

Wpływ diety wegetariańskiej na skład mikrobioty jelitowej

Role of vegetarian diet on the composition of gut microbiota

KINGA SAAR, ALICJA KUCHARSKA

Zakład Żywienia Człowieka, Warszawski Uniwersytet Medyczny

Związek pomiędzy mikrobiotą jelitową a ludzkim zdrowiem jest coraz bardziej rozpoznawalny, a funkcje jakie pełni ona w organizmie człowieka dobrze poznane. Głównymi bakteriami bytującymi w jelicie grubym człowieka są te, należące do typów Firmicutes, Bacteroidetes, Proteobacteria i Actinobacteria – stanowią 98% mikroorganizmów jelitowych. Dieta jest jednym z głównych czynników determinujących skład mikrobioty jelitowej człowieka, odpowiada aż za 57% zmian w jej strukturze. Według najnowszych doniesień ludzie coraz częściej ograniczają lub całkowicie rezygnują ze spożywania produktów mięsnych. Stosowanie diety wegetariańskiej przyczynia się do powstania profilu mikrobioty jelitowej, wykazującego działanie korzystne na przebieg chorób metabolicznych (otyłość, cukrzyca typu 2), a także wpływającym na zmniejszenie stanu zapalnego. U wegetarian, w porównaniu z osobami na diecie tradycyjnej, dochodzi do zwiększenia ilości bakterii typu Bacteroidetes, szczególnie Prevotella, przy zmniejszeniu liczby bakterii typu Firmicutes. Jednocześnie zwiększeniu ulegają produkujące krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe bakterie z rodzaju Roseburia, Ruminococcus oraz Faecalibacterium. Mikrobiota jelitowa charakterystyczna dla diety wegetariańskiej sprzyja również zmniejszonej produkcji N-tlenku trimetyloaminy, będącej czynnikiem ryzyka tworzenia się blaszek miażdżycowych.

Słowa kluczowe: mikrobiota jelitowa, mikrobiom, dieta wegetariańska

The relationship between the gut microbiota and human health is being increasingly recognised and the functions it performs in the human body are well-known. The main bacteria found in the large intestine are those belonging to the phyla Firmicutes, Bacteroidetes, Proteobacteria and Actinobacteria – they constitute 98% of all intestinal microorganisms. Diet is one of the main factors determining the composition of human gut microbiota, it accounts for as much as 57% of the changes in its structure. According to the latest reports, people are increasingly limiting or completely giving up on eating meat products. Following a vegetarian diet contributes to the formation of a gut microbiota profile, which has beneficial effects on metabolic diseases (obesity, type 2 diabetes), as well as on the reduction of inflammation. In vegetarians, compared to people on a traditional diet, there is an increase in the number of Bacteroidetes phyla, especially genus Prevotella, with a decrease in the number of Firmicutes phyla. At the same time, short-chain fatty acid producing bacteria from the genera Roseburia, Ruminococcus and Faecalibacterium are increasing. Gut microbiota, characteristic of a vegetarian diet, also promotes reduced production of trimethylamine N-oxide, which is a risk factor for the formation of atherosclerotic plaques.

Key words: gut microbiota, microbiome, vegetarian diet

© Hygeia Public Health 2020, 55(1): 1-6

www.h-ph.pl

Nadano: 19.10.2019

Zakwalifikowano do druku: 16.02.2020

Adres do korespondencji / Address for correspondence

Kinga Saar

Zakład Żywienia Człowieka, Warszawski Uniwersytet Medyczny

ul. Erazma Ciołka 27, 01-445 Warszawa

tel. 782 362 651, e-mail: kingasaar@wp.pl

Wprowadzenie

Zgodnie z najnowszą definicją *Human Microbiome Project* określenie mikrobiota jelitowa odnosi się do wszystkich mikroorganizmów kolonizujących jelito człowieka i obejmuje zarówno drobnoustroje komensalne, symbiotyczne, jak i te chorobotwórcze. Pojęcie mikrobioty jelitowej często mylone jest z pojęciem mikrobiomu, które z kolei określa zbiór genomów wszystkich mikroorganizmów kolonizujących organizm człowieka [1]. Liczba drobnoustrojów jelitowych wynosi ok. 10^{12} komórek, głównie bakterii anaerobowych, ale w skład mikrobioty jelitowej wchodzi również archeony, wirusy, pierwotniaki i grzyby [2]. Kompozycja mikrobioty jelitowej jest bardzo zróżnicowana,

zarówno pod względem jakościowym, jak i ilościowym, poszczególnych gatunków mikroorganizmów. Na te różnice mogą mieć wpływ czynniki takie, jak: genotyp, wiek, płeć, położenie geograficzne, obecność choroby, stosowanie leków farmakologicznych, a także dieta, która odpowiada za 57% zmian w jej strukturze (gdzie geny odpowiadają zaledwie za 12% tych zmian) [3, 4]. Zdecydowaną większość mikrobioty jelitowej (98%) stanowią bakterie należące do czterech głównych typów: *Firmicutes* (64%), *Bacteroidetes* (23%), *Proteobacteria* (8%) i *Actinobacteria* (3%) [1].

Według najnowszych doniesień [5] kolonizacja drobnoustrojami rozpoczyna się już w życiu płodowym, a źródłem mikroorganizmów dla płodu są te

pochodzące z mikrobioty jelitowej matki – znajdują się one zarówno we krwi pępowinowej, łożysku, błonach płodowych, jak i w płynie owodniowym. Kolonizacja jelita płodu, a następnie noworodka przez bakterie jest niezwykle ważnym procesem warunkującym jego późniejsze zdrowie. Do najlepiej udokumentowanych determinantów wpływających na późniejszy skład mikrobioty jelitowej dziecka zalicza się – wiek ciąży, rodzaj porodu oraz sposób karmienia niemowlęcia. Najbardziej prawidłowym i pożądanym składem mikrobioty jelitowej charakteryzują się dzieci donoszone, urodzone fizjologicznie i karmione piersią. Uważa się, że do stabilizacji mikrobioty jelitowej dochodzi w 2. r.ż., natomiast w wieku 5-7 lat mikrobiota dziecka przypomina już składem mikrobiotę jelitową dorosłego człowieka [6].

Wraz z rosnącym zainteresowaniem i zwiększeniem się liczby badań nad ludzką mikrobiotą, bezspornie stwierdzono, że większość mikroorganizmów kolonizujących ludzkie jelita jest nieszkodliwa oraz zapewnia korzyści gospodarzowi. Wykazano również wpływ mikrobioty jelitowej na występowanie i przebieg takich chorób, jak: cukrzyca, zespół metaboliczny, choroby zapalne jelit, depresja, alergia czy nowotwory [7]. Bogactwo funkcji, jakie pełni ludzka mikrobiota czynią ją jednym z ważniejszych układów ludzkiego organizmu [6]. Do znaczących zadań mikrobioty zaliczyć możemy: ochronę przed kolonizacją przez drobnoustroje patogenne (funkcja troficzna), koordynowanie i aktywacja układu immunologicznego (funkcja immunologiczna) oraz udział w procesach metabolicznych (funkcja metaboliczna) [8].

Dwie pierwsze funkcje są ze sobą mocno powiązane, a ich zadaniem jest zapewnienie ciągłości nabłonka jelitowego i jego ochrona przed drobnoustrojami chorobotwórczymi. Za mechanizm ten odpowiedzialna jest bariera fizyczna, czyli obecność komórek nabłonkowych i błony śluzowej w jelicie oraz ochrona immunologiczna, czyli układ limfatyczny przewodu pokarmowego, tzw. GALT (*Gut Associated Lymphoid Tissue*) [9]. Wiadomym jest, że do prawidłowej pracy układu odpornościowego znacząco przyczynia się sposób odżywiania [10], co tłumaczone może być właśnie m.in. poprzez wpływ diety na kompozycję i prawidłowe funkcjonowanie mikrobioty jelitowej [11]. Mikroorganizmy wpływają na budowę nabłonka jelitowego, wzmacniają jego integralność i występujące w nim połączenia zamykające (tzw. *tight junctions*) i przylegające (tzw. *adherens junctions*) oraz stymulują proliferację enterocytów, tym samym przyczyniając się do wzmacniania bariery jelitowej i utrudniając przenikanie patogenów. Mikrobiota jelitowa stymuluje także komórki nabłonkowe jelita do wytwarzania mucyny – lepkiego sacharydu, który pokrywa nabłonek jelita i chroni go przed kontaktem z toksynami i patogenami,

a także poprzez konkurencję o receptory nabłonkowe i składniki pokarmowe, zapobiega namnażaniu się i kolonizacji drobnoustrojów patogennych [9, 12]. Również na układ GALT w dużej mierze wpływają bytujące w jelicie drobnoustroje. W eksperymencie przeprowadzonym na pozbawionych flory bakteryjnej myszach wykazano, że w układzie limfatycznym przewodu pokarmowego tych zwierząt występowały mniejsze kępkę Peyera, zmniejszona była liczba komórek produkujących IgA, zaburzony został także rozwój śledziony i węzłów chłonnych, a co się z tym wiązało – powstały gorzej wykształcone strefy komórek B i T oraz brak tolerancji dla antygenów podawanych drogą pokarmową [9].

Ostatnią wymienioną, jednak nie mniej ważną rolę, jaką drobnoustroje pełnią w ludzkim organizmie jest funkcja metaboliczna. Polega ona na rozkładzie samodzielnie niestrawionych resztek pokarmowych drogą fermentacji oraz wytwarzaniu niezbędnych dla człowieka witamin z grupy B (B_1 , B_2 , B_3 , B_6 i B_{12}) oraz witaminy K [6, 8]. Podczas rozkładu resztek węglowodanów w jelicie grubym na drodze fermentacji dochodzi do powstawania krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych (*short chains fatty acids* – SCFA). Kwasy te mogą również powstawać z fermentacji białek i aminokwasów, jednak ich ilość jest niewielka i stanowi ok. 5% wszystkich kwasów wytwarzanych w jelicie grubym [13]. Uważa się, że spośród wytworzonych w okrężnicy SCFA aż 95% jest absorbowana przez enterocyty i dziennie może dostarczyć nawet 10% energii [14, 15]. Drobnoustroje mikrobioty jelitowej wspomagają również trawienie laktozy. Bakterie z rodzaju *Lactobacillus* czy rodziny *Enterobacteriaceae* wytwarzają enzym zwany laktazą, zwiększając w ten sposób jego ilość produkowaną na rąbku szczoteczkowym jelita cienkiego. Mikrobiota pobudza także absorpcję składników mineralnych i elektrolitów takich, jak: sód, wapń, magnez, potas czy żelazo [6, 8]. Jej istotną funkcją jest również wpływ na recyrkulację kwasów żółciowych poprzez wytwarzanie ich hydrolaz. Dzięki temu drobnoustroje mają dodatkowo wpływ na metabolizm tłuszczów w wątrobie oraz pośrednio na metabolizm cholesterolu i kwasów tłuszczowych [1, 8].

Dieta wegetariańska a mikrobiota

Dieta wegetariańska w ostatnich latach staje się coraz bardziej popularnym wyborem żywieniowym wśród polskiej społeczności. Według najnowszych danych przytoczonych w raporcie „RoślinnieJemy” [16] w maju 2019 r. 6,6% Polaków deklarowało bycie na diecie wegetariańskiej lub wegańskiej (1,8%), a 3,8% ograniczało spożywanie produktów mięsnych i ryb. Do grupy tej należą głównie młodzi ludzie – ponad połowa wegetarian i wegan w Polsce to osoby poniżej 35 r.ż.,

co spójne jest także z wynikami badań przeprowadzonych przez firmę badawczą Mintel w 2017 r., a także sondażem Fundacji Instytutu Badań Rynkowych i Społecznych (IBRIS) z 2018 r. [17], gdzie próbę ograniczenia spożycia mięsa deklarowało 57,8% Polaków. Porównując te dane z wynikami analizy przeprowadzonej przez Centrum Badania Opinii Społecznej (CBOS) w 2014 r. [18], gdzie zaledwie 1% populacji polskiej deklarował wybór diety wegetariańskiej, jako swój sposób żywienia, wskazuje to na znaczny wzrost zainteresowania dietami roślinnymi.

Wśród powodów stosowania diet wegetariańskich przez ludzi wymienia się względy zdrowotne, etyczne, ekonomiczne, ekologiczne oraz religijne [19]. Z punktu widzenia zdrowia udowodnione zostało, że dieta wegetariańska, skuteczniej niż inne diety, przyczynia się do utrzymania niższej masy ciała i obniża ryzyko nadwagi i otyłości. Stosowanie tej diety wiąże się również z obniżeniem ciśnienia tętniczego krwi, poprawą profilu lipidowego (obniżenie cholesterolu frakcji LDL) oraz zmniejszeniem częstości występowania miażdżycy tętnic, zespołu metabolicznego i niebezpiecznych incydentów chorób sercowo-naczyniowych i mózgowo-naczyniowych. Dodatkowo, dieta ta przyczynia się do zwiększenia wrażliwości na insulinę, co wiąże się ze zmniejszonym ryzykiem wystąpienia cukrzycy oraz niektórych nowotworów [19, 20]. Diety wegetariańskie charakteryzują się dostarczaniem mniejszej ilości tłuszczów nasyconych i cholesterolu, a wyższej błonnika pokarmowego, potasu, magnezu, witamin C i E, kwasu foliowego, karotenoidów, flawonoidów i innych fitozwiązków, co może wyjaśniać niektóre ww. zalety zdrowotne stosowania zbilansowanych diet wegetariańskich [21]. Jednak istnieją również pewne zagrożenia związane ze stosowaniem niezbilansowanej diety wegetariańskiej – zbyt niska podaż białka (w tym białka o niskiej wartości biologicznej i zawartości aminokwasów egzogennych), witaminy D i B₁₂, cynku, żelaza oraz kwasów omega-3 [21, 22]. Niemniej jednak, według stanowiska Amerykańskiego Stowarzyszenia Dietetycznego (*American Dietetic Association* – ADA) [21], odpowiednio zaplanowane diety wegetariańskie, w tym diety ściśle wegetariańskie, czyli wegańskie, spełniają zapotrzebowanie żywieniowe oraz mogą zapewnić korzyści zdrowotne przy zapobieganiu i leczeniu niektórych chorób. Odpowiednio zaplanowane diety wegetariańskie są odpowiednie dla osób na wszystkich etapach życia: niemowlęctwa, dzieciństwa, dojrzewania, okresu ciąży i laktacji, a także dla sportowców.

Zwiększająca się popularność opisanego alternatywnego sposobu żywienia zwróciła uwagę naukowców na efekty stosowania tej diety na strukturę mikrobioty jelitowej. Analiza licznych badań wskazuje na występowanie różnic w składzie mikrobioty jelitowej

u ludzi stosujących dietę tradycyjną (nie wykluczającą produktów pochodzenia zwierzęcego) i dietę wegetariańską oraz wegańską. Jedną z najważniejszych różnic jest wzrost ilości bakterii typu *Bacteroidetes* i zmniejszenie ilości bakterii typu *Firmicutes* wśród ludzi stosujących diety wegetariańskie [23, 24]. Za wzrost bakterii typu *Bacteroidetes* odpowiedzialne są głównie bakterie z rodzaju *Prevotella* – wśród ludzi stosujących diety roślinne zauważalny jest charakterystyczny wzrost w proporcji bakterii rodzaju *Prevotella* kosztem bakterii *Bacteroides*. Mikrobiota jelitowa bogata w bakterie z rodzaju *Prevotella* specyficzna jest dla diet bogatych w błonnik pokarmowy, natomiast ta, w której dominują bakterie *Bacteroides*, kojarzona jest z dietą bogatą w białko i tłuszcz zwierzęcy [25, 26]. W badaniu de Moraes i wsp. [27] potwierdzone zostało, że taki profil bakterii (zwiększona proporcja *Prevotella* do *Bacteroides*) powiązany jest z niższym stężeniem cholesterolu frakcji LDL w surowicy osób stosujących diety wegetariańskie, co przekłada się na zmniejszone ryzyko występowania chorób sercowo-naczyniowych.

Stwierdzono także, że wśród zmniejszonej ilości bakterii typu *Firmicutes*, u wegetarian dominują korzystne bakterie z rodzaju *Roseburia* (szczególnie *Roseburia inulinivorans*) i *Ruminococcus* (szczególnie *Ruminococcus lactaris*), zaangażowane w fermentację roślinnych polisacharydów i produkcję krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych [28, 29]. Bakterią o takim samym działaniu jest gatunek *Faecalibacterium prausnitzii* – wykazano, że stosowanie diety wegetariańskiej przyczynia się do zwiększenia ilości tej bakterii w świetle okrężnicy, przeciwnie do diety wegańskiej, co tłumaczone jest wykluczeniem z diety wegan jaj i nabiału, będących substratem dla tego gatunku bakterii [25, 30]. Wysoka ilość *Faecalibacterium prausnitzii* w okrężnicy ludzi stosujących dietę wegetariańską może mieć korzystny wpływ na zdrowie ze względu na udowodnione przeciwzapalne działanie tego gatunku bakterii [30]. Bakteria ta, a także bakterie z rodzaju *Roseburia* i *Ruminococcus*, są jednymi z głównych producentów kwasu masłowego, będącego głównym źródłem energii dla kolonocytów, a także mającym wpływ na hamowanie rozwoju komórek nowotworowych i wpływającym na zmniejszone ryzyko zachorowania na wrzodziejące zapalenie jelita grubego [13, 15, 30]. Kwas masłowy wpływa również na zwiększenie proliferacji i funkcjonowania limfocytów Treg, a także hamuje cytokiny prozapalne, co może przekładać się na zmniejszone ryzyko występowania alergii [9, 29]. Dodatkowe działanie przeciwzapalne wykazuje poprzez hamowanie jądrowego czynnika κB w komórkach okrężnicy i zwiększenie ciągłości bariery jelitowej, ograniczając tym samym translokację lipopolisacharydu (znanego czynnika prozapalnego). Takie działanie przekłada się na niższe wartości markerów

stanu zapalnego, tj. CRP i stosunku TNF- α /IL-10 u osób stosujących dietę wegetariańską, co potwierdza przeciwzapalne działanie diet roślinnych w porównaniu do diet tradycyjnych [25]. Przeciwwzpalne działanie tego sposobu żywienia popierają również badania Kim i wsp. [24] oraz Zimmer i wsp. [31], którzy zaobserwowali zmniejszoną ilość bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae* (zaangażowanej w wywoływanie stanu zapalnego) u osób stosujących dietę wegetariańską. Ponadto, stosowanie diety wegetariańskiej przyczynia się do zmniejszenia ilości bakterii gatunku *Proteus mirabilis* kojarzonej z występowaniem nieswoistych chorób zapalnych jelit [29].

Dodatkowo, w analizie przeprowadzonej przez Franco-de-Moraes i wsp. [25] potwierdzono, wskazaną już wcześniej, wysoką zawartość bakterii z rodzaju *Roseburia* i *Faecalibacterium* wśród grupy badanej stosującej dietę wegetariańską, co związane było z niższą zawartością tkanki tłuszczowej, lepszym profilem lipidowym oraz wskaźnikiem oporności na insulinę. Potwierdziło to badanie Remely i wsp. [32] którzy odkryli, że ochronne bakterie z gatunku *Faecalibacterium prausnitzii* w najmniejszej ilości występowały w świetle okrężnicy pacjentów z cukrzycą typu 2, podobnie jak zwiększona proporcja bakterii typu *Firmicutes/Bacteroidetes* (odwrotna do tej charakterystycznej dla diety wegetariańskiej), co potwierdza korzystny wpływ diet roślinnych na przebieg cukrzycy typu 2. Taki profil bakterii (zwiększona proporcja *Firmicutes/Bacteroidetes*) charakterystyczny jest również dla ludzi otyłych, co wykazał Verdam i wsp. [33] w swoim badaniu, dodatkowo podkreślając także zwiększoną ilość bakterii prozapalnych typu *Proteobacteria* oraz zwiększony wskaźnik białka CRP, co zgodne jest z wcześniej przytoczonymi badaniami [24, 25, 31] i sugeruje prozapalne działanie mikrobioty typowej dla otyłości.

Ponadto, udowodnione zostało także, że mikrobiota jelitowa charakterystyczna dla diety wegetariańskiej, przyczynia się do zmniejszenia ryzyka innych chorób metabolicznych, m.in. poprzez wpływ na produkcję N-tlenku trimetyloaminy (TMAO) z przyjmowanej z dietą L-karnityny (czerwone mięso) i choliny (nabiał, jaja). TMAO jest silnie zaangażowana w tworzenie blaszek miażdżycowych, a także wpływa na metabolizm cholesterolu i kwasów żółciowych, co powiązane jest ze zwiększonym ryzykiem chorób sercowo-naczyniowych [34-36]. Jednak wykazano, że wegetarianie i weganie, ze względu na odmienną mikrobiotę jelitową, odpowiedzialną za produkcję N-tlenku trimetyloaminy z substratów dostarczanych z dietą, wytwarzają mniej TMAO – Cho i wsp. [37] stwierdzili zwiększoną proporcję bakterii typu *Bacteroidetes* do *Firmicutes*, charakterystyczną dla diet roślinnych, wśród przebadanej grupy mężczyzn ze

zmniejszonym stężeniem TMAO, co potwierdził także Wu i wsp. [38] w swoim badaniu.

Kolejną istotną różnicą w składzie mikrobioty jelitowej wegetarian/wegan i ludzi stosujących dietę tradycyjną jest zmniejszenie ilości probiotycznych bakterii *Bifidobacterium* w świetle okrężnicy tej pierwszej grupy. Efekt ten jest także zdecydowanie bardziej zauważalny u osób na diecie wegańskiej [31, 39]. Bakterie *Bifidobacterium* wykazują działanie probiotyczne m.in. poprzez wpływ na układ immunologiczny – pobudzają limfocyty T, zwiększają udział receptorów biorących udział w procesie fagocytozy oraz oddziałują na stres oksydacyjny i syntezę sIgA oraz IgG [40]. Spadek ten wytłumaczyć można zwiększoną ilością innych bakterii ochronnych takich, jak np. *Prevotella* – zmniejsza ona wzrost innych bakterii poprzez konkurencję o błonnik pokarmowy jako substrat energetyczny [41]. W innym badaniu [29] natomiast stwierdzono zwiększoną ilość probiotycznych bakterii *Lactobacillus plantarum* i *Streptococcus thermophilus* w jelicie grubym osób stosujących dietę roślinną, co sugeruje jednak, że dieta wegetariańska może potencjalnie korzystnie wpływać na poprawę stanu jelit.

Podsumowanie

Ostatnie kilkadziesiąt lat było okresem przełomowym pod względem odkryć między mikrobiotą jelitową i jej wpływem na zdrowie człowieka – liczne badania potwierdzają jej rolę w rozwoju i przebiegu chorób metabolicznych i cywilizacyjnych. Mikroorganizmy jelitowe odgrywają kluczową rolę w ochronie organizmu przed inwazją patogenów, a także w kształtowaniu i modulacji układu immunologicznego oraz trawieniu niedostępnych dla człowieka związków. Największy wpływ na skład mikrobioty jelitowej przypisuje się diecie – odpowiada ona za 57% zmian w strukturze mikroorganizmów jelitowych.

Przegląd piśmiennictwa wskazuje na istotne różnice w strukturze mikrobioty jelitowej wynikające z wybranego sposobu żywienia. Wykazano, że osoby stosujące dietę wegetariańską w porównaniu z osobami na diecie tradycyjnej, charakteryzowały się profilem mikrobioty z przewagą bakterii typu *Bacteroidetes* do *Firmicutes*, a taka struktura drobnoustrojów istotnie wpływa na profilaktykę chorób cywilizacyjnych (otyłość, cukrzyca typu 2). Ten profil bakteryjny wpływa także na zmniejszenie powstawania za sprawą bakterii jelitowych TMAO, będącej czynnikiem ryzyka wystąpienia chorób sercowo-naczyniowych, a działanie to dodatkowo wzmocnione jest przez zwiększoną ilość ochronnych bakterii *Prevotella*, wpływających na obniżenie cholesterolu frakcji LDL w surowicy.

Potwierdzone zostało także przeciwzapalne działanie diety wegetariańskiej – wśród zmniejszonej ilości bakterii *Firmicutes* u wegetarian dominowały

korzystne bakterie z rodzaju *Roseburia*, *Ruminococcus* oraz gatunek *Faecalibacterium prausnitzii*, produkujące SCFA o właściwościach przeciwzapalnych, podobnie jak w zmniejszonej ilości występowały w składzie mikrobioty bakterie prozapalne z typu *Proteobacteria* i rodziny *Enterobacteriaceae*. Wśród ludzi stosujących diety roślinne w składzie mikrobioty jelitowej występowała zmniejszona ilość probiotycznych bakterii *Bifidobacterium*, jednak przy zwiększonej liczbie

innych bakterii o tym samym działaniu – *Prevotella*, *Lactobacillus plantarum* i *Streptococcus thermophilus*.

Źródło finansowania: Praca nie jest finansowana z żadnego źródła.

Konflikt interesów: Autorzy deklarują brak konfliktu interesów.

Piśmiennictwo / References

1. Olszewska J, Jagusztyn-Krynicka EK. Human Microbiome Project – mikroflora jelit oraz jej wpływ na fizjologię i zdrowie człowieka. *Post Mikrobiol* 2012, 51(4): 243-256.
2. Jandhyala SM, Talukdar R, Subramanyam C, et al. Role of the normal gut microbiota. *World J Gastroenterol* 2015, 21(29): 8787-8803.
3. Brown K, DeCoffe D, Molcan E, Gibson DL. Diet-induced dysbiosis of the intestinal microbiota and the effects on immunity and disease. *Nutrients* 2012, 4(8): 1095-1119.
4. Stachowicz N, Kiersztan A. Rola mikroflory jelitowej w patogenezie otyłości i cukrzycy. *Post Hig Med Dosw* 2013, 67: 288-303.
5. Bartnicka A, Gałęcka M, Mazela J. Wpływ czynników prenatalnych i postnatalnych na mikrobiotę jelitową noworodków. *Stand Med Pediatr* 2016, 13: 165-172.
6. Gałęcka M, Bartnicka A, Szewc M, Mazela J. Kształtowanie się mikrobioty jelitowej u niemowląt warunkiem zachowania zdrowia. *Stand Med Pediatr* 2016, 13: 359-367.
7. Wang B, Yao M, Lv L, et al. The Human Microbiota in Health and Disease. *Engineering* 2017, 3(1): 71-82.
8. Mroczyńska M, Libudzisz Z, Gałęcka M, Szachta P. Mikroorganizmy jelitowe człowieka i ich aktywność metaboliczna. – *Prz Gastroenterol* 2011, 6(4): 218-224.
9. Gregorczyk-Maślanka K, Kurzawa R. Mikrobiota organizmu ludzkiego i jej wpływ na homeostazę immunologiczną – część I. *Alergia Astma Immunol* 2016, 21(3): 146-150.
10. Dymarska E, Grochowalska A, Jaskuła-Błaszak M i wsp. Wpływ sposobu odżywiania na układ odpornościowy w różnych grupach wiekowych. *Probl Hig Epidemiol* 2017, 98(1): 63-72.
11. Kau AL, Ahern PP, Griffin NW, et al. Human nutrition, the gut microbiome and the immune system. *Nature* 2011, 474(7351): 327-336.
12. Lasek W, Nowis D. Odporność w błonach śluzowych i skórze. [w:] *Immunologia*. Gołąb J, Jakóbskiak M, Lasek W, Stokłosa T (red). PWN, Warszawa 2017: 250-271.
13. Kuczyńska B, Wasilewska A, Biczysko M i wsp. Krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe – mechanizmy działania, potencjalne zastosowania kliniczne oraz zalecenia dietetyczne. *Now Lek* 2011, 80(4): 299-304.
14. Nie Y, Lou F, Lin Q. Dietary nutrition and gut microflora: a promising target for treating diseases. *Trends Food Sci Technol* 2018, 75: 72-80.
15. Czajkowska A, Szponar B. Krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe (SCFA) jako produkty metabolizmu bakterii jelitowych oraz ich znaczenie dla organizmu gospodarza. *Post Hig Med Dosw* 2018, 72: 131-142.
16. Sosin S, Motylińska M, Otrębski M. Podsumowanie badań opinii publicznej odnośnie postaw konsumenckich Polaków wobec produktów i dań roślinnych. https://static.roslinniejemy.org/2019/12/Postawy_wobec_prod_ros%CC%81linnych_RoslinnieJemy.pdf (26.01.2020).
17. Otrębski M. IBRIS: Prawie 60% Polaków deklaruje ograniczenie spożycia mięsa. <https://roslinniejemy.org/blog/ibris-prawie-60-polakow-deklaruje-ograniczenie-spozycia-miesa> (26.01.2020).
18. Feliksiak M. Zachowania żywieniowe Polaków – komunikat z badań. CBOS, Warszawa 2014.
19. Pilis W, Stec K, Zych M, Pilis A. Health benefits and risk associated with adopting a vegetarian diet. *Rocz PZH* 2014, 65(1): 9-14.
20. Gili RV, Leeson S, Montes-Chañi EM, et al. Healthy vegan lifestyle habits among Argentinian vegetarians and non-vegetarians. *Nutrients* 2019, 11(1): 154.
21. Craig WJ, Mangels AR, American Dietetic Association. Position of the American Dietetic Association: vegetarian diets. *J Am Diet Assoc* 2009, 109(7): 1266-1282.
22. Reguła J. Charakterystyka i ocena wybranych diet alternatywnych. *Forum Zab Metab* 2013, 4(3): 115-121.
23. Losasso C, Eckert EM, Mastroiilli E, et al. Assessing the influence of vegan, vegetarian and omnivore oriented westernized dietary styles on human gut microbiota: a cross sectional study. *Front Microbiol* 2018, 9: 317.
24. Kim MS, Hwang SS, Park EJ, Bae JW. Strict vegetarian diet improves the risk factors associated with metabolic diseases by modulating gut microbiota and reducing intestinal inflammation. *Environ Microbiol Rep* 2013, 5(5): 765-775.
25. Franco-de-Moraes AC, de Almeida-Pititto B, da Rocha Fernandes G, et al. Worse inflammatory profile in omnivores than in vegetarians associates with the gut microbiota composition. *Diabetol Metab Syndr* 2017, 9: 62.
26. Ruengsomwon S, La-Ongkham O, Jiang J, et al. Microbial community of healthy Thai vegetarians and non-vegetarians, their core gut microbiota, and pathogen risk. *J Microbiol Biotechnol* 2016, 26(10): 1723-1735.
27. de Moraes ACF, Fernandes GR, da Silva IT, et al. Enterotype may drive the dietary-associated cardiometabolic risk factors. *Front Cell Infect Microbiol* 2017, 7: 47.
28. Barrett HL, Gomez-Arango LF, Wilkinson SA, et al. A vegetarian diet is a major determinant of gut microbiota composition in early pregnancy. *Nutrients* 2018, 10(7): 890.
29. Zhang C, Björkman A, Cai K, et al. Impact of a 3-months vegetarian diet on the gut microbiota and immune repertoire. *Front Immunol* 2018, 9: 908.

30. Matijašić BB, Obermajer T, Lipoglavšek L, et al. Association of dietary type with fecal microbiota in vegetarians and omnivores in Slovenia. *Eur J Nutr* 2014, 53(4): 1051-1064.
31. Zimmer J, Lange B, Frick JS, et al. A vegan or vegetarian diet substantially alters the human colonic faecal microbiota. *Eur J Clin Nutr* 2012, 66(1): 53-60.
32. Remely M, Aumueller E, Jahn D, et al. Microbiota and epigenetic regulation of inflammatory mediators in type 2 diabetes and obesity. *Benef Microbes* 2014, 5(1): 33-43.
33. Verdám FJ, Fuentes S, de Jonge C, et al. Human intestinal microbiota composition is associated with local and systemic inflammation in obesity. *Obesity (Silver Spring)* 2013, 21(12): E607-E615.
34. Koeth RA, Wang Z, Levison BS, et al. Intestinal microbiota metabolism of L-carnitine, a nutrient in red meat, promotes atherosclerosis. *Nat Med* 2013, 19(5): 576-585.
35. Glick-Bauer M, Yeh MC. The health advantage of a vegan diet: exploring the gut microbiota connection. *Nutrients* 2014, 6(11): 4822-4838.
36. Canyelles M, Tondo M, Cedó L, et al. Trimethylamine N-Oxide: a link among diet, gut microbiota, gene regulation of liver and intestine cholesterol homeostasis and HDL function. *Int J Mol Sci* 2018, 19(10): 3228.
37. Cho CE, Taesuwan S, Malysheva OV, et al. Trimethylamine-N-oxide (TMAO) response to animal source foods varies among healthy young men and is influenced by their gut microbiota composition: a randomized controlled trial. *Mol Nutr Food Res* 2017, 61(1): 10.1002/mnfr.201600324.
38. Wu WK, Chen CC, Liu PY, et al. Identification of TMAO-producer phenotype and host-diet-gut dysbiosis by carnitine challenge test in human and germ-free mice. *Gut* 2019, 68(8): 1439-1449.
39. Ferrocino I, Di Cagno R, De Angelis M, et al. Fecal microbiota in healthy subjects following omnivore, vegetarian and vegan diets: culturable populations and rRNA DGGE profiling. *PLoS One* 2015, 10(6): e0128669.
40. Dymarska E, Grochowalska A, Krauss H, Chęcińska-Maciejewska Z. Naturalne modyfikatory odpowiedzi immunologicznej. *Probl Hig Epidemiol* 2016, 97(4): 297-307.
41. Tomova A, Bukovsky I, Rembert E, et al. The effects of vegetarian and vegan diets on gut microbiota. *Front Nutr* 2019, 6: 47.