

ZYGMUNT ZDROJEWICZ¹, BARTOSZ BIEŻYŃSKI², PIOTR KRAJEWSKI²

Czy warto jeść algi?

Is eating algae recommendable?

¹Wydział Lekarski Kształcenia Podyplomowego, Katedra i Klinika Endokrynologii, Diabetologii i Leczenia Izotopami, Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wrocławiu

²Wydział Lekarski, Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wrocławiu

KEYWORDS

algae, seaweed, nutrition, bioactive substances, medicine

SUMMARY

Algae is a very diverse group of aquatic and land organisms that has been used by humans for ages. Nowadays algae are constantly growing in popularity. Thanks to their richness in nutrients and bioactive components (mineral salts, carbohydrates, protein, EFA, vitamins or microelements), they have found use in dietetics and many branches of medicine. Due to an increase of algae-related studies, many biologically active compounds have been discovered. Described as anti-inflammatory, anti-bacterial, anti-viral, anti-allergic or even anti-cancer, marine algae may be used in the treatment of many diseases. Currently one of their main uses is related to obesity but the action of algae is much more than that. The vast number of edible algae species and their biological diversity significantly increase their potential and the growing amount of research they undergo, give us reasons to assume that marine algae can play a big part in "nutrition of the future". The aim of this study is to present the nutrition value of marine algae and their significance in medical treatment.

WPROWADZENIE

Algi, glony (łac. *algae*, gr. *phykos*), będące pierwszymi formami życia zdolnymi do fotosyntezy, występują na ziemi od 1,5 biliona lat. Jest to grupa plechowatych organizmów zarodnikowych żyjących przeważnie w środowisku wodnym lub lądowym o wysokiej wilgotności (1). Są one samożywymi, fotosyntezującymi organizmami o beztkankowej budowie, które stanowią najliczniejszą grupę autotrofów (2). Swoim występowaniem obejmują cały świat, a podzielone zostały na 11 gromad i ponad 20 tysięcy gatunków, które można zaliczyć do odrębnych królestw (roślin, protista i bakterii) (3). Ciało glonów jest jednorodną lub zbudowaną z nieodróżnionych komórek plechą, która swoją wielkością waha się od pojedynczych milimetrów (mikroalgi) aż do kilku metrów (makroalgi) (4). Zbudowane są z niby-liści i niby-lodyg, które ułatwiają im pochłanianie wody i składników mineralnych z otoczenia, natomiast do zakotwiczenia się używają niby-korzeni. Ze względu na ich ogromne zróżnicowanie morfologiczne, systematyka alg jest skomplikowana. Z tego powodu utworzono podział uwzględniający: budowę komórek, skład ściany komórkowej czy barwę biomasy (3). Do najczęściej wydobywanych i wykorzystywanych alg należą brunatnice (*Phaeophyta*), krasnorosty (*Rhodophyta*)

i zielenice (*Chlorophyta*) (1). W ostatnich latach zauważać można postępujący wśród społeczeństwa wzrost zainteresowania algami, ich kosmetycznymi i medycznymi właściwościami. Coraz częściej na półkach pojawiają się produkty tworzone na bazie glonów. Korzystny wpływ na skórę, tkankę tłuszczową czy bakterie komensalne spowodował ich zwiększone użycie w kosmologii czy dermatologii. Algi będące organizmami bogatymi w witaminy, białka, aminokwasy i minerały stały się istotnym źródłem suplementacji w niedoborach odżywczych (1). Nie bez znaczenia pozostaje fakt, że posiadają one również wiele czynnych biologicznie związków o działaniu przeciwbakteryjnym, przeciwwirusowym, przeciwgrzybicznym, a nawet przeciwnowotworowym. Celem tej pracy jest przedstawienie walorów żywieniowych alg i ich znaczenia w walce z chorobami.

KRÓTKA HISTORIA BADAŃ NAD ALGAMI

Pomimo niewątpliwych zalet, które niesie za sobą spożycie alg, nie zawsze były one w centrum zainteresowania. Przypuszcza się, że były one jednymi z pierwszych organizmów roślinnych na świecie, ale pierwsze badania nad nimi rozpoczął w 1890 roku duński mikrobiolog Martinus Beijerinck, który pochylił się nad hodowlą glonów z rodziny

chlorella (5). Parę lat później niemieccy naukowcy odkryli, że algi zawierają wyjątkowo duże stężenie białka przyswajalnego przez człowieka, co przyczyniło się do zdobycia przez Otto Warburga nagrody Nobla w 1931 roku za badania nad fotosyntezą chlorelli. Co ciekawe, glon ten nieraz wykorzystany został w celu ratowania przed klęską głodu. Po raz pierwszy w ten sposób zastosowali go Niemcy po I wojnie światowej (6), a w ślad za nimi podążyli Amerykanie, którzy dołączali preparaty chlorelli do zrzutów żywności dla poszkodowanych w wyniku wybuchu bomby atomowej Japończyków. Zaobserwowano tam, że spożycie alg pomaga w redukowaniu efektów napromieniowania, co sprawiło wzmożenie badań nad tymi organizmami w USA. Na początku lat 50. XX wieku poparcie dla włączenia alg do codziennej diety ciągle rosło. Powiększający się kryzys żywnościowy w Ameryce miał zostać rozwiązany poprzez wprowadzenie ich do masowej produkcji. Niestety, Waszyngtoński Instytut im. Carnegiego, który jako pierwszy próbował stworzyć hodowlę alg, napotkał duże problemy i eksperymentalną plantację musiano zamknąć już po roku (7). Z podobnym problemem żywnościowym borykali się po wojnie wspomnieni już Japończycy. Z pomocą przyszła im w 1951 roku Fundacja im. Rockefellera, która zaoferowała wsparcie finansowe w celu wspomoczenia rozwoju metod uprawy i przetwarzania chlorelli. Badania skupiły się nie tylko nad hodowlą, ale też nad problemem wchłaniania zawartych w nich składników odżywczych. Od tego czasu wynaleziono i opatentowano wiele technologii pozwalających zwiększyć efektywność upraw oraz przyswajalność zawartych w algach nutrientów, a w dzisiejszych czasach przemysł ten staje się jedną z dużych gałęzi gospodarki niektórych krajów azjatyckich.

WYSTĘPOWANIE

Algi występują na obszarze całego globu. Rosną głównie w środowiskach wodnych, ale także w lądowych o wysokiej wilgotności. Glony te obecne są we wszystkich strefach geograficznych, żyją zarówno w wodach słodkich, jak i w słonych, w chłodnych i ciepłych (1). Na skalę przemysłową alg produkują się w otwartych basenach farm algowych, które objęte są stałym nadzorem i kontrolą standardów jakości. W zbiornikach tych glony są odżywiane i mają zapewnione odpowiednie warunki do szybkiego wzrostu. Kiedy są już gotowe do zbioru, odfiltrowuje się je przez coraz drobniejsze sита, aby pozbyć się wszelkich zanieczyszczeń. Pozostała woda jest tak bogata w składniki odżywcze, że wykorzystuje się ją ponownie. Po zebraniu alg, zostają one wysuszone i przechowywane są w specjalnych kontenerach niepozwalających na kontakt z tlenem. Gotowy produkt sprzedawany jest w formie proszku, zawierającego ususzone glony, sprasowanych tabletek lub płatków (7).

SKŁAD

Algi morskie cechują się bardzo bogatym i wysoce zróżnicowanym składem. Ocenia się, że większość z ich bioaktywnych składników dotychczas nie została opisana, ale,

biorąc pod uwagę ilość prowadzonych nad nimi badań, z całą pewnością w najbliższym czasie ulegnie to zmianie. Biomasa alg jest jednym z bardziej znaczących i urozmaiconych źródeł związków bioaktywnych, mających szerokie spektrum zastosowania w różnych gałęziach przemysłu. Jak wszystkich organizmów żywych, skład glonów nie jest stały. Zmienia się on w zależności od czynników środowiskowych, takich jak: temperatura, pH, oświetlenie, zawartość dwutlenku węgla czy minerałów (8). Najważniejszym składnikiem biomasy alg jest woda stanowiąca ok. 85% ich mokrej masy. Pozostała część złożona jest głównie z soli mineralnych i węglowodanów. Wśród nich większość stanowią polisacharydy (ok. 60%), które składają się na główny element suchej masy alg. Wyróżniamy wśród nich: mukopolisacharydy (glikoamino-glukany GAG – związki zbudowane z aminocukrów i kwasów uronowych), siarczan chondroityny, kwas alginowy, kwas hialuronowy, fukany, mannitol, sorbitol, karageniany, agar i inne hydrokoloidy. W 7-15% suchą masę glonów budują białka – głównie glikoproteiny i metaloproteiny, które są dobrym źródłem niezbędnych dla człowieka aminokwasów egzogennych (alanina, asparagina, glicyna, lizyna, seryna, izoleucyna, leucyna, metionina, fenyloalanina, treonina, tryptofan i walina) (9). Co ważne, algi zawierają również lipidy, a pośród nich tak ważne dla nas niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe (NNKT), takie jak: kwas eikozapentenyowy (EPA), kwas arachidonowy czy kwas γ -linolenowy (GLA). W glonach zidentyfikowano również wiele związków z grupy witamin. Są to m.in.: karotenoidy (β -karoten – źródło witaminy A), witaminy z grupy B (B_1 , B_2 , B_5 , B_6 , B_{12}), witaminy: C (kwas askorbinowy), E (tokoferol) i D. Algi zawierają też wiele mikro- i makroelementów, które występują w nich w bardzo dobrze przyswajalnych postaciach – jako związki kompleksowe lub metaloorganiczne (2). Są to m.in.: brom, cynk, jod, magnez, mangan, miedź i żelazo. Pośród innych związków chemicznych zidentyfikowanych w glonach wyróżnić możemy wiele roślinnych barwników chroniących przed uszkodzeniami spowodowanymi promieniowaniem UV (chlorofil, fikocyjanina czy fikoerytryna) oraz polifenole (naturalne antyoksydanty).

WŁAŚCIWOŚCI BIOCHEMICZNE

Algi cenione są za swoje lecznicze właściwości już od bardzo dawna. Pierwsze doniesienia o ich stosowaniu pochodzą z Dalekiego Wschodu, gdzie z powodzeniem używano ich do leczenia przeziębienia, kaszlu, zapalenia oskrzeli, otyłości, chorób wenerycznych, dny moczanowej czy powiększonej tarczycy (2). Były one również składnikami przeróżnych maści, kremów i środków znieczulających (10). Dzięki panującej obecnie modzie na zdrowe odżywianie obfitujące w tzw. superfoods, będące produktami o ogromnej ilości składników odżywczych, glony wracają do łask. Udowodniono wiele pozytywnych właściwości alg morskich. Wykazano między innymi ich działanie antyoksydacyjne, przeciwzapalne, antybakteryjne, przeciwwirusowe czy nawet przeciwnowotworowe. Jednak z całą pewnością najbardziej znanym i rozreklamowanym ich zastosowaniem jest stosowanie

glonów jako suplementów diety i różnorodnych „wspomagaczy odchudzania”, co, biorąc pod uwagę ich rozbudowany skład i mnogość zawartych w nich substancji niezbędnych dla prawidłowego funkcjonowania organizmu człowieka, zupełnie nie dziwi. Algi morskie stanowią znakomite źródło białka, witamin, minerałów i kwasów tłuszczowych, nie stanowiąc jednocześnie ryzyka dla zdrowia człowieka, co zostało potwierdzone przez Agencję Żywności i Leków (Food Drug Administration – FDA) w 2012 roku.

NOWOTWORY

Jednym z największych problemów, z którym zmagają się medycyna XXI wieku, są z całą pewnością choroby nowotworowe. Stanowią one przyczynę największej ilości zgonów na świecie, a zachorowalność z nimi związana stale rośnie. Nieustannie poszukuje się nowych metod skutecznej prewencji i spowolnienia tempa kancerogenezy. Niektórymi ze związków o przypisanych powyższych właściwościach, a których obecność potwierdzono w algach, są: flawonoidy, karotenoidy, fikocyjaniny i inne. Mechanizmów działania tych substancji jest wiele, m.in.: indukcja apoptozy komórek guza, zatrzymanie jego cyklu komórkowego, hamowanie angiogenezy czy immunostymulacja (11). Opisano, że fikocyjaniny wybiórczo niszczą błonę komórkową komórek guza, powodując w ten sposób wypłynięcie na zewnątrz ich zawartości, co bezpośrednio prowadzi do ich zniszczenia (12). Innym ze związków wyizolowanym z glonów jest scytonemin, barwnik pochodzący z cyjanobakterii *Stigonema* sp. Jest on inhibitorem jednej z kinaz niezbędnej do regulacji cyklu komórkowego. Dzięki temu hamuje on wzrost komórek szybko dzielących się (co jest jedną z cech komórek nowotworowych), nie posiadając przy tym charakteru cytotoksycznego (13). Algi niosą również nadzieję kobietom będącym w grupie ryzyka zachorowania na raka piersi. Zbadano, że roztwór z brunatnic *Undaria pinnatifida*, będących częstym składnikiem diety Japończyków (znane tam jako mekabu), silnie hamuje karcynogenezę w gruczole piersiowym. Działanie to było nawet silniejsze od szeroko stosowanego u kobiet z rakiem piersi 5-fluorouracylu (5-FU) (14). Kolejnym związkiem o działaniu przeciwnowotworowym jest boroficylina, będąca zawierającym bor metabolitem glonów z rodzaju *Nostoc* (sinice). Po raz kolejny notujemy wybiórczą cytotoksyczność tej substancji, tym razem wobec komórek raka jelita grubego i raka naskórka typu LoVo (10). Następną substancją o udowodnionym działaniu antykarcynogennym jest fikocyjanobilina obecna w bardzo popularnych na rynku algach z rodzaju *Spirulina*. W znaczący sposób hamuje ona wzrost komórek raka trzustki oraz produkcję wolnych rodników tlenowych (15). Oprócz wyżej wymienionych, liczne badania potwierdzają także pozytywny wpływ alg na rozwój raka żołądka, prostaty, wątroby, szyjki macicy czy białaczki (16). Oczywiście najlepsze efekty działań glonów widoczne są na etapie chemoprewencji nowotworów, ale nie można zapomnieć o potencjalnym wykorzystaniu tego typu związków przy pracach nad lekami przeciwnowotworowymi i możliwościach opracowywania nowych rodzajów

terapii, a biorąc pod uwagę skalę zakrojonych nad nimi badań, można stwierdzić, że są to leki przyszłości.

STANY ZAPALNE

Zapalenie to obronna reakcja organizmu, który stara się przeciwdziałać bodźcom potencjalnie dla niego szkodliwym. W odpowiedzi na czynniki chemiczne, fizyczne, biologiczne (zakażenia), biochemiczne czy farmakologiczne obserwujemy: wzrost temperatury, ból, obrzęk, zaczerwienienie i zaburzenie funkcji tkanek. Niestety, przedłużona obecność stanu zapalnego często prowadzi do chorób z autoagresji. Stale pobudzony układ immunologiczny trwale uszkadza tkanki i narządy człowieka, prowadząc nieraz do rozwoju takich chorób autoimmunologicznych, jak: reumatoidalne zapalenie stawów, toczeń rumieniowaty układowy czy migreny. W celu zniwelowania efektów działania stanu zapalnego powszechnie stosuje się niesteroidowe leki przeciwzapalne (NLPZ), które powodują wiele działań niepożądanych, pośród których warto wymienić m.in.: bóle głowy, podrażnienie błony śluzowej żołądka, nudności, zawroty głowy czy śródmiąższowe zapalenie nerek (17). Alternatywą dla ich zastosowania mogą być niektóre z alg. Popularne w Japonii glony nori zawierają feofitynę – związek mający silne działanie przeciwzapalne. Co ważne, sposób ich działania jest inny niż NLPZ, a co za tym idzie, nie powodują wymienionych wcześniej efektów ubocznych (18).

W dużą ilość związków przeciwzapalnych i przeciwbólowych obfitują krasnorosty. Jednym z nich jest występujący na Karaibach gatunek *Vidalia obtusiloba*, w którym odkryto dwa nowe związki bromofenolowe – Vidalol A i B, działające przeciwzapalnie poprzez hamowanie działania fosfolipazy A (19). Kolejnym z opisanych krasnorostów jest *Laurencia glandulifera*, w której odkryto neorogioltriol – związek powodujący spadek aktywności czynnika martwicy nowotworów (TNF) i cyklooksygenazy-2 (COX-2) (20). Oprócz efektów hamujących proces zapalny, wiele alg powoduje również uśmierzanie bólu. Oprócz bardzo znanej *Chlorelli* (21), za przykład mogą posłużyć również glony z rodzaju *Sargassum* (22), *Caulerpa* (23), *Bryothamnion* (24) i wiele innych. Połączenie tych dwóch efektów i brak toksycznych powikłań sprawiają, że wykorzystanie w przyszłości preparatów z alg zamiast konwencjonalnych leków przeciwgorączkowych staje się coraz bardziej prawdopodobne.

ALERGIE

W dzisiejszym, silnie zanieczyszczonym środowisku z roku na rok rośnie odsetek osób cierpiących na różnorakie alergię. Objawiają się one nieprawidłową, nadmierną reakcją organizmu na nieszkodliwy zazwyczaj czynnik środowiskowy, np.: kurz, sierść zwierząt, składniki pożywienia czy pyłki roślin. Pobudzony zostaje układ immunologiczny, czego przejawem najczęściej są: wysypka, świąd, nieżyt nosa czy kichanie. Alergia częstokroć prowadzi też do rozwoju poważniejszych chorób, jak astma czy atopowe zapalenie skóry. Schorzenia te zazwyczaj leczone są glukokortykoidami, które niestety niosą za sobą bardzo wiele niepożądanych efektów

ubocznych. W ostatnich latach przeprowadzono wiele badań mających na celu znalezienie nowych metod leczenia zaburzeń alergicznych, a ich obiektem stały się m.in. algi morskie, w których wykazano obecność szeregu związków o działaniu antyalergicznym (25). W brunatnicach z rodzaju *Eisenia*, od dawna używanych w Japonii w ziołolecznictwie, odkryto fliorotanię, która, poprzez swoje działanie antyhistaminowe, zwalcza objawy alergii (26). Inną opisaną substancją jest fukoidyna. Wykazano, że znacząco zmniejsza ona wytwarzanie IgE nawet po wystąpieniu choroby, co prowadzi do ograniczenia nasilenia objawów uczulenia (27). Kolejnym przykładem na działanie przeciwalergiczne alg morskich jest skuteczna próba zastosowania ekstraktu z brunatnic *Ecklonia cava* w celu inhibicji reakcji astmatycznych. Otrzymane rezultaty dają nadzieję na zastosowanie podobnych preparatów jako terapii wspomagającej przy leczeniu reakcji alergicznych dróg oddechowych.

ZAKAŻENIA

Ogromnym wyzwaniem terapeutycznym dzisiejszych czasów jest stale wzrastająca oporność bakterii na antybiotyki. Wciąż poszukuje się nowych substancji o działaniu antybakteryjnym. Badania nad algami morskimi prowadzone w tym kierunku wykazały, że wiele z nich wytwarza związki o takim działaniu. Ekstrakty przygotowane z glonów pochodzących z Morza Czerwonego (28), Morza Egejskiego, Morza Chińskiego (29) czy nawet z akwenów słodkowodnych (30) wykazywały działanie bakteriostatyczne i bakterioobójcze na poziomie porównywalnym do niektórych konwencjonalnych antybiotyków. Podobne badania przeprowadzono również, skupiając swoją uwagę na wirusach, które, powodując często gwałtownie postępujące choroby o nieoczekiwanym przebiegu, również stanowią duże zagrożenie dla zdrowia całej populacji. Jednym z najczęstszych wirusów trapiących człowieka jest wirus *Herpes simplex* (HSV) wywołujący opryszczkę. Szacuje się, że jego nosicielami jest około 85% ludności. Związki hamujące replikację tego wirusa odnaleziono m.in. w algach z gatunku *Constantinea simplex*, *Farlowia mollis* (31) i wielu innych (32, 33). Także wirus HIV przebadany został pod kątem wrażliwości na niektóre substancje zawarte w glonach. Niektóre z polisacharydów, sulfoglikolipidów i karagenianów okazały się mieć właściwości wirusobójcze. Wiele z analizowanych alg wykazywało działanie hamujące replikację obu opisanych wirusów (33, 34). Fakt ten nietrudno wytłumaczyć biorąc pod uwagę to, że zarówno wirus HSV, jak i HIV należą do tej samej rodziny – retrowirusów. Odkrycie w algach tak wielu związków o działaniu wirusobójczym daje duże nadzieje na dalszy rozwój prowadzonych nad nimi badań, których rezultatem może być opracowanie nowych możliwości terapii antyretrowirusowej.

OTYŁOŚĆ

Gwałtownie rosnącym problemem naszego społeczeństwa jest nadwaga. Szacuje się, że ponad połowa Polaków ma problemy z otyłością (35). To właśnie na fali mody na

odchudzanie i zdrowe życie algi morskie zyskały największą popularność. Ich działanie opiera się na dwóch głównych mechanizmach. Dzięki wysokiej zawartości błonnika, glony pomagają spowolnić trawienie, poprawić pasaż żołądkowo-jelitowy i obniżyć wchłanianie kalorii (36). Ponadto, wykazano, że regularnie przyjmowany przed posiłkami alginian sodu, będący żelującą substancją pozyskiwaną z brunatnic, powoduje spadek ilości przyjmowanych kalorii o 7% (37). W drugim z mechanizmów działania alg morskich w walce z nadwagą uczestniczy fukoidan. Związek ten również pozyskiwany jest z brunatnic, a jego działanie polega na zwiększeniu stężenia hormonozależnej lipazy, co prowadzi do nasilenia lipolizy, a w konsekwencji do obniżenia akumulacji tłuszczu w organizmie (38). Podobnym działaniem cechuje się fukoksantina. Poprzez indukcję białka UCP1 w tkance tłuszczowej, nasila ona utlenianie kwasów tłuszczowych i produkcję ciepła. Dodatkowo, wpływając na komórkowy transporter glukozy GLUT4, zwiększa insulinoporność i przyczynia się do unormowania poziomu glukozy we krwi (39). Odkrycia te stwarzają realną alternatywę dla tradycyjnie stosowanego w zwalczaniu otyłości orlistatu – leku obniżającego wchłanianie tłuszczów, którego użycie obciążone jest jednak wieloma skutkami ubocznymi.

ZRÓŻNICOWANIE BIOLOGICZNE

Ogromna ilość gatunków alg, ich zróżnicowanie, rozpowszechnienie na świecie czy toksyczność mogą powodować początkowe trudności z wprowadzaniem glonów do codziennej diety. Mnogość działań substancji, które zawierają, potęguje ich korzystny wpływ na ludzki organizm i z tego powodu warto byłoby wiedzieć, po które z gatunków sięgać. Najpopularniejszymi algami, które powinny stanowić element nowoczesnych sposobów odżywiania, są: spirulina, nori, chlorella, kombu i wakame.

SPIRULINA

Spirulina plantesis jest glonem należącym do gromady sinic. Po raz pierwszy wyizolowana została w roku 1872 przez Turnipa. Wykazuje się wyjątkową zdolnością do adaptacji w różnych warunkach środowiskowych, jednak największą jej obfitością charakteryzują się obszary o pH zasadowym. Najczęściej występuje w jeziorach Afryki Centralnej, gdzie może stanowić aż 80% planktonu. Spirulina wykorzystywana była już w czasach starożytnych jako źródło substancji odżywczych. Jest ona bogata w witaminy z grupy B, witaminę E i fikocyjaniny. Cechuje się wysoką zawartością białek (aż do 70% suchej masy), a także zawiera liczne składniki mineralne. Jest najczęściej stosowana w przemyśle żywieniowym i medycznym. Używana jest też jako źródło egzogennych aminokwasów, witaminy B₁₂ i żelaza, składników szczególnie istotnych w dietach wegetariańskich. Często stosowana jako substancja wzmacniająca odporność, poprawiająca wyniki kuracji odchudzających czy pomagająca sportowcom dostarczać duże ilości energii. Ponadto, często dodawana jest do kosmetyków przeznaczonych dla osób z problemami skórnymi (40).

NORI

Nori jest japońską nazwą dla jadalnych glonów z gromady *Porphyra*, należącej do krasnorostów. Najczęściej wykorzystywanymi gatunkami są *P. yezoensis* i *P. tenera*. Nori zaczęto stosować w Japonii około VIII wieku n.e. Wówczas glony te były zbierane, suszone i używane jako pożywienie w postaci zmielonej pasty. Popularna w dzisiejszych czasach forma wyschniętego papieru została wprowadzona dopiero w XVIII wieku. Nori stosowane jest powszechnie do zwijania sushi i onigiri, jako dekoracja czy dodatek do zup i makaronów. Pod względem odżywczym te gatunki alg odznaczają się bardzo wysoką zawartością porphyranu, który jest naturalnym błonnikiem (około 40% suchej masy) i ma działanie immunostymulujące zarówno *in vivo*, jak i *in vitro* (41). Ponadto, nori cechuje się wysoką zawartością witamin C i B, minerałów, wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, karotenoidów oraz sacharydów. W Chinach używana była od około 1000 lat i wciąż uważana jest za efektywną w leczeniu gorączki, zwiększania diurezy, zmiękczenia twardych tkanek czy rozrzedzenia flegmy. Ostatnie badania wskazują na jej skuteczność w leczeniu woli tarczycy, nadciśnienia, zapalenia oskrzeli lub krtani, a także zmniejszaniu obrzęków. Inne działania alg z gromady *Porphyra* obejmują immunomodulację, działania antyoksydacyjne, antykoagulacyjne, przeciwnowotworowe i chroniące wątrobę (42).

CHLORELLA

Chlorella vulgaris jest mikroalgą należącą do gromady zielenic. Jest to jeden z najlepiej poznanych i przebadanych eukariontów fototroficznych. Przez niemożliwą do strawienia ścianę komórkową, przed użyciem w celach suplementacyjnych musi przejść obróbkę polegającą na jej zniszczeniu i uwolnieniu składników znajdujących się wewnątrz komórki (43). Od lat 60 XX w. chlorella jest uprawiana w ogromnych ilościach, by dorównać wzrastającemu zapotrzebowaniu na alternatywne źródła białek. Dzięki jej umiejętności wzrastania w niekorzystnych warunkach stała się jednym z najczęściej produkowanych organizmów wśród alg (produkowana przez ponad 70 firm). Okres produkcyjny obejmuje kultywację, wysuszenie i sprzedaż w postaci tabletek, kapsułek, ekstraktów lub proszków. Polisacharydy zawarte w chlorelli są uważane za jej najważniejszy składnik o wysokim działaniu immunostymulującym, usuwającym wolne rodniki i zmniejszającym poziom lipidów we krwi. Do innych pozytywnych wpływów spożywania chlorelli można zaliczyć obniżenie cholesterolu, działanie przeciwko miażdżycy czy nowotworom. Ekstrakty z tego gatunku glona mają działanie przeciwbakteryjne, a także ponadprzeciętne stężenie chlorofilu alfa i beta karotenu (44).

KOMBU

Kombu jest jadalnym surowcem pozyskiwanym z wielu gatunków alg z rzędu listownicowców, m.in. z listownicy japońskiej. Powszechnie rozpowszechniony na świecie, jedzony na surowo lub w postaci przyrządzonego z niego wywaru, może być dodatkiem do wielu tradycyjnych japońskich

potraw. W Polsce kombu dostępne jest w formie suszonej. Jednym z najważniejszych składników kombu jest fukoksantyna – charakterystyczny karotenoid występujący w wielu gatunkach brunatnic. Jego działanie ma największy wpływ na zwiększenie aktywności enzymów mitochondrialnych występujących w białej tkance tłuszczowej, które skutkuje wzrostem utleniania kwasów tłuszczowych i produkcji ciepła. Dzięki temu efektowi kombu może być używane m.in. do walki z otyłością (45). Do innych efektów fukoksantyny można zaliczyć apoptozę komórek nowotworowych czy usuwanie wolnych rodników. Dodatkowo, dzięki obecności polifenoli, spożywanie kombu może hamować rozwój cukrzycy, nadciśnienia i chorób wątroby (46-48).

WAKAME

Wakame to handlowa nazwa *Undaria perruviana* – algi należącej do brunatnic z rzędu listownicowców. Używane powszechnie w kuchni japońskiej, m.in. do gotowania tradycyjnej miso-shiru czy diety Genmai-Saishoku. Jednym z pozytywnych właściwości wakame jest jego wpływ na wirusa HSV-1 i rozwój choroby Alzheimerera. Zawarte w tym glonie usiarczanowane polisacharydy zawierające reszty fukozowe hamują wchodzenie wirusów do komórek, a dzięki odmiennemu działaniu w porównaniu do leków przeciwko HSV-1 mogą być skutecznym uzupełnieniem terapii. Owe działanie ma także wpływ na spowolnienie wytwarzania przez zakażone komórki amyloidu B czy białka tau, które zwiększają zaawansowanie choroby Alzheimerera (49).

ZASTOSOWANIA ALTERNATYWNE

Oprócz wyżej opisanych, dietetycznych i kulinarnych sposobów wykorzystania zasobów, jakie dostarczają nam glony, ich składniki mogą być używane w innych gałęziach przemysłu. Przykładami alternatywnego zastosowania substancji pozyskiwanych z alg są agar i alginian. Agar, czyli strukturalny polisacharyd zbudowany z reszt galaktozy, dostępny jest w formie włókien, proszku lub płatków. Pod wpływem wody pęcznieje, a w wysokiej temperaturze tworzy lepkie lub galaretowate koloidy, które wraz z utratą ciepła twardnieją. Wykorzystywany jest głównie do produkcji beztłuszczowych kremów i maseczek, zwiększa przyczepność i smarowalność tych preparatów. Dodatkowo, często bywa używany w przemyśle spożywczym jako substytut żelatyny zwierzęcej, zagęszczacz, emulgator i stabilizator. W laboratoriach używany jest do tworzenia pożywek dla hodowli bakteryjnych lub tkankowych (50).

Alginian także należy do polisacharydów strukturalnych alg, a w zależności od swojej budowy może tworzyć żełe elastyczne i miękkie lub bardziej sztywne. Lepkość roztworów alginianu zależy od jego masy cząsteczkowej, a więc od wielkości polisacharydu. Najczęściej wykorzystywanym związkami jest alginian sodu. Jest on bezwonny i bezsmakową solą, która dzięki dobremu wiązaniu wody używana jest do zagęszczania, żelowania lub stabilizowania mas marcepanowych, owocowych, marmolad i innych (51). Dodatkowo stosowany jest do unieruchamiania związków chemicznych,

natomiast jego włókien używa się w inżynierii biomedycznej jako nowoczesnych materiałów opatrunkowych (1).

ZAGROŻENIA

Glony są powszechnie uważane i klasyfikowane jako suplementy o działaniu potencjalnie bezpiecznym dla dorosłych. Podstawowym problemem związanym z nadużyciem alg jest szeroka dostępność preparatów stworzonych na bazie glonów. Brak ograniczeń w możliwości kupna i przeświadczenie o zbawiennym działaniu czasem prowadzi do nadmiernego spożycia suplementów i wystąpienia możliwych reakcji niepożądanych. Niektóre z gatunków mogą być skażone toksyną zwaną mikrocytyną, która może być toksyczna dla nerek, wątroby czy układu nerwowego. Z tego powodu ważne jest, by kupować produkty oznaczone certyfikatem gwarantującym przebadanie na obecność tej toksyny. Kolejny negatywny wpływ spożycia alg dotyczy nadmiernego spożywania spiruliny w ciąży, co niestety może skutkować hiperkalcemią u noworodka (52). Dodatkowo, algi wpływając stymulująco na system odpornościowy, mogą powodować reakcje alergiczne, a także wznowy lub zaostrzenia chorób autoimmunologicznych (53). Zbyt duże spożycie glonów może skutkować odkładaniem się występującego w nich agaru, który, tworząc bezoary, może prowadzić do obstrukcji jelita cienkiego (54).

Najważniejszym i największym zagrożeniem dla człowieka nie jest samo spożycie glonów, lecz spożywanie ryb i owoców morza, które zostały skażone przez toksyczne algi. Wyróżnia się cztery jednostki chorobowe związane ze spożyciem skażonych skorupiaków i jedną związaną ze

spożyciem ryb. Większość z nich charakteryzuje się głównie objawami ze strony układu pokarmowego, lecz niektóre, obejmujące także układ nerwowy i sercowo-naczyniowy, mogą być śmiertelne (55).

CZY WARTO JEŚĆ ALGI?

W dzisiejszych czasach algi morskie szybko zyskują na popularności. Próbuując odpowiedzieć na zadane w tytule niniejszego artykułu pytanie, należy przyznać, że korzyści, które mogą przynieść nam glony, zdecydowanie przewyższają potencjalne straty. Dostępne suplementy diety pochodzące z alg na pewno nie są szkodliwe, a znakomicie nadają się do uzupełniania niedoborów organizmu człowieka. Zastosowane jako składniki potraw, zdecydowanie wzbogacają ich wartości odżywcze. Nie można też zapomnieć o ich unikalnych walorach smakowych. Jako element kuchni japońskiej zdobywają miłośników na całym świecie. Rosnące zainteresowanie społeczne odzwierciedla też liczba badań prowadzonych nad algami morskimi. Przytoczone w tym artykule efekty, które mogą wywoływać preparaty powstałe z glonów, to tylko część pozytywnych działań. Z każdym nowym odkryciem pojawia się coraz więcej pytań i potencjalnych zastosowań. Kto wie, może tak poszukiwany przez wielu badaczy lek na nowotwory okaże się być właśnie produktem pochodzącym z alg morskich? A może dzięki ulepszonym metodom ich hodowli uda się wygrać z panującym w niektórych miejscach na świecie niedożywieniem? Na te i wiele innych pytań odpowiedzieć nam może tylko czas. Już teraz pewne jest jednak to, że morskie glony są jednym z kierunków w żywieniu przyszłości.

KONFLIKT INTERESÓW

CONFLICT OF INTEREST

Brak konfliktu interesów
None

ADRES DO KORESPONDENCJI

Zygmunt Zdrojewicz
Wydział Lekarski
Kształcenia Podyplomowego
Katedra i Klinika Endokrynologii,
Diabetologii i Leczenia Izotopami
Uniwersytet Medyczny
im. Piastów Śląskich we Wrocławiu
ul. Pasteura 4, 50-367 Wrocław
tel.: +48 (71) 784-25-54
zygmunt.zdrojewicz@umed.wroc.pl

PIŚMIENNICTWO

1. Pieleś A: Algi i alginiany – leczenie, zdrowie i uroda. Wydawnictwo internetowe e-bookowo 2010.
2. Godlewska K, Michalak I, Chojnacka K: Glony na zdrowie. Wiadomości chemiczne 2014; 9(68): 834-852.
3. Kępska D, Olejnik Ł: Algi – przyszłość z morza. Chemik 2014; 11(68): 967-972.
4. Mikołajczak K, Olejnik PP: Substancje bioaktywne w algach. [W:] Lewandowicz G, Le Thanh-Blicharz J (red.): Bioprodukty – pozyskiwanie, właściwości i zastosowanie w produkcji żywności. Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu. Poznań 2016: 104-110.
5. Chung K, Ferris D: Martinus Willem Beijerinck (1851-1931). JAMA 1963; 185(1): 40-41.
6. Trueman C: Impact of World War One on the Weimar Republic; <http://www.historylearningsite.co.uk/modern-world-history-1918-to-1980/weimar-germany/impact-of-world-war-one-on-the-weimar-republic/> (data dostępu: 9.03.2017).
7. Spolaore P, Joannis-Cassan C, Duran E: Commercial applications of microalgae. J Biosci Bioeng 2006; 2(101): 87-96.
8. Becker W: Microalgae in Human and Animal Nutrition. Handbook of Microalgal Culture 2004: 312-351.
9. Pieleś A: Skład chemiczny algi brązowej *Fucus vesiculosus* L. Post Fitoter 2011; 1: 9-17.
10. Sithranga Boopathy N, Kathiresan K: Anticancer drugs from marine flora: An overview. Journal of Oncology 2010. DOI: 10.1155/2010/214186.
11. Sheih I, Fang T, Wu T: Anticancer and antioxidant activities of the peptide fraction from algae protein waste. J Agric Food Chem 2010; 2(58): 1202-1207.

12. Klasik S, Burczyk J, Zych M: *Spirulina platensis* mikroskopijny organizm – możliwości praktycznego zastosowania. Farmakologiczny Przegląd Naukowy 2009; 7: 12-15.
13. Stevenson C, Capper E, Roshak A: The Identification and Characterization of the Marine Natural Product Scytonemin as a Novel Antiproliferative Pharmacophore. J Pharmacol Exp Ther 2002; 2(303): 858-866.
14. Funahashi H, Imai T, Mase T: Seaweed prevents breast cancer? Jpn J Cancer Res 2001; 5(92): 483-487.
15. Koničková R, Vaňková K, Vaníková J: Anti-cancer effects of blue-green alga *Spirulina platensis*, a natural source of bilirubin-like tetrapyrrolic compounds. Ann Hepatol 2014; 2(13): 273-283.
16. Lee J, Hou M, Huang H: Marine algal natural products with anti-oxidative, anti-inflammatory, and anti-cancer properties. Cancer Cell Int 2013; 1(13): 55.
17. Rell K: Wybrane aspekty bezpieczeństwa leczenia NLPZ. Pediatr Med Rodz 2011; 1(7): 41-48.
18. Okai Y, Higashi-Okai K: Potent anti-inflammatory activity of pheophytin a derived from edible green alga, *Enteromorpha prolifera* (Sujiao-nori). Int Immunopharmacol 1997; 6(19): 355-358.
19. Wiemer D, Idler D, Fenical W: Vidalols A and B, new anti-inflammatory bromophenols from the Caribbean marine red alga *Vidalia obtusiloba*. Experientia 1991; 8(47): 851-853.
20. Chatter R, Othman R, Rabhi S: *In Vivo* and *in Vitro* Anti-Inflammatory Activity of Neorogioltriol, a New Diterpene Extracted from the Red Algae *Laurencia glandulifera*. Marine Drugs 2011; 9: 1293-1306.
21. Guzmán S, Gato A, Calleja J: Antiinflammatory, analgesic and free radical scavenging activities of the marine microalgae *Chlorella stigmatophora* and *Phaeodactylum tricornutum*. Phytotherapy Res 2001; 3(15): 224-230.
22. Kang J, Khan M, Park N: Antipyretic, analgesic, and anti-inflammatory activities of the seaweed *Sargassum fulvellum* and *Sargassum thunbergii* in mice. J Ethnopharmacol 2008; 1(116): 187-190.
23. Da Matta C, De Souza É, De Queiroz A: Antinociceptive and anti-inflammatory activity from algae of the Genus *Caulerpa*. Marine Drugs 2011; 3(9): 307-318.
24. Viana G, Freitas A, Lima M: Antinociceptive activity of sulfated carbohydrates from the red algae *Bryothamnion seaforthii* (Turner) Kütz. and *B. triquetrum* (S.G. Gmel.) M. Howe. Braz J Med Biol Res 2002; 6(35): 713-722.
25. Vo T-S, Ngo D-H, Kim S-K: Marine algae as a potential pharmaceutical source for anti-allergic therapeutics. Process Biochem 2012; 3(47): 386-394.
26. Sugiura Y, Matsuda K, Yamada Y: Isolation of a New Anti-Allergic Phlorotannin, Phlorofucofuroeckol-B, from an Edible Brown Alga, *Eisenia arborea*. Biosci Biotechnol Biochem 2006; 11(70): 2807-2811.
27. Iwamoto K, Hiragun T, Takahagi S: Fucoidan suppresses IgE production in peripheral blood mononuclear cells from patients with atopic dermatitis. Arch Dermatol Res 2011; 6(303): 425-431.
28. Al-Saif S, Abdel-Raouf N, El-Wazanani H: Antibacterial substances from marine algae isolated from Jeddah coast of Red sea, Saudi Arabia. Saudi J Biol Sci 2014; 21: 57-64.
29. Yi Z, Yin-Shan C, Hai-Sheng L: Screening for antibacterial and antifungal activities in some marine algae from the Fujian coast of China with three different solvents. Chin J Oceanil Limn 2001; 4(19): 327-331.
30. Abdo S, Hetta M, Samhan F: Phytochemical and Antibacterial Study of Five Freshwater Algal Species. Asian J Plant Sci 2012; 11(3):109-116.
31. Richards J, Kern E, Glasgow L: Antiviral activity of extracts from marine algae. Antimicrob Agents Chemother 1978; 1(14): 24-31.
32. Ehresmann D, Deig E, Hatch M: Antiviral substances from California marine algae. J Phycol 1977; 1(13): 37-40.
33. Hayashi K, Hamada J, Hayashi T: A Screening Strategy for Selection of Anti-HSV-1 and Anti-HIV Extracts from Algae. Phytotherapy Res 1996; 3(10): 233-237.
34. Schaeffer D, Krylov V: Anti-HIV Activity of Extracts and Compounds from Algae and Cyanobacteria. Ecotoxicol Environ Saf 2000; 3(45): 208-227.
35. Statystyczny urząd główny: Jakość życia w Polsce. 2016.
36. Mohamed S, Hashim S, Rahman H: Seaweeds: A sustainable functional food for complementary and alternative therapy. Trends Food Sci Technol 2012; 2(23): 83-96.
37. Paxman J, Richardson J, Dettmar P: Daily ingestion of alginate reduces energy intake in free-living subjects. Appetite 2008; 3(51): 713-719.

38. Park M, Jung U, Roh C: Fucooidan from Marine Brown Algae Inhibits Lipid Accumulation. *Marine Drugs* 2011; 8(9): 1359-1367.
39. Maeda H: Nutraceutical effects of fucoxanthin for obesity and diabetes therapy: a review. *J Oleo Sci* 2015; 2(64): 125-132.
40. Zdrojewicz Z, Idzior A, Kocjan O: Spirulina i błonnik witalny a leczenie otyłości. *Med Rodz* 2015; 1(18): 18-22.
41. Muszyńska B, Jękot B, Mastalerz T, Sułkowska-Ziaja K: Analiza zawartości pochodnych L-tryptofanu w wybranych algach i w produktach zawierających algi. *Post Fitoter* 2015; 3: 139-143.
42. Cao J, Wang J, Wang S: Porphyra Species: A Mini-Review of Its Pharmacological and Nutritional Properties. *J Med Food* 2016; 2(19): 111-119.
43. Tang G, Suter P: Vitamin A, nutrition, and health values of algae: spirulina, chlorella, and dunaliella. *Journal of Pharmacy and Nutrition Sciences* 2011; 1: 111-118.
44. Görs M, Schumann R, Hepperle D: Quality analysis of commercial Chlorella products used as dietary supplement in human nutrition. *J Appl Phycol* 2010; 3(22): 265-276.
45. D'Orazio N, Gemello E, Gammone M: Fucoxantin: A Treasure from the Sea. *Marine Drugs* 2012; 3(10): 604-616.
46. Yu R, Hu X, Xu S: Effects of fucoxanthin on proliferation and apoptosis in human gastric adenocarcinoma MGC-803 cells via JAK/STAT signal pathway. *Eur J Pharmacol* 2011; 1-3(657): 10-19.
47. Ayyad S, Ezmirly S, Basaif S: Antioxidant, cytotoxic, antitumor, and protective DNA damage metabolites from the red sea brown alga *Sargassum* sp. *Pharmacognosy Res* 2011; 3: 160.
48. Rocha F, Soares A, Houghton P: Potential cytotoxic activity of some Brazilian seaweeds on human melanoma cells. *Phytherapy Res* 2007; 2(21): 170-175.
49. Wozniak M, Bell T, Dénes Á: Anti-HSV1 activity of brown algal polysaccharides and possible relevance to the treatment of Alzheimer's disease. *Int J Biol Macromol* 2015; 3(74): 530-540.
50. Agar – JECFA specification, CyberColloids; <http://www.cybercolloids.net/information/technical-articles/agar-jecfa-specification-0> (data dostępu: 9.03.2017).
51. Pakuła E: Algi morskie; https://www.doz.pl/czytelnia/a356-Algi_morskie (data dostępu: 9.03.2017).
52. Renee J: Harmful effects of blue-green algae; <http://www.livestrong.com/article/150719-harmful-effects-of-blue-green-algae/> (data dostępu: 9.03.2017).
53. Chlorella: Uses, Side Effects, Interactions and Warnings. WebMD; <http://www.webmd.com/vitamins-supplements/ingredientmono-907-chlorella.aspx?activeingredientid=907&activeingredientname=chlorella> (data dostępu: 9.03.2017).
54. Osada T, Shibuya T, Kodani T: Obstructing small bowel bezoars due to an agar diet: diagnosis using double balloon enteroscopy. *Internal Medicine* 2008; 7(47): 617-620.
55. What are Harmful Algae? UNESCO; http://hab.ioc-unesco.org/index.php?option=com_content&view=article&id=5&Itemid=16 (data dostępu: 9.03.2017).

nadesłano: 2.02.2018

zaakceptowano do druku: 23.02.2018