie: *Lactobacillus acidophilus*, Bifidobakterie, paciorkowce, enterokoki i drożdże. 90% bakterii jelitowych to beztlenowce. Liczebność i jakość mikroflory ulega ciągłym zmianom, również w zależności od wieku gospodarza. Noworodek rodzi się z jałowym przewodem pokarmowym, natomiast po pewnym czasie zaczynają w nim się zasiedlać bakterie z rodzaju *Streptococcus* i gatunki takie, jak: *Lactobacillus acidophilus*, *Enterococcus faecium*, czy *Escherichia coli* (poniżej 1%). Wraz z pokarmem matki, flora ta zaczyna się stabilizować. Z wiekiem zaczynają dominować bakterie z rodzaju *Bacteroides* i są one gatunkami dominującymi w mikroflorze dorosłego człowieka (tabela IV). W jelitach dorosłego człowieka znajdują się bakterie względnie lub bezwzględnie beztlenowe [5].

Skład mikroflory jelitowej zależy głównie od rodzaju i składu spożywanego pokarmu oraz wieku osobniczego. Zmiana ilości bakterii w jelitach jest procesem normalnym dla organizmu. Na florę jelitową wpływają również przebyte infekcje, stosowana antybiotykoterapia, dostępność i skład substratów do wzrostu mikroflory, interakcje z układem immunologicznym, pH treści jelit, metabolity bakteryjne, stan jelit (w tym przebyte choroby układu pokarmowego), a także miejsce zamieszkania i styl życia. Negatywnie na skład mikroflory może oddziaływać przesadna higiena w wieku niemowlęcym, stosowanie antybiotyków, które w znacznym stopniu zabija szkodliwe jak i pożyteczne bakterie oraz stres będący przyczyną licznych chorób. Do zniszczenia mikroflory jelitowej może prowadzić również radioterapia i leczenie chemioterapeutykami [5, 19, 20].

Do produkcji probiotyków wykorzystuje się organizmy probiotyczne, które są symbiotykami: *Lactobacillus acidophilus*, *L. salivarius*, *Bifidobacterium bifidum*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, grupy *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*. Natomiast jedynym organizmem niesymbiotycznym probiotycznym jest *Saccharomyces boulardi*, pleśń *Aspergillus oryzae*, *A. niger* (tabela V). Można je spotkać w produktach spożywczych (mleczne napoje fermentowane, kiszonki czy pieczywo), dodawane są do pasz (np. Lactacel), robi się z nich także preparaty farmaceutyczne takie, jak: Trilac, Acidolac, Dicoflor [19].

Bakterie probiotyczne w różny sposób chronią organizm gospodarza przed zaburzeniami jelitowymi. Wśród tych mechanizmów można wymienić: konkurencję o receptory adhezyjne, obniżanie wartości pH i produkcję substancji antybakteryjnych, detoksykację, konkurencję o składniki pokarmowe niezbędne do wzrostu, ułatwianie trawienia laktozy [19].

Probiotyki w szczególnych przypadkach mogą również wykazywać cechy niepożądane. Stwierdzono

je u osób z zaburzeniami pracy układu odpornościowego. Bakterie probiotyczne mogą mieć bliskie powiązania z mikroflorą oportunistyczną, której mogą przekazywać negatywne cechy na drodze genetycznej. Prowadzi to do zaburzeń jelitowych u osób z chorobami immunologicznymi [5].

Bakterie fermentacji mlekowej dodaje się do wielu produktów spożywczych m.in. wyrobów mleczarskich, ale również do kiszonek owocowych i warzywnych, chleba czy kiełbas. Aktywność biochemiczna probiotyków (będących naturalnym składnikiem żywności, lub też dodawane jako kultury startowe) wpływa na cechy odżywcze, dietetyczne i organoleptyczne produktu. Dzieje się to dzięki obniżeniu zawartości laktozy, zwiększeniu przyswajalności białek, wzrostem zawartości wolnych aminokwasów, niektórych witamin z grupy B oraz przyswajalności wielu pierwiastków (między innymi z Ca, dzięki czemu jest możliwa walka z osteoporozą) [18].

Podsumowując probiotyki mogą być stosowane w leczeniu i zapobieganiu: ostrych biegunek, biegunek podróżnych, biegunek poantybiotykowych, alergii pokarmowych, karcynogenezie, zapalenia żołądka wywołanego przez *Helicobacter pylori*, przewlekłych zaparć, encefalopatii wątrobowej, biegunek u chorych na AIDS, niedoborem izomaltazy sacharozy, przewlekłych zapaleń jelit, zespołu jelita drażliwego, próchnicy zębów, reumatoidalnego zapalenia stawów. Odkryto, że wzbogacenie diety w bakterie probiotyczne może powodować zwiększenie liczby komórek „natural killer” w surowicy krwi oraz wpływa na zwiększenie aktywności makrofagów i limfocytów. Badania prowadzone na zwierzętach wykazały, że probiotyki mogą hamować wzrost nowotworu puchliny brzusznej, mięsaka Sarkoma i białaczki (tabela VI) [12].

Aby stworzyć pozytywne środowisko dla probiotyków, można organizmowi dostarczać substancji, jakimi są prebiotyki, które wspomagają rozwój pożytecznej mikroflory.

Prebiotyki

Od niedawna do produkcji mlecznych napojów fermentowanych z udziałem probiotyków dodawane są prebiotyki. Definiowane są jako nietrawione składniki żywności, selektywnie pobudzające wzrost lub aktywność jednego lub określonej liczby rodzajów bakterii w okrężnicy, korzystnie wpływających na zdrowie gospodarza [21]. Prebiotyki mogą być wprowadzone sztucznie do żywności w celu poprawienia wartości odżywczej i zdrowotnej, np. inulina, fruktooligosacharydy, laktuloza, czy pochodne galaktozy i β -glukanów. Są one pożywką dla probiotyków, stymulują ich wzrost i w przeciwieństwie do nich, nie ma w ich składzie mikroorganizmów. Prebiotyki są nietrawione przez endogenne enzymy w organizmie człowieka, praktycznie niestrawione docierają do okrężnicy i tam

Tabela IV. Mikroflora przewodu pokarmowego człowieka [5]
Table IV. Microflora of human gastrointestinal tract [5]

Gatunki i liczby drobnoustrojów	
Liczba gatunków stacjonarnych	ok. 40
– okresowo, głównie po przyjęciu żywności	ok. 400
Całkowita liczba drobnoustrojów w całym przewodzie pokarmowym	ok. 10^{14} jtk
Liczba drobnoustrojów w odcinkach przewodu pokarmowego	
– żołądek w spoczynku	do 10^2 jtk/g
– żołądek po przyjęciu pokarmu	10^7 - 10^8 jtk/g
– dwunastnica	10^2 jtk/g
– jelito biodrowe	10^9 jtk/g
– jelito grube	10^{11} jtk/g

Tabela V. Rodzaje i gatunki drobnoustrojów stosowane do probiotyków [5]
Table V. Types and species of micro-organisms used in probiotics [5]

<i>Lactobacillus</i> spp.		
<i>L. acidophilus</i>	<i>L. brevis</i>	<i>L. bulgaricus</i>
<i>L. casei</i>	<i>L. delbrueckii</i>	<i>L. lactis</i>
<i>L. plantarum</i>	<i>L. rhamnosus</i>	<i>L. reuteri</i>
<i>Bifidobacterium</i> spp.		
<i>B. longum</i>		<i>B. adolescentis</i>
<i>B. breve</i>		<i>B. animalis</i>
<i>B. thermophilus</i>		<i>B. infantis</i>
<i>Pediococcus</i> spp.		
<i>P. acidilactici</i>		<i>P. pentosaceus</i>
<i>P. damnosus</i>		<i>Leuconostoc mesenteroides</i>
<i>Lactococcus</i> spp.		
<i>L. lactis</i>		<i>L. lactis</i> subsp. <i>cremoris</i>
<i>Enterococcus</i> spp.		
<i>E. faecalis</i>		<i>E. faecium</i>
<i>Streptococcus</i> spp.		
<i>S. intermedius</i>		<i>S. thermophilus</i>

ulegają całkowitej fermentacji, rozkładają je bakterie sacharolityczne (np. *Bifidobacterium*) [22].

Podstawowe kryteria, które powinny spełniać prebiotyki to: obniżanie pH treści pokarmowej, nie powinny ulegać hydrolizie ani wchłanianiu przez przewód pokarmowy. Ich zadaniem jest także stymulowanie wzrostu bakterii fermentacji mlekowej i hamowanie działalności szkodliwej mikroflory jelitowej. Ponadto ich budowa powinna być odpowiednio udokumentowana oraz muszą być łatwe do uzyskania w skali przemysłowej.

W badaniach nad rakiem jelita grubego i odbytnicy wykazano, że rzadziej występują one u osób często spożywających warzywa i owoce. Wpływ na to mają prebiotyki: inulina i oligofruktoza. Wśród ich zalet można wymienić: obniżanie frakcji cholesterolu LDL we krwi, stymulowanie układu immunologicznego, zwiększoną przyswajalność wapnia, zapewnienie odpowiedniej wartości pH w jelitach, niska wartość kaloryczna, łagodzenie objawów wrzodów żołądka i grzybicy pochwy. Zapobiegają także reakcji nowotworzenia i wspomagają leczenie nietolerancji laktozy i próchnicy zębów [6].

Tabela VI. Działanie bakterii probiotycznych [20]
Table VI. Functions of probiotic bacteria [20]

Wskazywane działanie	Gatunek
Stymulacja systemu immunologicznego	<i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>L. casei</i> , <i>L. plantarum</i> , <i>L. delbrueckii</i> , <i>L. rhamnosus</i>
Równoważenie składu mikroflory	<i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>L. casei</i> , <i>Bifidobacterium bifidum</i>
Zmniejszenie aktywności enzymów kału	<i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>L. casei</i> , <i>L. gasseri</i> , <i>L. delbrueckii</i>
Antynowotworowe	<i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>L. casei</i> , <i>L. gasseri</i> , <i>L. delbrueckii</i> , <i>L. plantarum</i> , <i>B. infantis</i> , <i>B. adolescentis</i> , <i>B. bifidum</i> , <i>B. longum</i>
Przeciwdziałanie biegunkom podróżnym	<i>Saccharomyces bulgaricus</i> , mixture of <i>L. acidophilus</i> , <i>B. bifidum</i> , <i>Streptococcus thermophilus</i> , <i>L. bulgaricus</i>
Przeciwdziałanie chorobom wywołującym przez wirusy	<i>L. rhamnosus</i> , <i>B. bifidum</i>
Przeciwdziałanie schorzeniom wywołwanym przez <i>C. difficile</i>	<i>L. rhamnosus</i> , <i>S. bulgaricus</i>
Przeciwdziałanie biegunkom innego pochodzenia	<i>L. acidophilus</i> , <i>L. rhamnosus</i> , <i>B. bifidum</i>

Badania wykazały, że spożycie prebiotyków w znacznym stopniu wpływa na skład mikroflory jelitowej i jej aktywność metaboliczną. Dzieje się to za sprawą modulacji metabolizmu lipidowego, zwiększonej przyswajalności wapnia, wpływu na układ odpornościowy i modyfikacją funkcji jelit [22].

Prebiotki naturalnie występują w ponad 36 000 produktów pochodzenia roślinnego, m. in. w czosnku (9-16%), cykorii (13-20%), karczochach (15-20%), szparagach (10-15%), cebuli (2-6%), pszenicy (1-4%) czy bananach (0,3-0,7%) [23]. Natomiast sztucznie wyprodukowane to np. laktuloza, galaktooligosacharydy, fruktooligosacharydy, malotoligosacharydy, cyklodekstryny, laktosacharoza i inne. Dużą część produkowanych oligosacharydów, bo aż ok. 40% stanowi laktuloza. Za najczęściej używane i najbardziej efektywne prebiotyki są uznawane fruktany – inulina i oligofruktoza [6].

Oligofruktoza to związek składający się z od 2 do 5 drobin fruktozy, które są połączone wiązaniem glikozydowym. Powstaje ona w wyniku częściowej hydrolizy inuliny z użyciem endonukleazy i jest zamiennikiem cukru. Oligofruktozę dodaje się do produktów typu „light” w tym do słodzików. Poza tym jest dodawana do mlecznych napojów fermentowanych [13].

Inulina to dwucukier zapasowy, ma w swoim składzie cząsteczki fruktozy i glukozy. Związek ten jest szeroko rozpowszechniony w świecie roślinnym, w skali przemysłowej pozyskuje się go głównie z cykorii odmiany korzeniowej. Korzenie cykorii są poddawane ekstrakcji gorącą wodą, następnie następuje rafinacja i suszenie rozpyłowe. Inulina trafia w stanie nienaruszonym do jelita cienkiego, a jej spożywanie nie powoduje wzrostu poziomu glukozy i insuliny we krwi. Dlatego też jest dodawana w preparatach dla diabetyków. Ze względu na niską kaloryczność i właściwości może być stosowana jako zamiennik tłuszczu. Inulina jest dodawana przede wszystkim do mlecznych napojów fermentowanych, serków topionych, ciastek, krakersów śmietany, lodów itp. [6, 13].

Prebiotyki wykazują większą trwałość i nie ma problemów z ich włączaniem do produktów spożywczych, ponieważ nie trzeba się martwić o ich przeżycie

w przewodzie pokarmowym i niższych temperaturach. Badania wykazały, że podawana szczurom przez 5 tygodni inulina znacznie obniżyła poziom triacylogliceroli we krwi. Natomiast w wyniku badań przeprowadzonych na ludziach okazało się, że przyjmowanie 12 g inuliny przez miesiąc obniża we krwi poziom frakcji VLDL (spadek stężenia triacylogliceroli o 27%, cholesterolu o 5%). Wiąże się to z wpływem na metabolizm wątroby i hamowanie aktywności karboksylazy acetylo-CoA i dehydrogenazy glukozy-6-fosforanowej. Przypuszcza się także, że oligofruktoza przyspiesza katabolizm lipidów [16].

Badania przeprowadzone na szczurach wskazują, że dieta, w której skład wchodzi prebiotyki znacznie zmniejszają się wskaźniki kancerogenezy. Zwierzętom podawano inulinę i oligofruktozę i już w fazie iniekcji oraz promocji zauważono korzystne zmiany. W całej okolicy obserwowano redukcję biomarkerów kancerogenezy. Prebiotyki również wykazały obniżenie aktywności rozwoju raka piersi. Także, jeśli chodzi o raka wątroby, po spożyciu prebiotyków szczury wykazywały obniżenie krzywej śmiertelności, niż te, które nie były poddane takiej diecie. A w przypadku przerzutów raka płuc, zmiany nowotworowe w organizmie okazały się mniejsze, zarówno ilość jak i rozmiar komórek rakowych [22].

Synbiotyki

Kombinacja pre- i probiotyku nazywana jest synbiotykiem i wykazuje efekt synergistyczny. Wpływają one na rozwój pozytywnej mikroflory jelitowej wskutek pobudzania probiotyków prebiotykami, hamują także rozwój patogennej flory bakteryjnej jelit.

Synbiotyki przyczyniają się do zmniejszenia stężenia niepożądanych metabolitów w organizmie, unieczynnienia nitrozoamin i substancji kancerogennych, a także przeciwdziałają procesom gnilnym w jelitach oraz zapobiegają zaparciom i biegunkom o różnej etiologii. Badania na szczurach, których do diety włączono inulinę, oligofruktozę, *Lactobacillus rhamnosus* i *Bifidobacterium lactis* wykazały zwiększoną ilość IgA w jelitach. Poza tym, połączenie inuliny z *Bifidobacterium longum* wpływa pozytywnie na walkę

z rakiem [24, 25]. Synbiotyki wpływają również na redukcję szkodliwej mikroflory (*Clostridium perfringens* i innych endopatogenów) przy jednoczesnym namnażaniu pożytecznych bakterii [26]. Redukują poziom cholesterolu i ciśnienia krwi [16]. Są wykorzystywane w leczeniu pacjentów z chorobami wątroby [27]. Poprawiają wchłanianie wapnia, magnezu i fosforu [28].

Na rynku dostępne są preparaty, np. Beneflora czy Lactoseven, które zawierają wyselekcjonowane szczepy bakterii z ułatwiającymi kolonizację dodatkami, takimi jak inulina, czy włókna fasoli.

Podsumowując, pozytywnej roli pro-, pre- i synbiotyków trudno zaprzeczyć, natomiast ważne jest udokumentowanie wyselekcjonowanej liczby drob-

noustrojów probiotycznych, bo pozytywne działanie mikroorganizmów może być wywierane tylko wtedy, gdy produkt zawiera odpowiednio dużą liczbę specyficznych bakterii [29].

Mleczne napoje fermentowane są kupowane głównie ze względów zdrowotnych, odżywczych, dietetycznych czy smakowych. Chociaż są spożywane one dość często przez konsumentów, to wiedza na ich temat jest raczej niewielka. Jak wykazały badania Połon i Rejman [30] 87% ankietowanych nigdy nie słyszało określenia „żywność probiotyczna”, czy „probiotyk”. Dlatego tak ważne jest promowanie produktów mleczarskich ze względu na ich pozytywne właściwości, szczególnie w leczeniu miażdżycy czy wspomaganiu układu odpornościowego.

Piśmiennictwo / References

- Libudzisz Z. Probiotyki i prebiotyki w fermentowanych napojach mlecznych. *Pediatr Współcz Gastroenterol Hepatol Żyw Dziecka* 2002, 4(1): 19-25.
- Krajewska-Kamińska E, Śmietana Z, Bohdziewicz K. Bakterie probiotyczne w produkcji żywności. *Przem Spoż* 2007, 61(5): 36-41.
- Working Group Report on Drafting Guidelines for the Evaluation of Probiotics In Ford. FAO/WHO, London-Ontario 2002.
- De Vuyst L. Hamujące działanie probiotycznych bakterii kwasu mlekowego. *Probiotyki*. Warsztaty zorganizowane w ramach projektu Accompanying Measure do projektu Flair-Flow Europe IV 2002: 23-27.
- Prost E. *Probiotyki*. *Med Wet* 1999, 02: 75-79.
- Jakubczyk E, Kosikowska M. Nowa generacja mlecznych produktów fermentowanych z udziałem probiotyków i prebiotyków, produkty synbiotyczne. *Prz Mlecz* 2000, 12: 397-400.
- Strus M, Heczko P, Kochan P. Projektowanie probiotyków do zastosowań medycznych. *Post Mikrobiol* 2008, 03: 11-66.
- Czerwionka-Szaflarska M, Romańczuk B. Kiedy powinno stosować się probiotyki? *Przew Lek* 2009, 1: 142-147.
- Kołodziej J. Właściwości terapeutyczne probiotycznych bakterii. *Aura* 1998, 02: 26.
- Siuta A, Kamiński J. Terapeutyczno-dietetyczne właściwości probiotycznych produktów mlecznych. *Med Wet* 1998, 03: 172-174.
- Siuta A. Biomechaniczna aktywność probiotyków w organizmie. *Med Wet* 1994, 12: 593-596.
- Heczko P, Strus M, Jawień M i wsp. Medyczne zastosowanie probiotyków. *Wiad Lek* 2005, 11-12: 640-646.
- Świątkiewicz S, Koreleski J. Dodatki paszowe o działaniu immunomodulacyjnym w żywieniu drobiu. *Med Wet* 2007, 11: 1291-1295.
- Pulusani SR, Rao DR. Whole Body, Liver and Plasma Cholesterol Levels in Rats Fed Thermophilus, Bulgaricus and Acidophilus Milks. *J Food Sci* 1983, 01: 280-281.
- Gilliland SE, Nelson CR, Maxwell C. Assimilation of cholesterol by *Lactobacillus acidophilus*. *Appl Environ Microbiol* 1985, 49: 377-381.
- Socha P, Stolarczyk M, Socha J. Wpływ probiotyków i prebiotyków na gospodarkę lipidową. *Pediatr Współcz Gastroenterol Hepat Żyw Dziecka* 2002, 04: 85-88.
- Jarosz M. Żywnienie a nowotwory złośliwe. *Rocz Warszawskiej Szkoły Zdrowia* 2004, RIV: 37-40.
- Usajewicz I. Probiotyki w żywieniu ludzi. *Med Wet* 1999, 02: 80-83.
- Gajewska D. *Probiotyki*. *Prz Gastr* 2003, 08: 14-15.
- Zduńczyk Z. Probiotyki i synbiotyki oddziaływania lokalne i systemowe. *Przem Spoż* 2002, 04: 6-8.
- Howlett J. Functional foods – from science to health and claims. *ILSI Europe* 2009.
- Van Loo J. The specificity of the interaction with intestinal bacterial fermentation by prebiotics determines their physiological efficacy. *Nutr Res Rev* 2004, 17(1): 89-98.
- Trafalska E, Grzybowska K. Probiotyki – alternatywa dla antybiotyków? *Wiad Lek* 2004, LVII, 9-10: 491-497.
- Rafter J, Bennett M, Caderni G, et al. Dietary synbiotics reduce cancer risk factors in polypectomized and colon cancer patients. *Am J Clin Nutr* 2007, 85(2): 488-496.
- van Loo J, Clune Y, Bennett M, et al. The SYNCAN project: goals, set-up, first results and settings of the human intervention study. *Br J Nutr* 2005, 93 (1S): 91-98.
- Arai S. Recent trends in functional food science and the industry in Japan. *Biosci Biotechnol Biochem* 2002, 66: 2017-2029.
- Pathmakanthan S, Walsh M, Bengmark S. Efficacy and tolerability treating acute distal ulcerative colitis with synbiotic enemas: a pilot trial (abstract). *United European Gastroenterology Week, Geneva* 2002.
- Pérez-Conesa D, López G, Abellán P, et al. Bioavailability of calcium, magnesium and phosphorus in rats fed probiotic, prebiotic and synbiotic powder follow-up infant formulas and their effect on physiological and nutritional parameters. *J Sci Food Agr* 2006, 86(14): 2327-2336.
- Defecińska A, Libudzisz Z. Bakterie fermentacji mlekowej – wpływ na funkcje życiowe człowieka. *Prz Mlecz* 2000, 08: 247-251.
- Połon A, Rejman K. Preferencje konsumentów i spożycie mlecznych napojów probiotycznych. *Prz Mlecz* 2006, 11: 4-6.