

Wpływ suplementacji spiruliny na wybrane parametry antropometryczne i biochemiczne

Effect of spirulina supplementation on selected anthropometric and biochemical parameters

STRESZCZENIE

Spirulina to zielono-niebieska, mikroskopijnej wielkości alga, zawierająca 65–70% czystego białka, kwas γ -linolenowy, dużą ilość witamin z grupy B. Jest źródłem wysoce biodostępnego żelaza oraz innych składników mineralnych. Wyniki badań wskazują jej wpływ na gospodarkę lipidową oraz węglowodanową organizmu — spirulina może obniżyć stężenie cholesterolu całkowitego, cholesterolu frakcji LDL oraz triglicerydów oraz podwyższać stężenie cholesterolu frakcji HDL, może także mieć wpływ na obniżanie się stężenia glukozy we krwi. Ponadto zauważa się jej znaczenie w obniżaniu ciśnienia tętniczego, co jest zaletą u pacjentów, u których występuje nadciśnienie tętnicze. W badaniach wykazano wpływ spiruliny na status antyoksydacyjny oraz na poprawę wydolności organizmu.

(*Forum Zaburzeń Metabolicznych* 2013, tom 4, nr 4, 199–209)

Słowa kluczowe: spirulina, suplement diety, ciśnienie tętnicze

ABSTRACT

Spirulina is a green-blue, microscopic algae, containing 65 to 70% pure protein, γ -linolenic acid, a large amount of B vitamins, as well as a source of highly bioavailable iron and other minerals. Studies indicate its impact on lipid and carbohydrate metabolism of the body — Spirulina can lower total cholesterol, LDL cholesterol and triglycerides, as well as increase HDL cholesterol, it may also have an impact on lowering the concentration of glucose in the blood. It is also noted its importance in reducing blood pressure, which is an advantage in patients who have hypertension. Studies have shown the effect of spirulina on the antioxidant status and to improve the efficiency of the organism.

(*Forum Zaburzeń Metabolicznych* 2013, vol. 4, no. 4, 199–209)

Key words: spirulina, supplement of diet, blood pressure

Ewelina Gumiela,
Monika Szulińska,
Paweł Bogdański

Katedra i Klinika Chorób Wewnętrznych,
Zaburzeń Metabolicznych i Nadciśnienia
Tętniczego Uniwersytetu Medycznego
im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

Adres do korespondencji:

dr n. med. Monika Szulińska
Klinika i Katedra Chorób Wewnętrznych,
Zaburzeń Metabolicznych
i Nadciśnienia Tętniczego UM
im. K. Marcinkowskiego
ul. Szamarzewskiego 84, 60–569 Poznań
e-mail: mszulinska1@wp.pl

WSTĘP

Potoczne określenie „spirulina” pochodzi od dawnej nazwy rodzaju sinic, z których uzyskiwana jest biomasa lub wyciąg z biomasy. Pierwszy suplement diety wyprodukowany z biomasy *Arthrospira* został wprowadzony na rynek amerykański w 1979 roku. Obecnie wykorzystuje się najczęściej gatunki *Arthrospira platensis* i *Arthrospira maxima* [1].

Gatunek *Arthrospira* to gram ujemne, nietoksyczne, fotosyntetyzujące cyjanobakterie o strukturze wielokomórkowej, nitkowatej i charakterystycznym niebiesko-zielonym kolorze [2]. Pojedynczy organizm składa się z kilkumilimetrowych trychomów o kształcie helisy, zbudowanych z cylindrycznych komórek o średnicy około 1–12 μm . Bakterie te posiadają wysoką tolerancję na warunki środowiska, izolowano je na przykład z gleby, bagien, wód słodkich, gorących źródeł czy wód morskich. Najczęściej jednak występują w alkalicznym środowisku wodnym o cieplej temperaturze, głównie w regionach Afryki, Azji oraz południowej i centralnej Ameryki [1].

Skład chemiczny spiruliny jest bardzo bogaty, stąd przekonanie o jej niezwykłych wartościach odżywczych i leczniczych (tab. 1). Około 60–70% suchej masy stanowią białka, co ciekawe w swoim składzie zawierają one niezbędne aminokwasy egzogenne, tj. leucynę, izoleucynę, walinę, lizynę, metioninę, treoninę, tryptofan i fenyloalaninę. Ich zawartość stanowi około 47% wszyst-

kich aminokwasów w spirulinie [3]. Jest to więc źródło białka pełnowartościowego, czyli takiego, które zawiera wszystkie niezbędne aminokwasy w takich proporcjach, że możliwe jest zachowanie równowagi azotowej u osób dorosłych. Strawność białek wynosi 83–90% ze względu na brak celulozy w ścianie komórkowej *Cyanobacterium* [4]. Około 5–8% suchej masy stanowią tłuszcze, z czego 40% to glikolipidy [5]. Kwasem tłuszczowym, który występuje w spirulinie w niezwykle dużych ilościach, jest jeden z najważniejszych niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych — kwas γ -linolenowy. Obecne są także inne kwasy tłuszczowe, takie jak kwas eikozapentaenowy, dokozaheksaenowy czy arachidonowy [6]. W składzie spiruliny można wyróżnić wiele rodzajów węglowodanów, a niektóre z nich są odpowiedzialne za stymulację układu odpornościowego i wspomaganie naprawy DNA. Polisacharydami przyswajalnymi przez człowieka, a zarazem do których wchłonięcia wymagany jest niewielki udział insuliny, są glukozamina, glikogen i ramnoza. Ten rodzaj węglowodanów nie wywołuje zatem stanu hipoglikemii [7].

Dodatkowo spirulina jest uważana za dobre źródło wielu witamin i składników mineralnych. Wśród nich należy wymienić witaminy z grupy B, a także β -karoten. Składnikami mineralnymi, na które warto zwrócić uwagę w składzie cyjanobakterii, są natomiast żelazo i wapń oraz cynk, magnez, potas, sód, selen i molibden. W porównaniu z wa-

Tabela 1

Procentowa zawartość wybranych związków w suchej masie spiruliny [1]

Substancja	Zawartość (% suchej masy)
Białka	50–71
Tłuszcze	1,5–12
Kwas γ -linolenowy	10–30% tłuszczów
Węglowodany	15–25
Błonnik	8–10
Kwasy nukleinowe	< 5

rzywami, zawartość tych pierwiastków jest wielokrotnie wyższa, co decyduje o wysokich wartościach odżywczych i zdrowotnych spiruliny [8–10]. Przynajmniej żelaza ze spiruliny, prawdopodobnie dzięki wejściu w kompleks z fikocyjaniną, jest ponad dwukrotnie większa niż z większości mięs, a także z powszechnie stosowanych preparatów jak na przykład siarczyn żelaza [1].

Barwnikami obecnymi w spirulinie są: chlorofil (pobudzający perystaltykę, łagodzący stany zapalne, regulujący wydzielanie kwasów żółciowych i wspomagający przenoszenie impulsów nerwowych w mięśniu sercowym), karotenoidy (β -karoten, kryptoksantina, czyli substancje będące u ludzi prekursorami witaminy A), a także fikocyjaniny [1].

Badania nad właściwościami odżywczymi oraz możliwym zastosowaniem w medycynie *Cyanobacterium* zaczęły się intensywnie rozwijać od lat 70. XX wieku. Ogrom dostępnych powszechnie informacji na temat spiruliny ma jednak charakter popularno-naukowy, wciąż niewiele jest publikacji naukowych [5].

Wiedza o zawartości składników odżywczych takich jak białko, witaminy i składniki mineralne w *Arthrospira* przed długi czas powodowała, że badania koncentrowały się jedynie na jej wpływie na stan odżywienia. Wraz z odkrywaniem składników aktywnych występujących w spirulinie zaczęto poszukiwać możliwych działań terapeutycznych [5]. Przeprowadzone różne badania wskazują na jej możliwe korzystne oddziaływanie na takie cechy jak stężenie lipidów w surowicy krwi (szczególnie u osób z dyslipidemią), stężenie glukozy na czczo (głównie u diabetyków). Wpływ na te parametry jest dotychczas najlepiej udowodniony. Dodatkowo może mieć ona działanie immunomodulacyjne i przeciwzapalne. Wpływ na parametry antropometryczne natomiast jest wciąż słabo zbadany, niemniej jednak doświadczenia, w których obserwowano działanie

na masę ciała czy ciśnienie tętnicze dawały obiecujące wyniki w postaci małych, ale znaczących redukcji [11].

SPIRULINA A NADCIŚNIENIE TĘTNICZE

Badanie przeprowadzone w grupie 36 osób pochodzenia meksykańskiego miało na celu wykazanie działania spiruliny na stężenie lipidów, glukozy, aminotransferaz we krwi oraz zaobserwowanie wpływu na skurczowe i rozkurczowe ciśnienie tętnicze. Znaczące redukcje otrzymano w przypadku dwóch parametrów: stężenia lipidów oraz ciśnienia tętniczego u osób badanych. Zarówno u kobiet, jak i u mężczyzn obniżyło się znacząco ciśnienie tętnicze skurczowe i rozkurczowe [12].

Wpływ spiruliny na ciśnienie tętnicze jest możliwy przez mechanizmy działania zawartych w niej licznych mikroelementów, głównie potasu i jego stosunku do ilości sodu. Odpowiednia podaż w diecie tych pierwiastków może zapobiec wystąpieniu nadciśnienia tętniczego [13]. Poza tym spirulina pośredniczy w syntezie i uwolnieniu tlenu azotu przez śródbłonek naczyń krwionośnych oraz w syntezie i uwolnieniu cyklooksygenazy będącej metabolitem kwasu arachidonowego, która rozszerza naczynia, a także zmniejsza wytwarzanie eikozanoidów, które mają zdolność zwięzania ścian naczyń krwionośnych. W tym mechanizmie spirulina przyczynia się do obniżania wartości ciśnienia tętniczego [14].

Peptyd IQP (Ile-Gln-Pro) hamujący konwertazę angiotensyny został wyizolowany ze spiruliny i zastosowany do obserwacji wpływu na ciśnienie tętnicze u szczurów cierpiących na nadciśnienie. Wyniki były obiecujące, wykazano znaczącą redukcję skurczowego i rozkurczowego ciśnienia tętniczego, co sugeruje potencjalny wpływ spiruliny na obniżenie wartości ciśnienia tętniczego. Pierwszy eksperyment polegał na podaniu 10 mg/kg mc. powyższego peptydu szczurom i obserwacji ciśnienia tę-

▶▶ Wpływ spiruliny na ciśnienie tętnicze jest możliwy przez mechanizmy działania zawartych w niej licznych mikroelementów, głównie potasu i jego stosunku do ilości sodu. Odpowiednia podaż w diecie tych pierwiastków może zapobiec wystąpieniu nadciśnienia tętniczego ◀◀

▶▶ Poza tym spirulina pośredniczy w syntezie i uwolnieniu tlenu azotu przez śródbłonek naczyń krwionośnych oraz w syntezie i uwolnieniu cyklooksygenazy będącej metabolitem kwasu arachidonowego ◀◀

►► Wpływ spiruliny na obniżanie masy ciała może mieć miejsce poprzez jej wpływ na skład mikroflory jelitowej w organizmie człowieka. Współcześnie coraz więcej mówi się o zależności pomiędzy składem bakterii występujących w jelitach a predyspozycją do otyłości ◀◀

niczego po 4, 6 i 8 godzinach po aplikacji [15]. W drugim doświadczeniu czas obserwacji i podawania peptydu IQP hamującego konwertazę angiotensyny wynosił tydzień i dał takie same rezultaty [16]. Wyniki powyższych badań sugerują znaczący wpływ spiruliny na obniżanie wartości ciśnienia tętniczego. Spirulina może być istotnym suplementem mającym zastosowanie w zapobieganiu rozwojowi nadciśnienia tętniczego, co niewątpliwie wymaga przeprowadzenia dalszych badań.

Właściwości hipotensyjne spiruliny wykorzystano także w badaniach na szczurach, które cierpiały na dysfunkcję śródbłonna naczyń spowodowanym między innymi nadciśnieniem tętniczym. Postawiono hipotezę, że pożądane cechy wynikają z obecności fikocyjaniny. Szczury biorące udział w doświadczeniu podzielono na cztery grupy: jedna z nich spożywała normalną dietę, a pozostałe otrzymywały dodatek badanego związku. Pierwsza grupa dostawała fikocyjaninę w ilości 2500 mg/kg diety, druga 5000 mg/kg diety i ostatnia 10 000 mg/kg diety. Po 25 tygodniach badań ciśnienie tętnicze obniżyło się w zależności od dawki tego związku, ale bez znaczącej różnicy między grupami. Analizy wykazały pozytywną korelację pomiędzy obecnością fikocyjaniny a wytwarzaniem przez śródbłonek tlenku azotu. Wyniki badania sugerują pozytywny wpływ suplementacji spiruliny na obniżanie zarówno skurczowego jak i rozkurczowego ciśnienia tętniczego krwi [17].

SPIRULINA A OTYŁOŚĆ

Pierwsze badania dotyczące wpływu suplementacji spiruliny na redukcję masy ciała u osób otyłych zostały przeprowadzone w 1986 roku. Grupa badana przyjmowała trzy razy dziennie przez okres 4 tygodni preparat o zawartości 2,8 g spiruliny. Po tym czasie zaobserwowano małe, ale istotne statystycznie obniżenie masy ciała u osób biorących udział w badaniu [18].

Inne badanie trwające trzy miesiące przeprowadzone zostało wśród 30 otyłych pacjentów z niedokrwienną chorobą serca. Chorych podzielono na 3 grupy, gdzie jedna z nich stanowiła grupę kontrolną, a pozostałe dwie — po 10 osób każda — przyjmowały preparat spiruliny w ilościach 2 g i 4 g na dzień. Wyniki pokazały, że redukcja masy ciała w obu suplementujących grupach była bardzo znacząca w porównaniu z grupą kontrolną, natomiast nie różniła się istotnie pomiędzy tymi dwiema grupami. Obserwacja w tym badaniu pozwoliła wywnioskować, że nie istnieje zależność pomiędzy ilością przyjmowanego preparatu a wielkością utraty masy ciała, co być może związane jest z liczebnością grupy [19].

Z kolei w doświadczeniu przeprowadzonym wśród 52 osób z populacji Krety, którego głównym celem było wykazanie hipolipemizującego wpływu spiruliny, nie potwierdzono wpływu suplementacji na redukcję masy ciała. W grupie tej około 67% badanych miało nadwagę, a niemal 31% stanowiły osoby otyłe. Jednym z obserwowanych parametrów była masa ciała, jednakże nie było istotnych statystycznie różnic we wskazaniach wagi na początku i końcu badania, zarówno u kobiet jak i u mężczyzn [20].

Wpływ spiruliny na obniżanie masy ciała może mieć miejsce poprzez jej wpływ na skład mikroflory jelitowej w organizmie człowieka. Współcześnie coraz więcej mówi się o zależności pomiędzy składem bakterii występujących w jelitach a predyspozycją do otyłości [21, 22]. W badaniu z 1987 roku, które było przeprowadzone na szczurach, zaobserwowano, że przyjmowanie preparatu spiruliny zwiększało istotnie, bo około trzykrotnie ilość bakterii z rodzaju *Lactobacillus* oraz *Bifidobacteria* w przewodzie pokarmowym. Jednym z działań mikroflory jest poprawa trawienia i wchłaniania pokarmów, co ma znaczący wpływ na utrzymanie prawidłowej masy ciała. Prawidłowa mikroflora jelitowa jest zależna od stosowanej diety [5].

SPIRULINA A GOSPODARKA LIPIDOWA

Wpływ na parametry gospodarki lipidowej jest do tej pory najlepiej udowodnionym działaniem suplementacji wyciągu z *Cyanobacterium*. Pierwsze badanie dotyczące obniżania stężenia cholesterolu przez spirulinę zostały przeprowadzone na szczurach w 1983 roku, natomiast pierwsze badanie na ludziach w 1988 roku. Wyniki badania na szczurach pokazały, że suplementacja spiruliny obniżała stężenie cholesterolu całkowitego, jak również frakcji LDL (*low-density lipoprotein*) i VLDL (*very low-density lipoprotein*) oraz triacylogliceroli. W drugim badaniu (brało w nim udział 30 pacjentów) znacząco obniżyło się stężenie cholesterolu całkowitego, cholesterolu frakcji LDL, zmniejszył się również wskaźnik aterogenności, a wzrosło stężenie cholesterolu frakcji HDL (*high-density lipoprotein*) [5].

Podobne do powyższych wyników dało również badanie przeprowadzone na 36 osobach z populacji meksykańskiej. Osoby badane przyjmowały doustnie 4,5 g preparatu spiruliny przez 6 tygodni i nie zmieniły przez ten czas swojego dotychczasowego stylu życia. Zaobserwowano znaczące obniżenie stężenia triacylogliceroli, cholesterolu całkowitego i niezależnie od niego cholesterolu frakcji LDL. Dodatkowo nastąpił wzrost stężenia cholesterolu frakcji HDL [12].

Badanie przeprowadzone na szczurach karmionych dietą bogatotłuszczową również potwierdziło korzystny wpływ suplementacji spiruliny na gospodarkę lipidową. Najpierw, przez 4 tygodnie, karmiono szczury dietą o dużej zawartości cholesterolu, a następnie wyodrębniono grupę szczurów, u których do stosowanej diety dodano preparaty spiruliny. Po 12 tygodniach badań okazało się, że w porównaniu ze zwierzętami karmionymi wyłącznie dietą bogatotłuszczową miały one znacząco niższe stężenia cholesterolu całkowitego, cholesterolu frakcji LDL oraz triacylogliceroli, przy jednoczesnym wzroście stężenia

cholesterolu frakcji HDL. Wyniki te sugerują, że suplementacja spiruliny może być korzystna przy redukcji czynników ryzyka chorób układu sercowo-naczyniowego [23]. Kolejnym badaniem potwierdzającym wpływ spiruliny na powyższe parametry biochemiczne jest badanie przeprowadzone na mieszkańcach Krety z zaburzeniami gospodarki lipidowej. Interwencja polegała wyłącznie na podawaniu 1 g spiruliny dziennie przez okres 3 miesięcy i wzięty w niej udział 52 osoby. Najbardziej znaczące okazało się obniżenie stężenia triacylogliceroli, ale także cholesterolu całkowitego, cholesterolu frakcji LDL oraz wskaźnika aterogenności. Z kolei nie wykazano znaczącego wzrostu stężenia cholesterolu frakcji HDL [20].

Wpływ spiruliny na parametry gospodarki lipidowej wynika z obecnych w jej składzie substancji czynnych, które ciągle są identyfikowane i poddawane badaniom [20]. Pierwszym ze składników spiruliny mających wpływ na powyższe parametry jest fikocyjanina C, czyli niebieski barwnik o właściwościach antyoksydacyjnych [24]. W badaniach przeprowadzonych na szczurach, u których chciano zaobserwować efekt hipolipemizujący wykazano, że fikocyjanina C hamowała jelitowe wchłanianie cholesterolu [25]. Ponadto składnik ten działa hamująco na aktywność lipazy trzustkowej, czego skutkiem są obniżone stężenia triacylogliceroli w porównaniu z grupami kontrolnymi [26].

Prawdopodobny efekt działania spiruliny na gospodarkę lipidową jest również możliwy przez jej wpływ na metabolizm lipoprotein. Okazuje się, że suplementujący ją pacjenci mają wyższe stężenie lipazy lipoproteinowej, która to inicjuje proces rozpadu lipoprotein, co implikuje obniżone stężenia cholesterolu frakcji LDL [5, 27]. Innymi składnikami zawartymi w spirulinie, które mogą wywoływać efekt hipolipemizujący są nienasycone kwasy tłuszczowe: γ -linolenowy i linolowy, z których szczegó-

▶▶ Pierwszym ze składników spiruliny mających wpływ na powyższe parametry jest fikocyjanina C, czyli niebieski barwnik o właściwościach antyoksydacyjnych. W badaniach przeprowadzonych na szczurach, u których chciano zaobserwować efekt hipolipemizujący wykazano, że fikocyjanina C hamowała jelitowe wchłanianie cholesterolu ◀◀

▶▶ Ponadto składnik ten działa hamująco na aktywność lipazy trzustkowej, czego skutkiem są obniżone stężenia triacylogliceroli w porównaniu z grupami kontrolnymi ◀◀

nie pierwszy występuje w wyjątkowo dużych ilościach [6]. Powszechnie wiadomo, że podaż w diecie większych niż przeciętnie ilości wielonienasyconych kwasów tłuszczowych z rodziny omega-6 powoduje obniżenie stężeń niekorzystnych parametrów gospodarki lipidowej [28].

Ostatnim składnikiem, który jest zawarty w spirulinie i może powodować powyższe efekty jest witamina PP, czyli kwas nikotynowy. Jego działanie na metabolizm lipoprotein jest znane od 1955 roku, od kiedy stosowano go powszechnie przed pojawieniem się na rynku farmaceutycznym statyn [29]. Działanie niacyny jest pożądane: obniża ona stężenie cholesterolu LDL i zwiększa stężenie frakcji HDL, wpływa także na zmniejszenie wytwarzania triacylogliceroli w wątrobie [30, 31].

SPIRULINA A GOSPODARKA WĘGLOWODANOWA

Badanie przeprowadzone wśród 25 osób chorujących na cukrzycę typu 2 miało na celu sprawdzenie hipoglikemizujących i hipolipemizujących właściwości spiruliny. Osoby te przyjmowały przez 2 miesiące suplement zawierający 2 g *Spirulina maxima*. W porównaniu z grupą kontrolną zaobserwowano znaczące obniżenie się stężeń glukozy na czczo oraz glikemii poposiłkowej, ponadto również hemoglobiny glikowanej, co wskazało na długoterminowe działanie suplementu. Badanie to wykazało korzystne zmiany parametrów poziomu glikemii wynikające z przyjmowania preparatów spiruliny u osób cierpiących na cukrzycę typu 2 [32].

Podobne rezultaty otrzymano w badaniu wśród 15 pacjentów chorujących na cukrzycę insulinozależną, którym przez 2 miesiące podawano 2 g suplementu dziennie. W tym samym czasie doradzono im utrzymanie zwyczajowego stylu życia i nawyków żywieniowych oraz niezmiennego stosowania leków. Działanie spiruliny zostało potwierdzone przez znaczące obniże-

nie stężeń glukozy oraz białek glikowanych w surowicy krwi [33].

Działanie hipoglikemizujące spiruliny zostało też potwierdzone w badaniu przeprowadzonym na 160 wolontariuszach płci męskiej, chorujących na cukrzycę typu 2. Osoby włączone do badania zostały podzielone na 4 grupy: pierwszą — kontrolną, drugą — stosującą zalecenia dietetyczne, trzecią — stosującą zalecenia dietetyczne i leki przeciwcukrzycowe oraz ostatnią — stosującą zalecenia dietetyczne, leki przeciwcukrzycowe i insulinę. Wszystkie osoby przyjmowały przez 90 dni preparat *Spirulina maxima*. Badania surowicy krwi po czasie badania wykazały, że suplementacja znacząco zredukowała stężenia glukozy na czczo, a także hemoglobiny glikowanej będącej najlepszym wskaźnikiem długotrwałej kontroli stężeń glukozy, co pozwoliło wysnuć wniosek, że przyjmowanie spiruliny może być przydatne w kontroli poziomów glikemii u osób chorujących na cukrzycę insulinozależną [34].

Powyższe właściwości spiruliny postanowiono zaobserwować w badaniu na 36 szczurach, z których u 30 wywołano cukrzycę i podzielono na grupy ze zwiększającą się ilością przyjmowanej spiruliny. Po 45 dniach przyjmowania preparatu pobrano krew oraz oznaczono między innymi stężenia glukozy na czczo i insuliny w surowicy. Wyniki wskazały, że spirulina ma korzystne działanie zarówno na stężenie insuliny, jak i glukozy na czczo i efekt ten jest tym lepszy, im większą dawkę jej się przyjmuje. Co za tym idzie, suplementacja może być pomocna w utrzymywaniu stanu normoglikemii u osób chorujących na cukrzycę typu 2 [35]. W innym badaniu na szczurach z cukrzycą udowodniono korzystne działanie *Spirulina platensis* już po 5 dniach przyjmowania suplementu. W doświadczeniu tym chciano zaobserwować przeciwwzapalny, hipolipemizujący oraz hipoglikemizujący wpływ suplementu. Badane parametry porównane

z grupą kontrolną wskazały, że glikemia była znacząco obniżona u szczurów niezależnie od ilości przyjmowanego doustnie preparatu, gdzie dawki były ustanowione na 25 mg, 50 mg i 100 mg na kg/mc. przez 10 dni [36]. Z kolei inne wyniki uzyskano z doświadczenia przeprowadzonego na szczurach cierpiących na cukrzycę, którego celem było zaobserwowanie przydatności przyjmowania preparatów spiruliny w uzyskaniu homeostazy glukozy. Porównano ją do kontroli glikemii przy zwiększonej aktywności fizycznej oraz zwiększonej aktywności fizycznej z suplementacją. Wykazano, iż suplementacja nie poprawiła znacząco badanego parametru [37].

Wpływ spiruliny na insulinowrażliwość badano u 17 pacjentów zakażonych wirusem HIV, u których w przebiegu kuracji antyretrowirusowej pojawiają się zaburzenia w metabolizmie glukozy. Doświadczenie trwało przez 8 tygodni, a w tym czasie pacjenci przyjmowali 19 g suplementu dziennie. Dla porównania, 16 chorych przyjmowało suplement z soi w tej samej ilości. Wyniki pokazały, że przyjmowanie obu suplementów poprawiło insulinowrażliwość, jednak wyniki były zdecydowanie lepsze w przypadku suplementacji spiruliną [38].

SPIRULINA I JEJ DZIAŁANIE IMMUNOMODULACYJNE ORAZ PRZECIWZAPALNE

Interleukiny to białka biorące udział w odpowiedzi odpornościowej, której umożliwiają komunikację ze sobą leukocytów różnych populacji. Interleukina 2 jest cytokiną będącą czynnikiem wzrostu dla komórek NK (*natural killers*) oraz limfocytów T, natomiast IL-6 między innymi aktywuje limfocyty T, pobudza produkcję białek ostrej fazy oraz hamuje zwrotne wytwarzanie czynnika martwicy nowotworu TNF (*tumor necrosis factor alfa*) [39]. Mechanizm molekularny działania spiruliny na układ immunologiczny nie jest do tej pory poznany, jednak

ukazały się badania sugerujące istnienie takowej zależności [1].

Badanie podwójnie ślepej próby przeprowadzone wśród osób starszych pochodzenia koreańskiego pokazało, że suplementacja spiruliny wpłynęła na znaczący wzrost IL-2 i istotną redukcję stężenia IL-6 w surowicy krwi. W doświadczeniu brało udział 78 kobiet i mężczyzn w wieku 60–87 lat, którzy zostali losowo przydzieleni do grupy kontrolnej otrzymującej placebo oraz grupy badanej przyjmującej preparat spiruliny w ilości 8 g na dobę. Badanie trwało 16 tygodni, a wynik pozwolił na wyciągnięcie wniosków o pozytywnym wpływie stosowania suplementu u osób starszych [40].

W doświadczeniu przeprowadzonym na jednojądrzastych komórkach krwi obwodowej zaobserwowano, że spirulina pobudza produkcję IL-1 β , IL-4 oraz interferonu, co sugeruje wpływ suplementacji na odpowiedź komórkową organizmu, co z kolei może zwiększyć jego odporność na działanie pasożytów i patogenów wewnątrzkomórkowych [1].

Badano wpływ spiruliny na odpowiedź w typie IV kontaktowej nadwrażliwości komórkowej u myszy. Wywoływano u nich kontaktową reakcję alergiczną. Po 30–40 dniach diety wzbogaconej w spirulinę zauważono znaczące wyciszenie reakcji alergicznej w porównaniu z myszami karmionymi podstawową dietą [5].

Działanie spiruliny badano na myszach, u których wywołano cukrzycę. Wskaźnikiem zapalenia, który mierzono był TNF- β , wykonano także test formalinowy oraz obserwowano obrzęk wywołany w łapie myszy karageniną przed podaniem suplementu oraz po 5 i 10 dniach doświadczenia. Przyjmowanie suplementu — w porównaniu z grupą kontrolną — obniżyło pierwszą (neurogeniczną) i drugą (zapalną) fazę testu formalinowego w zależności od ilości przyjmowanego doustnie preparatu. Ponadto zauważono zmniejszenie obrzęku, jak również obniżenie stężenia TNF- α w łapie myszy [41].

▶▶ Przeprowadzono także eksperyment, którego celem było zbadanie wpływu suplementacji spiruliny na zapobieganie wystąpieniu zaburzeń pamięci i zmniejszenie zniszczeń spowodowanych stresem oksydacyjnym. Myszy podzielono na trzy grupy: kontrolną, przyjmującą 50 mg/kg mc. oraz 200 mg/kg mc. spiruliny ◀◀

▶▶ Wyniki eksperymentu wykazały zmniejszoną ilość β -amyloidu w hipokampie (związek ten jest odpowiedzialny za wystąpienie choroby Alzheimera) u myszy przyjmujących preparat ◀◀

Przeprowadzono badanie na szczurach, u których obserwowano wpływ suplementacji spiruliny na odpowiedź odpornościową wywołaną przez komórki tuczne. Podanie preparatu doustnie w ilości 100–1000 $\mu\text{g/g}$ mc znacząco obniżało wytwarzanie histaminy przez komórki tuczne w zależności od przyjmowanej dawki, jak również zmniejszało produkcję TNF- α w odpowiedzi na podany wcześniej dinitrofenol [42]. Doświadczenie przeprowadzone na myszach, którym wywołano zapalenie ucha po uprzednim podaniu doustnie 100, 200 lub 300 mg/kg mc fikocyjaniny uzyskanej ze spiruliny również wykazało zmniejszone wydzielanie histaminy przez komórki tuczne u zwierząt, u których zastosowano suplementację [43].

Podobne doświadczenie wykonano na myszach, u których indukowano zapalenie stawów w prawej, tylnej łapie. Spirulinę w ilości 800 mg/kg mc podawano od 11. dnia po podaniu zastrzyku kompletnego adiuwantu Freund'a (mieszanka oleju parafinowego i prątków gruźlicy) przez osiem dni. Mierzono objętość obrzęku na łapie, masę ciała, stężenie markerów tkankowych, poziomy enzymów lizosomalnych oraz glikoproteiny. Przyjmowanie spiruliny znacząco modyfikowało biochemiczne i fizyczne zmiany, które pojawiły się u myszy z zapaleniem stawów do poziomów zbliżonych do grupy kontrolnej, co wskazywało na jej możliwe przeciwzapalne działanie [44]. Takie same konkluzje dało badanie na myszach, u których zapalenie stawów wywołano zymosanem, a spirulinę przyjmowały doustnie przez osiem dni w dawkach 100 lub 400 mg/kg mc. przez 8 dni [45].

U ludzi spirulina może wpływać na czynniki zapalne w stanach takich jak na przykład alergiczny nieżyt nosa. W podwójnie zaślepionym eksperymencie osoby badane przyjmowały placebo, 1000 lub 2000 mg spiruliny dziennie przez okres 12 tygodni. Po tym czasie zaobserwowano, że najwięk-

sza dawka suplementu znacząco hamowała wytwarzanie IL-4, która kojarzona jest z alergicznym nieżytem nosa, jak również zmniejszała objawy takie jak katar, kichanie, świąd czy zatkanie nosa [46, 47].

Podobne badanie przeprowadzono na szczurach, u których chciano zaobserwować korzystny efekt suplementacji spiruliny na przebieg nieżyty nosa. Przyjmowanie preparatu znacząco zmniejszyło objawy fizyczne, jak również stężenie histaminy i przeciwciał IgE w surowicy krwi zwierząt biorących udział w doświadczeniu [48].

INNE DZIAŁANIA SPIRULINY

Spirulina jest dobrym źródłem pokarmowym zeaksantyny — barwnika z grupy ksantofili należących do karotenoidów, który to obficie występuje w siatkówce ludzkiego oka. Suplementowanie tego składnika może zmniejszyć tempo degeneracji związanej z wiekiem oraz obniżyć ryzyko wystąpienia katarakty. Spirulina była podawana 14 wolontariuszom pochodzących z Ameryki i Chin w takiej ilości, że zawierała 2,6–3,7 mg zeaksantyny. Po 45 dniach doświadczenia stężenie barwnika w surowicy wzrosło znacząco, tak, że pozwoliło to wysnuć wniosków o korzystnym działaniu suplementu w prewencji schorzeń oka spowodowanych niedoborem barwnika [49].

Przeprowadzono także eksperyment, którego celem było zbadanie wpływu suplementacji spiruliny na zapobieganie wystąpieniu zaburzeń pamięci i zmniejszenie zniszczeń spowodowanych stresem oksydacyjnym. Myszy podzielono na trzy grupy: kontrolną, przyjmującą 50 mg/kg mc. oraz 200 mg/kg mc. spiruliny. Wyniki wykazały zmniejszoną ilość β -amyloidu w hipokampie (związek ten jest odpowiedzialny za wystąpienie choroby Alzheimera) u myszy przyjmujących preparat. Ponadto zauważono podwyższoną aktywność enzymów o działaniu antyoksydacyjnym, co również wpływało dodatnio na sprawność mózgu i zmniejszenie zniszczeń

związanych z obecnością wolnych rodników [50]. Poprawę statusu antyoksydacyjnego związaną ze zwiększeniem aktywności enzymów przeciwutleniających jak na przykład glutation zaobserwowano także u szczurów przez 4 tygodnie karmionych dietą o dużej zawartości cholesterolu, którym podawano dodatkowo spirulinę [51].

Korzystniejszy status antyoksydacyjny rozumiany jako pomiar aktywności enzymów antyoksydacyjnych, a także poprawę wydolności w czasie przyjmowania preparatów spiruliny zauważono w badaniu na 9 mężczyznach (sportowcach), trwającym 4 tygodnie. Badanie to było przeprowadzone jako podwójnie ślepa próba: część osób przyjmowała spirulinę, a inni placebo. Próbki krwi pobierano godzinę, 24 i 48 godzin po ćwiczeniu. Po zakończeniu doświadczenia zaobserwowano m.in. w stopniu znaczącym wolniejsze wystąpienie zmęczenia po ćwiczeniach, co pozwoliło wywnioskować, że suplementowanie spiruliny polepsza zdolność do wysiłku [52]. Podobne obserwacje dało badanie przeprowadzone na 16 wolontariuszach, u których dodatkowo wystąpiło mniejsze stężenie wskaźników zniszczenia mięśni szkieletowych [53].

Suplementację spiruliny stosowano również w celu poprawy stanu odżywienia u osób charakteryzujących się niedożywieniem. Obserwacje te przeprowadzono głównie w krajach rozwijających się, w których niestannie jest to jeden z głównych problemów. Dwa z takich badań przeprowadzono w Burkina Faso. Jedno z nich miało na celu zestawienie korzyści z suplementacji spiruliny w porównaniu z tradycyjnym żywieniem zarówno u dzieci zdrowych, u których jedynym problemem był zły status odżywienia, jak i dzieci zakażonych wirusem HIV. Badanie trwało 8 tygodni, a brało w nim udział w sumie 170 młodych osób. Wyniki wskazały, iż suplementacja wpłynęła znacząco i korzystnie na stężenie żelaza w surowicy krwi — pozwoliła na szybsze wyjście z ane-

mii — jak również w trakcie badania dzieci zaczęły przybierać na wadze. Pozwoliło to na wywnioskowanie, że przyjmowanie spiruliny poprawia stan odżywienia i przyspiesza regenerację organizmu u dzieci zakażonych wirusem HIV oraz dzieci niezakażonych [54]. Podobne rezultaty dało badanie przeprowadzone na 550 dzieciach poniżej 5. rż. 38 z nich było dotkniętych niedożywieniem typu mieszanego, czyli *kwashiorkor* i *marasmus*, reszta w różnym stopniu wyłącznie drugim typem. Podzielono je na cztery grupy, z których jedna stanowiła grupę kontrolną i była karmiona tradycyjnymi posiłkami, druga była żywiona tradycyjnymi posiłkami wzbogaconymi w spirulinę, trzecia potrawami z dodatkiem misoli (mieszanka prosa, soi i orzeszków ziemnych) oraz czwarta jedzeniem uzupełnionym zarówno spiruliną jak i misolą. Wartość energetyczna posiłków we wszystkich grupach była bez znaczących różnic i wynosiła około 740 kcal. Po ośmiu tygodniach doświadczenia zaobserwowano, iż szybszy wzrost masy ciała występował u dzieci żywionych spiruliną i misolą, szczególnie zaś u tych, które karmiono mieszanką tych dwóch produktów. Świadczy to o tym, że wzbogacanie potraw w nie daje lepsze efekty niż samo tylko zwiększenie wartości energetycznej i ilości białka w diecie [55]. Z kolei inne badania przeprowadzone również w Burkina Faso na 183 dzieciach w wieku od 3 miesięcy do 3 lat, charakteryzujących się niedożywieniem nie potwierdziły korzystnego wpływu suplementacji na poprawę stanu odżywienia. Dzieci podzielono na 3 grupy, z których jedna poddana była tradycyjnemu postępowaniu w niedożywieniu, a dwie pozostałe miały ten program uzupełniony o suplementację spiruliny w ilości 5 g oraz zwiększenie ilości spożywanych ryb jako źródła białka. Po 90 dniach nie zauważono przewagi suplementacji nad tradycyjnym programem rehabilitacji w celu poprawy stanu odżywienia [56].

PODSUMOWANIE

Spirulina jest suplementem przebadanym zarówno w kontekście potencjalnego wpływu na parametry antropometryczne i biochemiczne, jak i mechanizmów ewentualnego działania, jednak ze względu na powszechną opinię o jej wartościach koniecznym wydaje się podjęcie dalszych, dobrze zaplanowanych, zorganizowanych i badań.

PIŚMIENNICTWO

- Miklaszewska M., Waleron M., Waleron K. Biotechnologiczny potencjał cyanobakterii z rodzaju *Arthrospira*. *Biotechnologia* 2008; 3 (82): 119–142.
- www.microbewiki.kenyon.edu.pl; 06.2013.
- Klasik S., Burczyk J., Zych M. *Spirulina platensis* – mikroskopijny organizm — możliwości praktycznego zastosowania. *Farm. Przeg. Nauk.* 2009; 7: 12–15.
- Hryniewiecki L. Białka. W: Gawęcki J., Hryniewiecki L. (red.). *Żywność człowieka, podstawy nauki o żywieniu*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2008, t. 1, 176–188.
- Amha B., Yoshimichi O., Kazuyuki M. i wsp. Current knowledge on potential health benefits of *Spirulina*. *J. App. Phycol.* 1993; 5: 235–241.
- Otles S., Pire R. Fatty acid composition of *Chlorella* and *Spirulina* microalgae species. *J. AOAC Int.* 2001; 6 (84): 1708–1714.
- Falquet J. The nutritional aspects of spirulina. *Ann. Tech., antenna.ch/en/documents/AspectNut_UK.pdf*; 06.2013.
- Tietze H.V. *Spirulina*. Microfood, macroblessing. New Delhi 2004; 28–29, 33–35.
- Watanabe F., Takenaka S., Kittaka-Katsura H. i wsp. Characterization and bioavailability of vitamin B12-compounds from edible algae. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* 2002; 48 (5): 325–331.
- Duan M., Ma W.X., Li L. Determination of microelement in natural spirulina using FAAS. *Guang Pu Xue Yu Guang Pu Fen Xi* 2001; 21 (6): 868–870.
- www.medicinescomplete.com; 06.2013.
- Torres-Duran P.V., Ferreira-Hermosillo A., Juarez-Oropeza M.A. Antihyperlipemic and antihypertensive effects of *Spirulina maxima* in an open sample of Mexican population: a preliminary report. *Lipids Health Dis.* 2007; 6: 33.
- Duan M., Ma W.X., Li L. Determination of microelement in natural spirulina using FAAS. *Guang Pu Xue Yu Guang Pu Fen Xi* 2001; 21 (6): 868–870.
- Juarez-Oropeza M.A., Mascher D., Torres-Duran P.V. i wsp. Effects of dietary *Spirulina* on vascular reactivity. *J. Med. Food* 2009; 12 (1): 15–20.
- Lu J., Ren D.F., Xue Y.L. i wsp. Isolation of an antihypertensive peptide from alcalase digest of *Spirulina platensis*. *J. Agric. Food Chem.* 2010; 58 (12): 7166–7171.
- Lu J., Sawano Y., Miyakawa T. i wsp. One-week antihypertensive effect of Ile-Gln-Pro in spontaneously hypertensive rats. *J. Agric. Food Chem.* 2011; 59 (2): 559–563.
- Ichimura N., Kato S., Tsuneyama K. i wsp. Phycocyanin prevents hypertension and low serum adiponectin level in a rat model of metabolic syndrome. *Nutr. Res.* 2013; 33 (5): 397–405.
- Beker U.W., Jakover B., Luft D. i wsp. Clinical and biochemical evaluations of the alga *Spirulina* with regard to its application in the treatment of obesity, a double blind cross-over study. *Nutr. Rep. Int.* 1986; 33: 565–574.
- Ramamoorthy A., Premakumari S. Effect of supplementation of *Spirulina* on hypercholesterolemic patients. *J. Food Sci. Technol.* 1996; 33 (2): 124–128.
- Mazokopakis E.E., Starakis I.K., Papadomanolaki M.G. i wsp. The hypolipidaemic effects of spirulina (*Arthrospira platensis*) supplementation in Cretan population: a prospective study. *J. Sci. Food Agric.* 2013 [dostępne Wiley Online Library; 07.2013].
- Turnbaugh P.J., Ridaura V.K., Faith J.J. i wsp. The effect of diet on the human gut microbiome: a metagenomic analysis in humanized gnotobiotic mice. *Sci. Transl. Med.* 2009; 1: 614.
- Lee H.Y., Park J.H., Seok S.H. i wsp. Human originated bacteria, *Lactobacillus rhamnosus* PL60, produce conjugated linoleic acid and show anti-obesity effect on diet induced obese mice. *Biochim. Biophys. Acta* 2006; 1761: 736–744.
- Cheong S.H., Kim M.Y., Sok D.E. i wsp. *Spirulina* prevents atherosclerosis by reducing hypercholesterolemia in rabbits fed a high-cholesterol diet. *J. Nutr. Vitaminol.* 2010; 56 (1): 34–40.
- Kim M.Y., Cheong S.H., Lee J.H. i wsp. *Spirulina* improves antioxidant status by reducing oxidative stress in rabbits fed a high-cholesterol diet. *J. Med. Food* 2010; 13 (2): 420–426.
- Nagaoka S., Shimizu K., Kaneko H. i wsp. A novel protein C-phycoerythrin plays a crucial role in the hypocholesterolemic action of *Spirulina platensis* concentrate in rats. *J. Nutr.* 2005; 135: 2425–2430.
- Han L.K., Li D.X., Xiang L. i wsp. Isolation of pancreatic lipase activity-inhibitory component of *Spirulina platensis* and it reduce postprandial triacylglycerolemia. *Yak. Zas.* 2006; 126: 43–49.
- Iwata K., Inayama T., Kato T. Effects of *Spirulina platensis* on plasma lipoprotein lipase activity in fructose-induced hyperlipidemic rats. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* 1990; 36: 164–171.
- Ziemiański S., Spożycie tłuszczów a zdrowie. W: Gawęcki J., Hryniewiecki L. (red.). *Żywność człowieka, podstawy nauki o żywieniu*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2008, t. 1, 163–169.
- Julius U., Fisher S. Nicotinic acid as a lipid-modifying drug — a review. *Atheroscler. Suppl.* 2013; 14 (1): 7–13.
- Kuhnast S., Louwe M.C., Heemsker M.M. i wsp. Niacin reduces atherosclerosis development in mice mainly by reducing nonhdl-cholesterol. *PLoS One*, 2013; 8 (6): 66467.
- Kammana V.S., Ganji S.H., Kashyap M.L. Recent advances in niacin and lipid metabolism. *Curr. Opin. Lipidol.* 2013; 24 (3): 239–245.
- Parikh P., Mani U., Iyer U. Role of spirulina in the control of glycemia and lipidemia in type 2 diabetes mellitus. *J. Med. Food.* 2001; 4: 193–199.

33. Mani U.V., Desai S., Iyer U. Studies on the long-term effect of spirulina supplementation on serum lipid profile and glycated proteins in NIDDM patients. *J. Nutr. Funct. Med. Foods* 2000; 2 (3): 25–32.
34. Anitha L., Chandralekha K. Effect of supplementation of spirulina on blood glucose, glycosylated hemoglobin and lipid profile on male non-insulin dependent diabetics. *Asian J. Exp. Biol. Sci.* 2010; 1 (1): 36–46.
35. Anitha L., Chandralekha K.R. Antidiabetic property of spirulina. *Diab. Croat.* 2006; 35 (2): 29–33.
36. Joventino I.P., Alves H.G., Neves L.C. i wsp. The microalga *Spirulina platensis* presents anti-inflammatory action as well as hypoglycemic and hypolipidemic properties in diabetic rats. *J. Complement. Integr. Med.* 2012; 10: 1515–1534.
37. Moura L.P., Gurjao A.L., Jambassi Filho J.C. i wsp. Spirulina, exercise and serum glucose control in diabetic rats. *Arg. Bras. Endocrinol. Metabol.* 2012; 56 (1): 25–32.
38. Marcel A.K., Ekali L.G., Eugene S. i wsp. The effect of *Spirulina platensis* versus soybean on insulin resistance in HIV-infected patients: a randomized pilot study. *Nutrients*, 2011; 3 (7): 712–724.
39. Gołąb J., Jakóbsiak M., Lasek W. i wsp., *Immunologia*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007; 108, 111.
40. Park H.J., Lee Y.L., Ryu H.K. i wsp. A randomized double-blind, placebo-controlled study to establish the effects of spirulina in elderly Koreans. *Ann. Nutr. Metab.* 2008; 52 (4): 322–328.
41. Joventino I.P., Alves H.G., Neves L.C. i wsp. The microalga *Spirulina platensis* presents anti-inflammatory action as well as hypoglycemic and hypolipidemic properties in diabetic rats. *J. Complement. Integr. Med.* 2012; 10: 1515–1534.
42. Kim H.M., Lee E.H., Cho H.H. i wsp. Inhibitory effect of mast cell-mediated immediate-type allergic reactions in rats by spirulina. *Biochem. Pharmacol.* 1998; 55 (7): 1071–1076.
43. Ramirez D., Ledon N., Gonzalez R. Role of histamine in the inhibitory effects of phycocyanin in experimental models of allergic inflammatory response. *Mediators Inflamm.* 2002; 11 (2): 81–85.
44. Rasool M., Sabina E.P., Lavanya B. Anti-inflammatory effect of *Spirulina fusiformis* on adjuvant-induced arthritis in mice. *Biol. Pharm. Bull.* 2006; 29 (12): 2483–2487.
45. Ramirez D., Gonzalez R., Merino N. i wsp. Inhibitory effects of *Spirulina* in zymosan-induced arthritis in mice. *Mediators Inflamm.* 2002; 11 (2): 75–79.
46. Mao T.K., Water van de J, Gershwin M.E. Effects of the spirulina based dietary supplement on cytokine production from allergic rhinitis patients. *J. Med. Food* 2005; 8: 27–30.
47. Cingi C., Conk-Delay M., Cakli H. i wsp. The effects of spirulina on allergic rhinitis. *Eur. Arch. Otorhinolaryngol.* 2008; 265 (10): 1219–1223.
48. Chen L.L., Zhang S.F., Huang D.N. i wsp. Experimental study of spirulina platensis in treating allergic rhinitis in rats. *Zhong Nan Da Xue Xue Bao Yui Xue Ban* 2005; 30 (1): 96–98.
49. Yu B., Wang J., Suter P.M. i wsp. Spirulina is an effective dietary source of zeaxanthin to humans. *Br. J. Nutr.* 2012; 108 (4): 611–619.
50. Hwang J.H., Lee I.T., Jeng K.C. i wsp. Spirulina prevents memory dysfunction, reduces oxidative stress damage and augments antioxidant activity in senescence-accelerated mice. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* 2011; 57 (2): 186–191.
51. Kim M.Y., Cheong S.H., Lee J.H. i wsp. Spirulina improves antioxidant status by reducing oxidative stress in rabbits fed a high-cholesterol diet. *J. Med. Food* 2010; 13 (2): 420–426.
52. Kalafati M., Jamurtas A.Z., Nikolaidis M.G. i wsp. Ergogenic and antioxidant effects of spirulina supplementation in humans. *Med. Sci. Sports Excer.* 2010; 42 (1): 141–151.
53. Lu H.K., Hsieh C.C., Hsu J.J. i wsp. Preventive effects of *Spirulina platensis* on skeletal muscle damage under exercise-induced oxidative stress. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2006; 98 (2): 220–226.
54. Simpore J., Zongo F., Kabore F. i wsp. Nutrition rehabilitation of HIV-infected and HIV-negative undernourished children utilizing spirulina. *Ann. Nutr. Metab.* 2005; 49 (6): 373–380.
55. Simpore J., Kabore F., Zongo F. i wsp. Nutrition rehabilitation of undernourished children utilizing *Spirulina* and *Misola*. *Nutr. J.* 2006; 5: 3.
56. Branger B., Cadudal J.L., Delobel M. i wsp. Spirulina as a food supplement in case of infant malnutrition in Burkina-Faso. *Arch. Pediatr.* 2003; 10 (5): 424–431.