

Probiotyki i prebiotyki jako aktywny składnik żywności funkcjonalnej

Probiotics and prebiotics as a bioactive component of functional food

Lucyna Kapka-Skrzypczak^{1,2}, Joanna Niedźwiecka¹, Andrzej Wojtyła³, Marcin Kruszewski^{1,4}

¹Samodzielna Pracownia Biologii Molekularnej Instytutu Medycyny Wsi im. W. Chodźki w Lublinie

²Katedra Zdrowia Publicznego Wyższej Szkoły Informatyki i Zarządzania w Rzeszowie

³Zakład Promocji Zdrowia, Żywności i Żywnienia Instytutu Medycyny Wsi im. W. Chodźki w Lublinie

⁴Centrum Radiobiologii i Dozymetrii Biologicznej Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej w Warszawie

STRESZCZENIE

Nauki z zakresu żywności i żywienia człowieka dostarczają wielu dowodów potwierdzających związek między rodzajem spożywanych produktów spożywczych a zdrowiem, co wraz z obserwowanym wzrostem świadomości konsumentów na temat pozytywnego bądź negatywnego wpływu poszczególnych składników i produktów spożywczych na zdrowie stało się podwaliną stworzenia koncepcji żywności funkcjonalnej. Celem tego typu żywności – poza dostarczeniem niezbędnych makro- i mikrośladników – jest wywieranie dodatkowego korzystnego efektu zdrowotnego. Dobrym przykładem mogą tu być produkty spożywcze będące źródłem bakterii probiotycznych, prebiotyków bądź obu jednocześnie. Dostarczają one nie tylko istotnych składników odżywczych, ale także mikroorganizmów i/lub związków polisacharydowych nietrawionych przez enzymy przewodu pokarmowego człowieka, które wywierają korzystny efekt terapeutyczny bądź profilaktyczny względem określonej jednostki chorobowej lub poprawiają ogólny stan zdrowia. W pracy przedstawiono znaczenie prozdrowotne probiotyków i prebiotyków w oparciu o dostępną literaturę przedmiotu. Szczególną uwagę zwrócono na ich zdolność do wywierania efektu immunomodulacyjnego, korzystny wpływ na układ pokarmowy, aktywność przeciwnowotworową, możliwości zastosowania w prewencji chorób układu krążenia oraz perspektywę wykorzystania w profilaktyce i leczeniu otyłości.

SŁOWA KLUCZOWE: probiotyki, prebiotyki, synbiotyki, żywność funkcjonalna

ABSTRACT

The results of food science investigations have confirmed the relationship between the type of eaten food and health. Simultaneously, consumers are paying more and more attention to the kind of food they eat, as their awareness concerning the influence of proper food on health is increasing. On that base the conception of functional food has been created. This kind of food, besides being a source of essential macro- and micronutrients, exerts an additional positive influence on health. Probiotics and prebiotics containing products are a good example of functional food. These products provide not only essential nutrients but also microorganisms and polysaccharides, which are indigestible in the human alimentary tract, but exert a positive effect on human health. It may be a therapeutic or prophylactic effect due to specific affliction or may improve health in general. The paper – based on available literature – shows a positive influence of probiotics and prebiotics on human health, especially in the immunomodulation effect, an advantageous effect on the digestive system, antitumor activity and a possible therapeutic and prophylactic effect on cardiovascular diseases and obesity.

KEY WORDS: probiotics, prebiotics, synbiotics, functional food

Wprowadzenie

Intensywny rozwój nauk z zakresu żywności i żywienia człowieka dostarczył wielu dowodów potwierdzających związek między rodzajem spożywanych produktów a zdrowiem. Odpowiednia dieta stanowi istotny element profilaktyki i terapii wielu chorób. Obserwowany wzrost świadomości konsumentów na temat dobroczynnego wpływu poszczególnych składników odżywczych i produktów spożywczych na zdrowie skłonił producentów żywności do opracowania koncepcji tzw. żywności funkcjonalnej, która łącząc wiedzę z biochemii, fizjologii, nauk o żywieniu i medycyny klinicznej z możliwościami nowoczesnych technologii i pozwala na wytwarzanie pożywienia o szczególnie korzystnych właściwościach prozdrowotnych [1].

Przykładem takiej żywności są produkty probiotyczne, zawierające w swym składzie kultury bakterii cechujące się korzystnym wpływem na organizm człowieka. Jak dotąd największą pulę produktów należących do tej grupy stanowią mleczne napoje fermentowane. Prowadzone są jednak badania nad możliwością wykorzystania innych produktów spożywczych jako potencjalnych nośników szczepów probiotycznych. Produkty te wzbogacane są w substancje prebiotyczne, które promują wzrost korzystnej mikroflory jelitowej, potęgując korzystne efekty zdrowotne wynikające ze spożywania produktów probiotycznych.

Celem pracy było przedstawienie bioaktywnych składników wchodzących w skład produktów probiotycznych jako przykładu żywności funkcjonalnej o szerokich perspektywach zastoso-

wania w zakresie zmniejszania ryzyka rozwoju wielu chorób, jak również jako istotnego elementu wspomagającego ich leczenie.

Żywność funkcjonalna

Żywność funkcjonalna (*functional food*) jest żywnością konwencjonalną, bądź do niej podobną, stanowiącą element zwykłej diety, spożywaną w typowych ilościach. Poza funkcją odżywczą posiada udowodniony naukowo korzystny wpływ na zdrowie, przejawiający się zmniejszaniem ryzyka zachorowania na określone choroby przewlekłe bądź pozytywnym oddziaływaniem na określone funkcje organizmu. Nie ma ona formy ani pigułek, ani kapsułek, gdyż takie preparaty określane są jako nutraceutyki [2-4].

Po raz pierwszy zagadnieniem żywności funkcjonalnej zainteresowano się w Japonii w latach 80. XX wieku. Żywność funkcjonalna określana jest tam mianem FOSHU (*foods for specified health use*); posiada uregulowany status prawny i zajmuje znaczące miejsce na rynku spożywczym [5, 6].

Korzystny efekt zdrowotny wywierany przez żywność funkcjonalną wynika z obecnych w niej optymalnych fizjologicznie proporcjach substancji bioaktywnych o zdefiniowanym działaniu prozdrowotnym, takich jak: błonnik, oligosacharydy, niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe z rodziny n-3, bakterie probiotyczne, antyoksydanty czy fitozwiązki [5]. Wzrost zainteresowania żywnością funkcjonalną w Europie nastąpił w 1994 roku, gdy firma Nestle wprowadziła na rynek jogurt probiotyczny o nazwie handlowej LC1. Wkrótce potem pojawił się powszechnie znany napój probiotyczny Actimel produkowany przez firmę Danone [6]. Najbardziej rozpowszechnionym w krajach europejskich rodzajem żywności funkcjonalnej są produkty nabiałowe, w szczególności jogurty i mleczne napoje fermentowane. W ostatnim czasie obserwuje się jednak wzrost zainteresowania produktami probiotycznymi pochodzenia niemlecznego, otrzymywanymi na bazie fermentacji soków owocowych bądź warzywnych przez odpowiednie szczepy bakteryjne [7]. Prowadzone są także badania nad uzyskaniem fermentowanego mięsa, które może stanowić nośnik bakterii probiotycznych [8].

Definicja pro- i prebiotyków

Terminu „probiotyk” użyto po raz pierwszy w latach 60 XX wieku do określenia substancji wydzielanych przez mikroorganizmy, które mają zdolność stymulowania wzrostu innych mikroorganizmów, jako pojęcie przeciwstawne względem antybiotyku [9-11]. Według ekspertów FAO probiotyki to produkty zawierające żywe mikroorganizmy, które dostarczane w odpowiednich ilościach – 10^6 cfu/cm³ – wywierają korzystny efekt zdrowotny na organizm gospodarza. Są to bakterie sklasyfikowane według określonych rodzajów, gatunków i szczepów. Większość produktów probiotycznych zawiera bakterie kwasu mlekowego z rodzaju *Lactobacillus* lub *Bifidobacterium*, ale do szczepów bakterii probiotycznych zaliczane są także inne gatunki, takie jak *Escherichia*, *Enterococcus*, *Bacillus*. Do probiotyków zaliczany jest także drożdżak – *Saccharomyces boulardii* – będący jednym ze szczepów *Saccharomyces cerevisiae* [10].

Mimo przyjętej definicji naukowej brak jest prawnej regulacji terminu „probiotyk”, czego wynikiem jest nadużywanie tego pojęcia w celach komercyjnych, nawet jeżeli dany produkt nie spełnia wymagań określonych przez definicję naukową. Każdy szczep probiotyczny, zanim zostanie wykorzystany do produk-

cji żywności probiotycznej, musi zostać uprzednio wyizolowany oraz zidentyfikowany za pomocą odpowiednich testów biochemicznych i genetycznych. Ostatnim i najważniejszym etapem jest wykazanie jego korzystnego wpływu i bezpieczeństwa na zdrowie konsumentów [11]. Jak dotąd zaledwie kilka gatunków bakterii spełnia kryteria szczepów probiotycznych. Zaliczają się do nich: *Lactobacillus johnsoni* La1, *Lactobacillus rhamnosus* GG, *Lactobacillus casei* Shirato, *Lactobacillus acidophilus* NCFB 1487 i *Bifidobacterium lactis* Bb 12, a z grzybów *Saccharomyces boulardii* [12].

Szczepom probiotycznym często towarzyszą prebiotyki – nietrawione składniki węglowodanowe pożywienia, wykazujące korzystny wpływ na organizm gospodarza przez selektywne stymulowanie wzrostu i/lub aktywności jednego bądź kilku szczepów bakterii jelitowych zdolnych do ich fermentowania. Aby określony składnik żywności mógł zostać zaliczony do grupy prebiotyków, musi spełniać następujące kryteria: nie może być hydrolizowany ani wchłaniany w przewodzie pokarmowym, musi stymulować wzrost lub aktywność metaboliczną określonych szczepów bakterii zasiedlających jelito, a tym samym przyczyniać się do zmiany proporcji flory bakteryjnej, co indukuje korzystne dla gospodarza zmiany lokalne bądź ogólnoustrojowe [13, 14]. Wymagane kryteria spełniają dotychczas tylko dwie substancje: inulina z grupy fruktanów i trans-galaktooligosacharydy (TOS). W praktyce najczęściej występującymi prebiotykami są fruktany, w szczególności fruktooligosacharydy, oraz inulina [15]. Inulina, której dobrym źródłem są: cykorja, pory, czosnek, szparagi i cebula, stanowi mieszaninę oligomerów (nazywanych inaczej oligofruktozą lub fruktooligosacharydami) i polimerów liniowych fruktozy o różnym stopniu polimeryzacji. TOS są mieszaniną oligosacharydów pozyskanych poprzez enzymatyczną transglikozylację laktozy.

Innymi substancjami badanymi pod kątem właściwości probiotycznych są glukoooligosacharydy, izomaltoooligosacharydy, laktosacharoza, polidekstroza, oligosacharydy sojowe i ksyluloooligosacharydy [14, 16]. Istnieje także grupa produktów funkcjonalnych, określanych jako synbiotyki, które zawierają w swym składzie, zarówno pro-, jak i prebiotyki. Ich fizjologiczny efekt prozdrowotny wynika z synergistycznego działania obu aktywnych biologicznie składników [1].

Znaczenie prozdrowotne pre- i probiotyków

Bakterie są naturalnymi mieszkańcami układu pokarmowego człowieka. W jelicie grubym osób dorosłych można wyodrębnić ponad 400 różnych szczepów bakteryjnych. Kolonizacja jelita zaczyna się w okresie noworodkowym i trwa przez całe życie, wykazując charakterystyczne dla wieku zmiany [10, 12, 17]. W pierwszych dniach po urodzeniu dominują bakterie *E. coli*, enterokoki i *Clostridium sp.*, natomiast w kolejnych dniach przewagę uzyskują bakterie z rodzaju *Lactobacillus* i *Bifidobacterium*. Liczebność bifidobakterii spada jednak znacznie u osób, które osiągnęły 55-60 rok życia.

Na skład mikroflory jelita ma wpływ wiele czynników. W przypadku niemowląt znaczącą rolę odgrywa fakt karmienia piersią. Dziecko wraz z mlekiem matki otrzymuje oligosacharydy, które są prebiotykami stymulującymi rozwój korzystnych z punktu widzenia zdrowotnego szczepów bakteryjnych w jego jelicie. U noworodków karmionych wyłącznie piersią populacja bifidobakterii jest około 10-krotnie wyższa, niż u niemowląt karmionych sztucznie. Inne wpływające na skład mikroflory jelitowej czynniki są zależne od gospodarza (pH soku żołądkowego, soli żółciowych, perystaltyki jelita, wiek), od środowiska (dieta,

antybiotykoterapia, leki obniżające pH soku żołądkowego), występujących chorób układu pokarmowego, jak również od interakcji między samymi bakteriami [12].

Przegląd dotychczas opublikowanych prac dotyczących pro- i prebiotyków pozwala stwierdzić, że wykazują one szereg korzystnych efektów zdrowotnych obserwowanych po spożyciu produktów będących ich źródłem. Jak dotąd nie podano jednoznacznej, minimalnej liczby bakterii probiotycznych niezbędnej do wywołania pozytywnego efektu zdrowotnego. Według WHO/FAO minimum terapeutyczne gwarantujące korzystny wpływ probiotyków na ludzki organizm to 10^6 cfu/cm³ (*colony forming units* – jednostki tworzące kolonie) [7, 10]. Jednak zwyczajowo stosowane dawki w poszczególnych produktach i badaniach wahają się od 10^6 do 10^9 cfu/cm³ [18].

Podawanie synbiotyków (połączeń probiotyków z prebiotykami) zwiększa liczbę pożądaných bakterii ograniczając rozwój szczepów patogennych i gnilnych [6]. Korzystne efekty wywiera także podaż samych prebiotyków. Bouhnik i wsp. wykazali, że podawanie przez okres 8 dni krótkołańcuchowych fruktooligosacharydów, oligosacharydów sojowych, galaktooligosacharydów oraz skrobi odpornej typu III skutkowało wzrostem liczebności bifidobakterii w kale [19]. Aby znacznie zwiększyć liczebności bifidobakterii w przewodzie pokarmowym należałoby podać produkt probiotyczny będący źródłem tych bakterii uzupełniony inuliną lub oligosacharydami. Wzrost liczebności bifidobakterii zwiększa ilość wytwarzanych przez nie witamin takich jak: kwas foliowy, kwas nikotynowy, witamina B₁, B₂, B₆. Fruktany ułatwiają też wchłanianie składników mineralnych: wapnia, magnezu, żelaza, miedzi, cynku i fosforu [15]. Efekt prozdrowotny szczepów probiotycznych wiąże się z profilaktyką i terapią schorzeń układu pokarmowego, procesami immunomodulacyjnymi, zapobieganiem nowotworzeniu, jak i schorzeniami układu sercowo naczyniowego [20]. Istnieją też doniesienia o związku dominującej puli bakterii jelitowych ze zwiększoną predyspozycją do otyłości [21].

Profilaktyka i terapia schorzeń układu pokarmowego

Udokumentowano dotychczas, że synbiotyki bądź probiotyki zapobiegają biegunkom bakteryjnym i wirusowym, łagodzą stany zapalne jelit, zmniejszają ryzyko nowotworów jelita i żołądka oraz są pomocne w leczeniu zaparc [10]. Szczepy takie jak *Lactobacillus rhamnosus* GG i *Bifidobacterium lactis* BB-12 wykazały skuteczność w przypadku prewencji i leczenia dziecięcej biegunki rotawirusowej [22, 23]. *Lactobacillus rhamnosus* GG może ponadto być efektywny w zapobieganiu biegunkom wywołanym przez antybiotykoterapię (na skutek niszczenia korzystnej mikroflory dochodzi do ekspansji *Clostridium difficile*, a jej toksyny odpowiadają za wywołanie biegunki), zakażenia szpitalne czy niedożywienie [24]. Suplementacja probiotykami może stanowić ważny element profilaktyki stanów zapalnych, owrzodzeń i raka żołądka lub dwunastnicy [25, 26]. Dane z piśmiennictwa wskazują na zdolność szczepów probiotycznych do ograniczania wzrostu patogennej bakterii *Helicobacter pylori*, uważanej za jeden z głównych czynników etiologicznych owrzodzeń żołądka i dwunastnicy [25, 26]. Badania na zwierzętach dowiodły, że największą skuteczność w eradykacji *H. pylori* ma *Lactobacillus gasserii* OLL2716 (LG21), co następnie potwierdzono w badaniach prowadzonych wśród ludzi zakażonych *H. pylori*. Osobom tym podawano codziennie przez okres 24 tygodni 120 g jogurtu zawierającego 10^9 cfu/cm³ LG21. Zaobserwowano spadek liczebności *H. pylori*, a także zmniejszenie stanu zapalnego błony śluzowej [6]. Zdolność do hamowania wzrostu *H. pylori*

wykazuje też *Bifidobacterium bifidum* CECT 7366, co wykazano w badaniach *in vitro* raz *in vivo* [27].

Effekt immunomodulacyjny

Wpływ szczepów probiotycznych na funkcje immunologiczne wiąże się z ich oddziaływaniem na komórki immunokompetentne zlokalizowane w błonie śluzowej jelita, stanowiące element tak zwanego GALT. Jest to największy w organizmie człowieka organ immunokompetentny. Dojrzewanie i rozwój układu odpornościowego od pierwszych chwil po urodzeniu uzależniony jest od obecności właściwej mikroflory jelitowej [6, 20, 28]. Bakterie probiotyczne mają zdolność wpływania na funkcje immunologiczne, indukując wydzielanie cytokin przez komórki epitelialne jelita. W jednym z badań wykazano, że podawanie jogurtu otrzymanego z mleka poddanego fermentacji szczepami *Lactobacillus bulgaricus* i *Streptococcus thermophilus* hospitalizowanym z powodu niedożywienia dzieciom spowodowało wzrost stężenia INF- γ , zmniejszając tym samym ryzyko zakażeń bakteryjnych i wirusowych. Nie obserwowano tego efektu w przypadku grupy kontrolnej, której podawano w tej samej ilości zwykłe mleko [29]. Podobne wyniki uzyskano u pacjentów chorujących na anoreksję, gdzie poza wzrostem stężenia INF- γ obserwowano wyższy stosunek limfocytów CD4 do CD8 [30].

Pozytywny wpływ konsumpcji jogurtu powstałego przy udziale bakterii probiotycznych na funkcje immunologiczne obserwowano także u osób zdrowych. Wiązał się on ze zwiększeniem liczebności i aktywności fagocytarnej leukocytów (neutrofilii i monocytów) [17, 31]. Potwierdzono także korzystny efekt terapeutyczny w stosunku do atopowego zapalenia skóry [24].

Aktywność przeciwnowotworowa

Niektóre szczepy probiotyczne, takie jak *Lactobacillus acidophilus* i *Bifidobacterium bifidum*, wykazują aktywność antymutagenną i antykancerogenną. Umożliwiają to wytwarzane przez nie substancje wywierające efekt inhibitorowy względem enzymów kałowych, takich jak: β -glukuronidazy, azoreduktazy i nitroreduktazy, które uczestniczą w aktywacji mutagenów i prokancerogenów [7]. Hamowanie procesu kancerogenezy wykazano przy zastosowaniu bakterii *Lactobacillus acidophilus* i *Bifidobacterium longum* w doświadczeniach prowadzonych na zwierzętach eksponowanych na działanie czynników kancerogennych. Efekt supresyjny jest prawdopodobnie wynikiem wytwarzania substancji antykarcynogennych: chromocyny A3, sarkomocyny, neokarcynomocyny oraz rozkładania rakotwórczych azobarwników, aflatoksyn, nitrozoamin czy azotynów [32]. Fermentacja prowadzona przez bakterie probiotyczne może zwiększać zawartość korzystnych związków o działaniu chemoprewencyjnym w poddawanych fermentacji produkcie. Wykazano, że mleko sojowe przefermentowane przez bifidobakterie zawiera większą ilość izoflawonów, takich jak genisteina czy daidzeina, które są czynnikami chemoprewencyjnymi w stosunku do raka sutka. Badania na szczurach wykazały, że częstość indukowanego za pomocą PhIP (2-Amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-b]pyridine) raka gruczołu sutkowego wynosiła 71% w grupie kontrolnej, karmionej paszą wysokotłuszczową, natomiast 51% w grupie karmionej tą samą paszą, ale wzbogaconą w 10% przefermentowanego przez bifidobakterie mleka sojowego [33]. Hamowanie wczesnych faz kancerogenezy możliwe jest także dzięki wytwarzaniu przez probiotyczne szczepy krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych (jako efekt rozkładu prebiotyków), które nasilają rozpad zmienionych nowotworowo komórek ściany jelitowej [15].

Udział w profilaktyce chorób układu krążenia

Probiotyki i prebiotyki mogą być pomocne w profilaktyce chorób układu krążenia. Szczepy bakterii probiotycznych przez regulację funkcji immunologicznych jelita eliminują stany zapalne, które są jednym z czynników etiologicznych chorób układu sercowo-naczyniowego. Podawanie ich wraz z odpowiednimi prebiotykami, takimi jak np. inulina, powoduje nie tylko lepszy ich wzrost, ale także ogranicza wchłanianie glukozy, cholesterolu czy tłuszczów ze światła przewodu pokarmowego. Niektóre probiotyki zwiększają uczucie sytości, co zmniejsza podaż pokarmu i ryzyko nadwagi, a pośrednio także chorób układu krążenia. Wyniki badań wskazują na zdolność bakterii probiotycznych, takich jak *Streptococcus thermophilus* czy *Enterococcus faecium*, do obniżania poziomu LDL-cholesterolu bądź podwyższenia poziomu cholesterolu HDL, nie wpływając na stężenie cholesterolu LDL [33, 34]. Zmienia to w sposób korzystny stosunek tych lipoprotein [35]. Huang i Zheng wykazali, że jednym z mechanizmów, który może warunkować spadek poziomu cholesterolu we krwi po spożyciu probiotyków zawierających szczepy, takie jak *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356 i *Lactobacillus rhamnosus* GG, jest zmniejszenie ekspresji genów dla białka NPC1L1 (*Niemann-Pick C1-like 1*). Białko to jest syntetyzowane na powierzchni enterocytów jelita cienkiego i odgrywa kluczową rolę w absorpcji cholesterolu pokarmowego. Autorzy wykazali ponadto zahamowanie komórkowego wychwytu miceli zawierających cholesterol przez komórki linii CaCo2 [36]. Duże znaczenie w obniżaniu poziomu cholesterolu mają także prebiotyki z grupy fruktanów. Przez wiązanie kwasów żółciowych w jelicie cienkim zmniejszają one stopień wchłaniania tłuszczu z pożywienia, który nie może zostać zemułgowany. Fruktany zwiększają także wydalanie soli żółciowych, co zmniejsza ich pulę wykorzystywaną do syntezy cholesterolu [15]. Szczep *Lactobacillus helveticus* jest zdolny do syntezy białka będącego inhibitorem konwertazy angiotensyny stosowanej w leczeniu nadciśnienia. Synteza tego białka zachodzi podczas fermentacji mleka, a tym samym prowadzi do obniżania ciśnienia tętniczego krwi [7].

Bakterie jelitowe a masa ciała

W ostatnich latach pojawiły się doniesienia wskazujące na powiązanie między dominującym w ekosystemie jelitowym szczepem bakterii a predyspozycją do rozwoju otyłości [37]. Analizy metagenomowe (z użyciem metod identyfikacji mikroorganizmów jelitowych niewymagających wykonywania posiewów) wskazują na znacznie większą różnorodność bakterii zasiedlających jelito niż dotychczas przypuszczano. Stwierdzono, iż u dorosłego człowieka dominują trzy główne typy bakterii: *Bacteroidetes*, *Firmicutes* i *Actinobacteria*. Największym, obejmującym ponad 200 gantunków jest typ *Firmicutes*, do którego zaliczane są *Lactobacillus*, *Mycoplasma*, *Bacillus* i *Clostridium* [21]. Bifidobakterie stanowią grupę nieliczną [38]. Jak wykazały badania na zwierzętach, myszy z genetycznie uwarunkowaną otyłością cechowały się występowaniem większej liczby bakterii typu *Firmicutes* i mniejszej liczby bifidobakterii w odniesieniu do myszy szczupłych. Spadek liczebności bifidobakterii obserwowany był również u myszy z otyłością indukowaną dietą [39].

Podobną zależność zaobserwowano u ludzi. Wykazano, że niższa liczebność bifidobakterii u noworodków koreluje dodatkowo z rozwojem otyłości w późniejszym wieku [40]. Badając kał bliźniąt ludzkich różniących się między sobą masą ciała wykazano, że kał bliźniąt otyłych cechował się większą liczebnością bakterii typu *Actinobacteria*, a mniejszą *Bacteroidetes* [41].

Badając osoby dorosłe, poddane uprzednio diecie o obniżonej wartości kalorycznej dowiedziono, że wystąpił u nich znaczący wzrost bakterii z typu *Bacteroidetes* adekwatnie do stopnia utraty masy ciała [42]. Delzenne i wsp. przytaczają wyniki badań nad wpływem podaży bakterii kwasu mlekowego bądź prebiotyków na masę ciała u osób otyłych lub chorujących na cukrzycę [37]. Wynika z nich, że codzienna podaż probiotyku – mleka fermentowanego zawierającego 10^{11} cfu/cm³ szczepu *Lactobacillus gasseri* SBT2055 – powoduje obniżenie masy ciała, wskaźnika BMI, zmniejszenie obwodu talii oraz trzewnej i podskórnej tkanki tłuszczowej w grupie badanej. Nie obserwowano tego efektu w grupie kontrolnej otrzymującej placebo. Korzystny wpływ na redukcję masy ciała wywarła też podaż inuliny [37]. W innym badaniu, podaż mleka fermentowanego zawierającego *Lactobacillus gasseri* SBT2055 w ilości 200 g dziennie przez okres 12 tygodni spowodowała u osób z podwyższonym BMI spadek masy ciała na skutek redukcji trzewnej i podskórnej tkanki tłuszczowej o odpowiednio 4,6% i 3,3%, czego nie zaobserwowano w grupie kontrolnej spożywającej mleko fermentowane bez bakterii probiotycznych [43]. Przypuszcza się, że mikroorganizmy jelitowe mogą wpływać na bilans energetyczny przez zwiększenie pozyskiwania energii ze składników diety, które bez udziału tej mikroflory nie zostałyby rozłożone, a także przez oddziaływanie na procesy związane z magazynowaniem tłuszczu, regulacją lipogenezy bądź oksydacji kwasów tłuszczowych [44].

Podsumowanie

Produkty probiotyczne, a w szczególności zawarte w nich odpowiednie szczepy bakteryjne, wykazują wiele korzystnych właściwości zdrowotnych. Podobne stwierdzenie dotyczy prebiotyków. Grupami docelowymi dla tego typu żywności funkcjonalnej mogą być zarówno osoby zdrowe (w ramach profilaktyki), jak i osoby należące do grup ryzyka wyszczególnionych poniżej. Ponieważ liczba bifidobakterii w jelicie spada z wiekiem, korzystnym zdrowotnie rozwiązaniem byłaby zwiększona podaż synbiotyków wśród tej subpopulacji wiekowej [17]. Po tego rodzaju żywność powinny sięgać kobiety karmiące, a w przypadku karmienia sztucznego niemowląt należy stosować mieszanki wzbogacone w odpowiednie prebiotyki i probiotyki, co zapewni rozwój właściwej mikroflory jelita i wspomocze prawidłowy rozwój odporności u dziecka. Kolejną grupą docelową są osoby z obniżoną odpornością bądź niedożywieniem (w tym chorujący na anoreksję). Ciekawą perspektywą wydaje się być także zastosowanie probiotyków i prebiotyków w prewencji i leczeniu chorób układu sercowo-naczyniowego i otyłości, jednak wiąże się to z koniecznością przeprowadzenia większej liczby badań, pozwalającej na wyselekcjonowanie odpowiednich szczepów o udowodnionej skuteczności w badaniach klinicznych. Zaburzenia w składzie mikroflory jelitowej mogą odgrywać istotną rolę w etiopatogenezie wielu chorób, takich jak stany zapalne przewodu pokarmowego, zaburzenia funkcji odpornościowych czy kancerogeneza. Pozytywne efekty spożycia probiotyków i prebiotyków wiążą się z prewencyjnym i/lub terapeutycznym oddziaływaniem w stosunku do tych schorzeń, co udokumentowano licznymi badaniami [17]. Wciąż jednak występuje niedosyt wiedzy o złożoności interakcji między mikroflorą jelitową a organizmem gospodarza, co stanowi barierę uniemożliwiającą wskazanie precyzyjnych zależności łączących zwyczaje żywieniowe, obecność odpowiedniego typu bakterii w jelicie oraz występowanie określonych jednostek chorobowych [44].

Piśmiennictwo

1. Saluk-Juszczak J, Kołodziejczyk J, Babicz K, i wsp. *Żywność funkcjonalna – rola nutraceutyków w profilaktyce chorób układu krążenia*. KOSMOS. Probl Nauk Biol. 2010;59:527-538.
2. Shahidi F. *Functional foods: their role in health promotion and disease prevention*. J Food Sci. 2004;69:146-149.
3. Doyon M, Labrecque J. *Functional foods: a conceptual definition*. Br Food J. 2008;110:1133-1149.
4. Diplock AT, Aggett PJ, Ashwell M, i wsp. *Scientific concepts of functional foods in Europe: consensus document*. Br J Nutr. 1999;81:1-27.
5. Grajeta H. *Żywność funkcjonalna w profilaktyce chorób układu krążenia*. Adv Clin Exp Med. 2004;13:503-510.
6. Arai S. *Recent trends in functional food science and the industry in Japan*. Biosci Biotechnol Biochem. 2002;66:2017-2029.
7. Zaręba D, Ziarno M. *Alternatywne probiotyczne napoje warzywne i owocowe*. Bromat Chem Toksykol. 2011;2:160-168.
8. Kołożyn-Krajewska D, Dolatowski ZJ. *Probiotics in fermented meat products*. ActaSci Pol Technol Aliment. 2009;8:61-74.
9. Schrezenmeir J, de Vrese M. *Probiotics, prebiotics, and synbiotics – approaching a definition*. Am J Clin Nutr. 2001;73 suppl:361-364.
10. *Report of a Joint FAO/WHO Expert consultation on evaluation of health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria*. Cordoba, Argentina, 1-4 October 2001.
11. Douglas LC, Sanders ME. *Probiotics and prebiotics in dietetics practice*. J Am Diet Assoc. 2008;108:510-521.
12. Socha J, Stolarczyk A, Socha P. *Miejsce bifidobakterii w profilaktyce i leczeniu wybranych chorób wieku dziecięcego*. Pediatr Współcz Gastroenterol Hepatol Żywnienie Dziecka. 2002;4:43-47.
13. Gibson GR, Roberfroid MB. *Dietary modulation of the human colonic microbiota. Introducing the concept of prebiotics*. J Nutr. 1995;125:1401-1412.
14. Roberfroid M. *Prebiotics: the concept revisited*. J Nutr. 2007;137: 830-837.
15. Cieślak E, Gębusia A. *Żywność funkcjonalna z dodatkiem owoców*. Żywność Nauka Technologia Jakość. 2011;2:27-37.
16. Kunachowicz H, Kłys W. *Żywność funkcjonalna. Wpływ dodatku probiotyków i prebiotyków na wartość odżywczą żywności*. Gastroenterol Hepatol Żywnienie Dziecka. 2002;4:33-40.
17. Romeo J, Nova E, Wärnberg J, i wsp. *Immunomodulatory effect of fibres, probiotics and synbiotics in different life-stages*. Nutr Hosp. 2010;25:341-349.
18. Szajewska H. *Probiotyki w Polsce – kiedy, jakie i dlaczego?* Gastroenterol Klin. 2010;2:1-9.
19. Bounnik Y, Raskine L, Simoneau G, i wsp. *The capacity of nondigestible carbohydrates to stimulate fecal bifidobacteria in healthy humans: A double-blind, randomized, placebo-controlled, parallel-group, dose-response relation study*. Am J Clin Nutr. 2004;80:1658-1664.
20. de Vrese M, Schrezenmeir J. *Probiotics, prebiotics and synbiotics*. Adv Biochem Engin Biotechnol. 2008;111:1-66.
21. Vrieze A, Holleman F, Zoetendal EG, i wsp. *The environment within: how gut microbiota may influence metabolism and body composition*. Diabetologia;2010: 53:606-613.
22. Szajewska H, Skorka A, Ruszczynski M, i wsp. *Meta-analysis: Lactobacillus GG for treating acute diarrhoea in children*. Aliment Pharmacol Ther. 2007;25:871-881.
23. Huang JS, Bousvaros A, Lee JW, i wsp. *Efficacy of probiotic use in acute diarrhea in children: a metaanalysis*. Dig Dis Sci. 2002;47:2625-2634.
24. Nova E, Wärnberg J, Gomez-Martinez S, i wsp. *Immunomodulatory effects of probiotics in different stages of life*. Br J Nutr. 2007; 98:90-95.
25. Sachdeva A, Nagpal J. *Effect of fermented milk-based probiotic preparations on Helicobacter pylori eradication: A systematic review and meta-analysis of randomized-controlled trials*. Eur J Gastroenterol Hepatol. 2009;21:45-53.
26. Kuan-Yuan W, Shui-Nin L, Chiang-Shin L. *Effects of ingesting Lactobacillus and Bifidobacterium – containing yogurt in subjects with colonized Helicobacter pylori*. Am J Clin Nutr. 2004;80:737– 741.
27. Chenoll E, Casinos B, Bataller E, i wsp. *Novel probiotic bifidobacterium bifidum CECT 7366 strain active against the pathogenic bacterium Helicobacter pylori*. Appl Environ Microbiol. 2011; 77:1335-1343.
28. Gołąb J, Jakóbsiak M, Lasek W, i wsp. *Immunologia*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2007.
29. Solis B, Nova E, Gomez S, i wsp. *The effect of fermented milk on interferon production in malnourished children and in anorexia nervosa patients undergoing nutritional care*. Eur J Clin Nutr. 2002;56:27-33.
30. Nova E, Toro O, Varela P, i wsp. *Effects of a nutritional intervention with yogurt on lymphocyte subsets and cytokine production capacity in anorexia nervosa patients*. Eur J Nutr. 2006;45:225-233.
31. Olivares M. *The consumption of two new probiotic strains, Lactobacillus gasseri CECT 5714 and Lactobacillus coryniformis CECT 5711, boosts the immune system of healthy humans*. Int. Microbiology. 2006; 9:47-52.
32. Olejnik A, Tomczyk J, Kowalska K, i wsp. *Rola naturalnych składników diety w chemiopreencji nowotworów jelita grubego*. Postepy Hig Med. Dosw. 2010;64:175-187.
33. Ohta T, Nakatsugi S, Watanabe K, i wsp. *Inhibitory effects of Bifidobacterium-fermented soy milk on 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo[4,5-b]pyridine-induced rat mammary carcinogenesis, with a partial contribution of its component isoflavones*. Carcinogenesis. 2000;21:937-941.
34. Agerholm-Larsen L, Raben A, Haulrih N, i wsp. *Effect of 8 week intake of probiotic milk products on risk factors for cardiovascular diseases*. Eur J Clin Nutr. 2000;54:288-297.
35. Kiessling G, Schneider J, Jahreis G. *Long-term consumption of fermented dairy products over 6 months increases HDL cholesterol*. Eur J Clin Nutr. 2002;56:843-849.
36. Huang Y, Zheng Y. *The probiotic Lactobacillus acidophilus reduces cholesterol absorption through the down-regulation of Niemann-Pick C1-like 1 in Caco-2 cells*. Br J Nutr. 2010;103:473-478.
37. Delzenne NM, Neyrinck AM, Bäckhed F, i wsp. *Targeting gut microbiota in obesity: effects of prebiotics and probiotics*. Nat Rev Endocrinol. 2011;7:639-646.
38. Jędrzejczak-Krzepkowska M, Bielecki S. *Bifidobakterie i stymulujące ich wzrost fruktany typu inuliny*. Post Bioch. 2011;57:1-9.
39. Sanz Y, Santacruz A, Gauffin P. *Probiotics in the defense and metabolic balance of the organism gut microbiota in obesity and metabolic disorders*. Proc Nutr Soc. 2010;69:434-441.
40. Kalliomaki M, Collado MC, Salminen S, i wsp. *Early differences in fecal microbiota composition in children may predict overweight*. Am J Clin Nutr. 2008;87:534–538.
41. Turnbaugh PJ, Hamady M, Yatsunenko T, i wsp. *A core gut microbiome in obese and lean twins*. Nature. 2009;457:480-484.
42. Ley RE, Turnbaugh PJ, Klein S, i wsp. *Microbial ecology: human gut microbes associated with obesity*. Nature 2006;444:1022-1023.
43. Kadooka Y, Sato M, Imaizumi K, i wsp. *Regulation of abdominal adiposity by probiotics (Lactobacillus gasseri SBT2055) in adults with obese tendencies in a randomized controlled trial*. Eur J Clin Nutr. 2010;64:636-643.
44. Cani P, Delzenne N. *The role of the gut microbiota in energy metabolism and metabolic disease*. Curr Pharm Des. 2009;15:1546-1558.

Praca wpłynęła do Redakcji: 2012-03-08. Zaakceptowano do druku: 2012-06-08.

Konflikt interesów: nie zgłoszono

Adres do korespondencji:

dr n. med. Lucyna Kapka-Skrzypczak
Samodzielna Pracownia Biologii Molekularnej
Instytut Medycyny Wsi im. W. Chodźki
ul. Jaczewskiego 2; 20-090 Lublin
tel. (81) 718 45 84; e-mail: lucynakapka@gmail.com

Copyright of Endokrynologia, Diabetologia i Choroby Przemiany Materii Wieku Rozwojowego / Pediatric Endocrinology, Diabetes & Metabolism is the property of Cornetis SP. Z.O.O. and its content may not be copied or emailed to multiple sites or posted to a listserv without the copyright holder's express written permission. However, users may print, download, or email articles for individual use.