

Możliwości wykorzystania glonów i składników z nich pozyskiwanych w przemyśle kosmetycznym

Possibilities of using algae and ingredients derived from them in the cosmetics industry

WSTĘP

Glony, inaczej algi to nazwa ogólna dla plechowatych, najczęściej samożywnych organizmów zarodnikowych, które żyją w środowisku wodnym lub wilgotnym. Były to jedne z pierwszych form życia zdolnych do fotosyntezy [1]. Od kilku tysięcy lat są wykorzystywane do celów leczniczych, kosmetycznych i spożywczych w Azji oraz krajach Afryki i obu Ameryk. Współcześnie coraz większe zastosowanie mają również na rynku europejskim. Związki zawarte w algach wykazują niezwykle szerokie spektrum działania. Wykorzystywane są jako składniki przeciwgrzybicze, przeciwbakteryjne, przeciwwirusowe oraz antyoksydacyjne, ale również przeciwzapalne, przeciwnowotworowe oraz fotoprotekcyjne, przez co stanowią niezwykle interesujący temat dla przemysłu kosmetycznego [2].

METODA

Dokonano przeglądu artykułów naukowych w internetowych bazach danych z lat 1999-2018 i wyselekcjonowano informacje dotyczące składników pozyskiwanych z alg i ich zastosowania w przemyśle kosmetycznym oraz innych zastosowań prozdrowotnych. Korzystano z prac opublikowanych w języku polskim i angielskim, były to pozycje oryginalne oraz przeglądowe, możliwie jak najnowsze, przedstawiające współczesne możliwości wykorzystania glonów. Stosowano następujące słowa kluczowe oraz ich kombinacje: algi (*algae*), skóra (*skin*), astaksantyna (*astaxanthin*), polisacharydy (*polysaccharides*), cellulit (*cellulite*), talasoterapia (*thalassotherapy*), laminaryna (*laminarin*), fukoidan (*fucoïdan*), jod (*iodine*).

Alicja Goraj

Koło Naukowe przy Zakładzie Biochemii i Podstaw Kosmetologii, Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie al. Jana Pawła II 78 31-571 Kraków
E: gorajalicia@gmail.com
T: +48 12 683 11 54

Anna Piotrowska

Zakład Biochemii i Podstaw Kosmetologii Akademia Wychowania Fizycznego w Krakowie al. Jana Pawła II 78 31-571 Kraków
E: anna.piotrowska@awf.krakow.pl
T: +48 12 683 11 54

» 294

STRESZCZENIE

Algi od tysięcy lat wykorzystywane były przez ludzi w celach spożywczych i leczniczych. Obecnie dzięki postępowi technologii chemicznej i recepturowej oraz badaniom naukowym stanowią popularny i skuteczny surowiec wykorzystywany w produkcji kosmetyków i suplementów diety. Charakteryzuje je działanie przeciwzapalne, przeciwbakteryjne, przeciwgrzybicze, antyutleniające, polepszające krążenie.

Celem badań było podsumowanie doniesień dotyczących właściwości alg i wykorzystania ich w przemyśle kosmetycznym oraz szczegółowe ich omówienie. Wskazano najcenniejsze surowce pozyskiwane z alg i określono ich skuteczność na podstawie dostępnej literatury naukowej. Pokazano różne możliwości stosowania tych naturalnych surowców oraz możliwe dalsze kierunki rozwoju.

Słowa kluczowe: algi, astaksantyna, polisacharydy, cellulit, talasoterapia, laminaryna, fukoidan, jod

ABSTRACT

Algae have been for thousands of years for food and medicine. Nowadays, thanks to the progress of chemical and prescription technology as well as scientific research, they are a popular and effective raw material used in the production of cosmetics and dietary supplements. Algae is well-known for its anti-inflammatory, antibacterial, antifungal, antioxidant action, and for blood circulation improvement.

The aim of the study was to summarize reports on the properties of algae and their use in the cosmetology industry and a detailed discussion of them. The most valuable raw materials derived from algae were indicated and their effectiveness was determined based on the available scientific literature. Various possibilities of using these natural resources and possible further development directions have been shown.

Keywords: *algae, astaxanthin, polysaccharides, cellulite, thalassotherapy, laminarin, fucoïdan, iodine*

otrzymano / received

30.04.2019

poprawiono / corrected

14.05.2019

zaakceptowano / accepted

28.05.2019

WYNIKI PRZEGLĄDU

Metody pozyskiwania alg do celów kosmetycznych

Do niedawna glony były przygotowywane do użytku w sposób analogiczny jak surowce pozyskiwane z roślin zielnych: poddawano je procesowi suszenia i kruszenia. Skuteczność tak przetworzonego surowca (ze względu na wielkość ziaren kruszu) była jednak niska. Aby składniki aktywne zawarte w algach mogły w efektywny sposób zostać wykorzystane do aplikacji na skórę, muszą zostać poddane procesowi mikronizacji lub ekstrakcji [3].

Mikronizacja surowca przebiega w następujących etapach: suszenie na słońcu, mielenie, obróbka w bębnych ciśnieniowych (podczas zmiany ciśnienia i niskiej temperatury komórki glonów pękają uwalniając zawartość). W ostatnim etapie materiał jest filtrowany w kolektorze, produktem jest wysoce skoncentrowany, mialki proszek. Tak przygotowane algi stanowią aktywny, łatwo przyswajalny składnik kosmetyków oraz skuteczną bazę zabiegów kosmetycznych [4]. Do innych technik pozwalających na wyizolowanie składników aktywnych z surowca zalicza się [1-3]:

- destylację;
- rozdział chromatograficzny;
- ekstrakcję wodną lub rozpuszczalnikami organicznymi;
- ekstrakcję nadkrytyczną i wspomaganą sonifikacją;
- ekstrakcję wspomaganą enzymem.

Techniki ekstrakcji różnią się wydajnością i finalnym składem ekstraktu. Ze względu na koszty i satysfakcjonującą wydajność zwykle do ekstrakcji substancji czynnych stosuje się ekstrakcję rozpuszczalnikową wodą, etanolem lub heksanem. Należy jednak pamiętać, że rozpuszczalniki organiczne są łatwopalne, często już w niskich dawkach toksyczne, a w niektórych przypadkach niebezpieczne dla środowiska. Należy je oddzielić od końcowego ekstraktu, zwłaszcza jeśli produkt ma być stosowany w celach spożywczych, do kontaktu ze skórą i błonami śluzowymi lub w celach leczniczych. Ekstrakcja wspomaganą enzymem pozwala na skuteczną hydrolizę ścian komórkowych alg i uwalnianie substancji czynnych do fazy ciekłej. Jest używana do ekstrakcji z biomasy przeciwutleniaczy, karotenoidów z grupy ksantofili i fukoksantyn, lipidów i polisacharydów [1, 3]. Natomiast zastosowanie sonifikacji umożliwia ekstrakcję wielonienasyconych kwasów tłuszczowych PUFA (*polyunsaturated fatty acid*), polisacharydów, pigmentów, fenoli, fitosteroli, fitolu i mikroelementów [3]. Ekstrakcja dwutlenkiem węgla w stanie nadkrytycznym stosowana jest głównie do izolacji pigmentów (chlorofili, astaksantyny, kantaksyminy, β -karotenu i fukoksantyny), lipidów i witaminy E [3]. Jej podstawowym ograniczeniem jest jednak cena.

Surowce aktywne pozyskiwane z alg stosowane w kosmetologii

Na rysunku 1 przedstawiono najważniejsze z kosmetycznego, medycznego i prozdrowotnego punktu widzenia grupy związków ekstrahowane z alg, wybrane na podstawie ilości publikacji naukowych znalezionych w elektronicznej bazie danych pubmed.gov na dzień 30 grudnia 2018 roku.



Rys. 1 Składniki pozyskiwane z alg Źródło: Opracowanie własne na podstawie bazy pubmed.gov

• Kwasy tłuszczowe i lipidy

Niska temperatura środowiska wpływa korzystnie na zawartość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (WNKT) w algach [5, 6]. Organizmy żyjące w takich warunkach utrzymują płynność błony komórkowej poprzez wytwarzanie WNKT. Natomiast podczas wysychania akumulowane są triacyloglicerole.

W wielu formułach kosmetycznych można spotkać oleje pozyskiwane z alg. Stanowią bazę kosmetyku lub składniki aktywne preparatu. Tworzą warstwę ochronną na skórze, która ogranicza przetranskorkową utratę wody TEWL (*transepidermal water loss*), działają zmiękczająco, uelastyczniają, łagodzą podrażnienia oraz ograniczają rozwój stanu zapalnego [7]. Charakterystyka najważniejszych kwasów tłuszczowych i lipidów występujących w różnych gatunkach alg opisano w tabeli 1.

• Polifenole

W plechach alg, podobnie jak w tkankach roślinnych, polifenole odpowiadają za ochronę przed promieniowaniem ultrafioletowym, patogenami i innymi szkodliwymi czynnikami [2]. Są silnymi naturalnymi antyoksydantami, mają też inne, ciekawe właściwości, przez co stanowią punkt zainteresowania producentów kosmetyków. Ekstrahowane są najczęściej z brunatnic (*Hormophysa triquerta*, *Spatoglossum asperum*, *Padina tetrastratica*) [16]. Aplikowane na skórę hamują ekspresję proonkogenów i proliferację komórek nowotworowych [17]. Absorbują promieniowanie ultrafioletowe UV (zwłaszcza z zakresu UVB, w niewielkim stopniu również UVA) i opóźniają procesy starzenia się skóry wpływając na ekspresję metaloproteinaz i ich inhibitorów [18]. Najważniejsze związki z tej grupy, to taniny morskie (*phlorotannins*, *marine polyphenols*), sargachromanol E [19].

Tabela 1 Charakterystyka najważniejszych kwasów tłuszczowych i lipidów pozyskiwanych z alg

Surowiec	Funkcja kosmetyczna	Występowanie w algach	Źródło
Kwas arachidonowy	Wspomaga odbudowę płaszczka lipidowego naskórka. Niedobory mogą prowadzić do utraty włosów. Uczestniczy w syntezie cytokin pro- i anty- zapalnych.	<i>Parietochloris incisa</i>	[8, 9]
Kwas γ-linolenowy	Należy do grupy niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (NNKT). Ma działanie łagodzące stany zapalne, podrażnioną skórę, wspomaga gojenie ran. Może być stosowany na skórę poddaną zabiegom laserowym, w pielęgnacji skóry dotkniętej atopowym zapaleniem skóry (AZS) i trądzikiem różowatym. Przyczynia się do likwidacji szorstkości skóry, łuszczącego naskórka, odbudowuje warstwę barierową i chroni ją. Stosowany doustnie ogranicza TEWL w naskórku, łagodzi objawy AZS.	<i>Arthrospira platensis</i>	[7, 10-13]
Fitosterole: ergosterol i 7-dehidroporiferasterol	Występują w błonach komórkowych. W organizmie człowieka są magazynowane w łożu oraz cemencie międzykomórkowym, co sprzyja umacnianiu bariery lipidowej naskórka oraz hamowaniu TEWL. Działają antyoksydacyjnie neutralizując wolne rodniki, poprawiają elastyczność i jędrność skóry poprzez aktywację syntezy kolagenu i elastyny.	<i>Dunaliella tertiolecta</i>	[14, 15]

Źródło: [7-15]

• Polisacharydy

Około 60% wszystkich substancji aktywnych znajdujących się w glonach stanowią polisacharydy. Wyróżnia się kilka grup, które dzięki swoim charakterystycznym właściwościom wykorzystywane są w przemyśle kosmetycznym.

Galaktany to polimery zbudowane z fragmentów D-galaktozy lub L-galaktozy. Wchodzą w skład ścian komórkowych krasnorostów i brunatnic [20]. Są to hydrokoloidy stosowane w celu modulowania właściwości reologicznych preparatu kosmetycznego [2]. Do najbardziej znanych należą agar i karagenina. Agar to bezbarwna i bezwonna substancja rozpuszczalna w ciepłej wodzie (1% roztwór po schłodzeniu tworzy żel [21]). Właściwości żelujące wykorzystywane są w produkcji past do zębów, szamponów, żeli do włosów, kremów do rąk [10], masek ściągających pory [22] oraz beztłuszczowych kremów i balsamów do ciała. Agar poprawia przyczepność tych preparatów oraz ułatwia ich rozprowadzanie na skórze lub błonach śluzowych [2]. Jest składnikiem hydrożeli wykorzystywanych w celu leczenia ran i oparzeń, owrzodzeń, a także odleżyn. Hydrożele chronią chorą skórę przed wnikaniem drobnoustrojów oraz zabezpieczają przed wysychaniem, co przyspiesza proces gojenia. Dzięki temu rana oczyszcza się, a wciąż jest chroniona przed środowiskiem zewnętrznym [23]. Karagenina, podobnie jak agar, to śluzowy polisacharyd [21]. W formie soli sodowej i potasowej tworzy lepkie roztwory, a sole wapniowe i magnezowe dają elastyczne żele. W preparatach do masażu twarzy i ciała pełni rolę humektantu (nawilża i zapobiega wysychaniu preparatu kosmetycznego). Zarówno agar jak i karagenina mogą być poddawane częściowej hydrolizie, a jej oligosacharydowe produkty charakteryzują się właściwościami antyoksydacyjnymi, immunomodulującymi i antynowotworowymi [24].

Fukany to kwaśne polisacharydy glonowe także wykorzystywane w przemyśle kosmetycznym. Stymulują mikrokrążenie, w związku z czym znajdują zastosowanie w preparatach dedykowanych skórze dotkniętej problemem cellulitu, obrzęków i zastój limfy. Działają antykoagulacyjnie, co dodatkowo pozwala na wykorzystywanie ich w przemyśle farmaceutycznym [20]. Należą do nich między innymi fukoidan i laminaryna [4]. Najliczniej występują w substancji międzykomórkowej brunatnic, między innymi w popularnym morskoczynie pęcherzykowatym (*Fucus vesiculosus*) i listownicy palczastej (*Laminaria digitata*) [2].

Fukoidan (inaczej fukoidyna) to związek o wielokierunkowym działaniu. W badaniach modeli *in vitro* wskazano, że wpływa na komórki nowotworowe m.in. raka płuc i okrężnicy, powodując ich apoptozę i ograniczając rozwój [25]. Fukoidan hamuje rozwój stanów zapalnych poprzez ograniczenie migracji białych krwinek oraz ekspresji niektórych mediatorów stanu zapalnego, co ściśle wiąże się również z działaniem przeciwbólowym [26]. Działa hepatoprotekcyjnie [27]. Dodatek tego związku w preparacie antycellulitowym stymuluje mechanizmy lipolityczne. Fukoidan reguluje ekspresję tyrozy-nazy, która bierze udział w syntezie melaniny oraz indukuje apoptozę melanocytów, a co za tym idzie, może być wykorzystywany w celu rozjaśniania skóry [28]. Fukoidan ułatwia gojenie ran oraz stymuluje fibroblasty do tworzenia kolagenu [29], działa także przeciwzakrzepowo [31]. Wykazano, że mieszanki kolagenu z fukoidanem nasilają proliferację komórek skóry – mogą zatem przyspieszać jej regenerację [30]. Laminaryna przejawia aktywność przeciwzapalną, przeciwnowotworową i antyoksydacyjną [32], podobnie jak fukoidan, jest stosowana w preparatach antycellulitowych. Charakteryzuje ją naturalnie niska lepkość i wysoka rozpuszczalność w rozpuszczalnikach organicznych i wodzie, co ułatwia jej przetwarzanie. Jest obiecującym materiałem do tworzenia hydrożeli, które wykorzystywać można jako nośniki leków, preparaty wspomagające gojenie ran oraz w inżynierii tkankowej [33].

Alginy to sole kwasu alginowego. Są elementem konstrukcyjnym ścian komórkowych alg, usztywniającymi ich strukturę. Wykazują właściwości żelujące, poprawiają konsystencję preparatu ułatwiając jego rozprowadzanie, wiążą toksyczne substancje, przez co mają działanie detoksykujące [1, 2], znajdują zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu [1]. Dla kosmologii najważniejsze jest ich działanie konsystencjotwórcze i reologiczne. Prowadzone są badania nad zastosowaniem alginianów w inżynierii tkankowej, dlatego w przyszłości możliwe jest rozszerzenie zakresu zastosowań praktycznych alginianów.

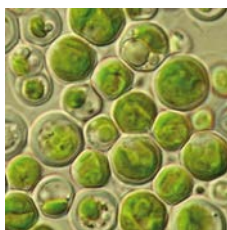
Alkohole wielowodorotlenowe (poliole) to związki wykorzystywane w recepturze kosmetycznej. Należą do nich obecne w algach: sorbitol i D-mannitol. Regulują pracę gruczołów łojowych oraz posiadają właściwości przeciwbakteryjne, dlatego znajdują zastosowanie w kosmetykach do pielęgnacji skóry tłustej i trądzikowej. Działają także nawilżająco [20]. Sorbitol

stosuje się w bezcukrowych gumach do żucia – ma lekko słodki smak i ogranicza powstawanie próchnicy. Zaleca się żucie gumy z zawartością sorbitolu po posiłku, kiedy ograniczona jest możliwość umycia zębów [34].

Kolejnym związkiem z tej grupy jest kwas hialuronowy. Wiąże duże ilości wody, żele stosuje się w celu zapobiegania wysychaniu naskórka. Kwas ten pełni przede wszystkim rolę humektanta, a jego znaczenie w kosmologii znacznie przekracza ramy tego opracowania [35].



Fot. 1 *Arthrospira plantensis* (Spirulina) Źródło: [1]



Fot. 2 *Chlorella vulgaris* Źródło: [1]

• Białka i aminokwasy

Do najważniejszych dla przemysłu kosmetycznego białek występujących w algach zaliczyć można związki z grup glikoprotein i metaloprotein. Uwagę zwraca zwłaszcza aosaina. Znaczenie mają także obecne w surowcu aminokwasy egzogenne (m.in. alanina, glicyna, aspargina, leucyna, izoleucyna, metionina, walina i tryptofan) [15].

Dane literaturowe wskazują, że niektóre rodzaje alg są tak samo bogate w białko jak mięso, jaja, soja czy mleko. Dzięki temu mogą być stosowane przez wegeterian i wegan, w tym sportowców. Należy zwrócić uwagę, że zawartość białka w poszczególnych algach może się wahać w zależności od pory roku w jakiej są zbierane czy też miejsca ich hodowli. Wysoką zawartość białka (51–58%) można znaleźć w gatunku *Chlorella vulgaris* (Fot. 2). Charakteryzuje go również korzystny zestaw aminokwasów, dzięki czemu stanowi popularny suplement diety [3, 15].

Glikoproteiny stanowią szczególnie ważny składnik kosmetyków do pielęgnacji skóry trądzikowej ze względu na właściwości przeciwzapalne i antybiotyczne [15]. Wspomniana powyżej aosaina jest białkiem zbliżonym budową do ludzkiej elastyny. Działa hamująco na elastazę (enzym rozkładający elastynę) i pobudzająco na syntezę podobnych włókien.

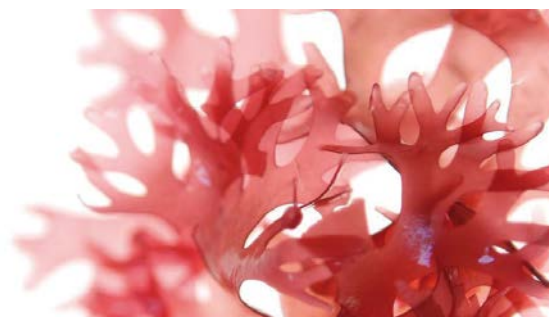
• Barwniki i pigmenty

Niektóre glony stanowią doskonałe źródło karotenoidów, w głównej mierze β -karotenu i ksantofili, które charakteryzują się silnymi właściwościami przeciwutleniającymi. Związki te, oprócz silnego oddziaływania na cały organizm człowieka, mają korzystny wpływ na skórę. Hamują degenerację głównych składników zębów tkankowego: kolagenu, kwasu hialuronowego oraz kwasów chondroitynosiarkowych [37].

Algi produkują mieszaniny związków należących do grupy karotenoidów w tym karotenów. Wskazuje się, że ich wpływ na skórę manifestuje się poprzez stymulację fibroblastów do

produkcji kolagenu i elastyny, co w następstwie prowadzi do wypełnienia zmarszczek i zagęszczenia skóry [38]. Wykazano również, że karotenoidy hamują kolagenazę i elastazę [37]. Stymulują procesy odbudowy naskórka zniszczonego przez promieniowanie UV, wzmacniają procesy ochronne w obrębie naskórka, a także zmniejszają TEWL, co stanowi o ich działaniu nawilżającym. Karotenoidy pozytywnie wpływają na gojenie skóry, normalizują pracę gruczołów łojowych, przez co rzadziej powstają zaskórniki i wypryski, dlatego polecane są osobom borykającym się z trądzikiem. Wykazują działanie redukujące ilości melaniny – zapobiegają powstawaniu przebarwień [38].

Astaksantyna to jeden z najciekawszych barwników karotenoidowych izolowanych z plechy alg, głównie *Haematococcus* (Fot. 3) [39]. Nazywana jest „królową karotenoidów” i jest jednym z najsilniejszych przeciwutleniaczy (jej moc jest oceniana jako 65 razy większa niż witaminy C, 54 razy większa niż beta-karotenu oraz 14 razy większa niż witaminy E [37]). Astaksantyna, podobnie jak beta-karoten, jest rozpuszczalna w tłuszczach. Charakteryzuje ją dobre przenikanie przez warstwę rogową naskórka, słabe do skóry właściwej oraz tkanki podskórnej. Przyspiesza odnowę naskórka poprzez syntezę białek, stymuluje podziały komórkowe i wydzielanie czynników wzrostu, a także wpływa na proliferację żywych komórek naskórka. W skórze właściwej wpływa na zwiększenie produkcji kolagenu i elastyny [40]. Jest surowcem, z którego w ustroju produkowany może być kwas all-transretinowy. Wykorzystywana jest w leczeniu dermatoz wynikających z ekspozycji na promieniowanie słoneczne, zmarszczek, a także wykwitów trądzikowych [2]. Dodatkowo, astaksantyna przyjmowana doustnie jest inhibitorem wydzielania cytokin stanu zapalnego z keratynocytów naskórka. Długotrwała jej suplementacja opóźnia procesy starzenia się skóry wywołane stanem zapalnym w skórze [41].



Fot. 3 *Haematococcus pluvialis* Źródło: [11]

Występujące w glonach barwniki chlorofilowe, fikocyjaninowe, a także cytochromy znajdują zastosowanie w kosmetyce ze względu na właściwości detoksykujące, regenerujące oraz antyseptyczne. W niektórych algach znaleźć można związki chinonowe z grupy benzochinonów i naftochinonów. Wykazują właściwości przeciwutleniające, przeciwbakteryjne i przeciwgrzybicze, chronią przed nadmiarem promieniowania UV, hamują biosyntezę barwników melaninowych w skórze, przez co działają rozjaśniająco na skórę i włosy [2].

Chlorofile, będące głównymi barwnikami alg są często wykorzystywane w przemyśle spożywczym i kosmetycznym jako zielone barwniki. Charakteryzują się także właściwościami leczniczymi, są źródłem magnezu, przyspieszają przemianę materii. W dezodorantach chlorofilu używa się w celu pochłaniania nieprzyjemnych zapachów [2, 10]. Czerwona fikoerytryna i niebieska fikocyjanina występują w krasnorostach, rozpuszczają się w wodzie i pełnią rolę naturalnych barwników w przemyśle farmaceutycznym, kosmetycznym, a także spożywczym [36].

• Hormony

Ekstrakty z alg wykazują działanie biostymulujące ze względu na obecność fitohormonów. Należą do nich auksyny, cytokiny, gibereliny i kwas abscysynowy. Auksyny odpowiadają za wzrost elongacyjny tkanek glonów, stymulują podziały komórkowe. Cytokiny hamują starzenie oraz pełnią kluczową rolę w rozprowadzaniu składników odżywczych [42].

ZASTOSOWANIE ALG W ZABIEGACH I PREPARATACH KOSMETYCZNYCH

Ochrona przed szkodliwymi czynnikami zewnętrznymi

Dym tytoniowy wpływa bezpośrednio na degradację wielu struktur, w tym na starzenie się skóry. Cera staje się szara, wiotczeje, pojawiają się zmarszczki. Dym równie szkodliwie działa na włosy. Zaburza mikrokrążenie oraz uszkadza DNA w mieszkach włosowych, przez co włosy stają się matowe, szybciej wypadają i siwieją [43].

Ochronny efekt daje ekstrakt wykonany z pomocą liazы alginianowej z glonów *Laminaria digitata* (Fot. 5). Otrzymany oleoalginian ma właściwości filmotwórcze: chroni skórę przed zanieczyszczeniami powietrza [44]. Inną stosowaną w tym celu brunatnicą jest *Sargassum muticum*. Zawiera wolne aminokwasy, bogaty skład mikroelementowy (potas, magnez i sód, a także wszystkie śladowe pierwiastki o działaniu ochronnym na skórę, czyli żelazo, cynk, mangan, miedź i selen). Ekstrakt z cytozolu jest antyoksydantem, działa ochronnie przed promieniowaniem UVA i UVB [44]. Alga ta ma właściwości przeciwzmarszczkowe [45] oraz wykazuje zdolność do hamowania reakcji zapalnej [46]. Podobne właściwości ma ekstrakt z krasnorostu *Rissoella verruculosa* o dodatkowym działaniu przeciwbakteryjnym i przeciw pasożytniczym, a stosowana regularnie zwiększa odporność skóry na ekstremalne temperatury [44]. Do grupy składników „anti pollution” zalicza się także brunatnica *Undaria pinnatifida* (Fot. 7). Ekstrahuje się z niej frakcję bogatą w aminokwasy, głównie alaninę, glicynę oraz kwas aspraginowy. Tak pozyskany surowiec zawiera minerały, w tym: potas, mangan, wapń i cynk, a także fuikoidan. Preparat stosuje się w celu ochrony włosów i skóry przed szkodliwym działaniem zanieczyszczeń i promieniowaniem UV. Poprawia także gojenie się ran [29]. Badania w modelu *in vitro* potwierdzają efekt profilaktyczny i zmniejszenie częstości pęknięć łuski włosa oraz naprawianie tych już powstałych. Surowiec działa także jako promotor wzrostu włosów [48]. Ekstrakt hamuje aktywność tyrozynazy – redukuje pigmentację skóry [49].

Talasoterapia

Talasoterapia (gr. *Thalassa* – morze) to terapia polegająca na wykorzystaniu wody morskiej, glonów, piasku, mułu, a także morskiego klimatu i powietrza w jako czynnika terapeutycznego. Znajduje zastosowanie między innymi w rehabilitacji pacjentów po udarach. Badania Morera i współpracowników wykazały, że po 3 tygodniach zabiegów talasoterapeutycznych, znacznie poprawiły się ich wyniki dotyczące utrzymywania balansu, prawidłowego chodzenia oraz odczuwania bólu [50]. Kąpiele w morzu pozytywnie wpływają na samopoczucie. Redukując stres wprowadzają w błogi nastrój. Dodatkowo Morze Martwe i zawarte w jego wodach minerały skutecznie redukują zmiany tłuszczycowe [51]. Najpopularniejsze ośrodki zajmujące się talasoterapią znajdują się we Francji, Grecji, w okolicach basenu Morza Śródziemnego oraz u wybrzeży Afryki Południowej.

Działanie antycellulitowe

Jednym z podstawowych zastosowań alg w kosmologii jest terapia cellulitu. Algi *Fucus serratus* są bogatym źródłem jodu, kwasów tłuszczowych i antyoksydantów. Zawartość jodu w tych glonach wynosi 1400-2500 µg/g-1 suchej masy. Jest on istotnym składnikiem hormonów tarczycy kontrolujących metabolizm. Kąpiele z wykorzystaniem glonów skutecznie nasycają organizm jodem poprzez skórę i układ oddechowy podczas wdychania oparów kąpieli [52].

Fukoidan ekstrahowany głównie z alg *Fucus vesiculosus* (Fot. 4) znacząco wpływa na wydzielanie lipazy lipoproteiny, która rozkłada tłuszcz zawarty w adipocytach, a ten może zostać wydalony z organizmu [53]. Dzięki temu działaniu z powodzeniem stosowany jest w niwelowaniu objawów cellulitu. Podobne efekty przynosi mieszanka wodnych ekstraktów *Fucus vesiculosus*, *Fucus lumbricalis* i retinolu [54].



Fot. 4 *Fucus vesiculosus* Źródło: [IV]



Fot. 5 *Laminaria digitata* Źródło: [V]

Laminaryna ogranicza transformację preadipocytów w adipocyty, przez co spowalnia powstawanie lipodystrofii. Poprawia mikrokrążenie, działa ochronnie na ściany naczyń poprzez ich uelastycznienie. Glony *Laminaria digitata* charakteryzują się dużą zawartością tego związku [55].

Dieta i suplementacja diety

W pracy kosmologa niezwykle ważne jest, aby prócz umiejętności odpowiedniego dostosowania i wykonywania skutecznych zabiegów ulepszących umieć kompleksowo zająć się o swojego klienta. Wiedza z zakresu żywienia, która jest

przekazywana w miłej atmosferze towarzyszącej wykonywanym zabiegom ma szansę utrwalić się w świadomości klienta, a wykorzystana w codziennym życiu przyniesie zdrowie, piękny wygląd sylwetki i skóry [56]. Niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe NNKT pozyskiwane z alg wykorzystywane są jako dodatek do mieszanek dla niemowląt oraz w produkcji suplementów odżywczych, a β -karoten pozyskiwany z alg rodzaju *Dunaliella* [39] stanowi skuteczny składnik o działaniu witaminowym i fotochronnym [57] i jest dostępny w formie 1-20% emulsji, biomasy sproszkowanej oraz suszonej [36]. Regularna suplementacja astaksantyną odwraca zmiany skórne spowodowane starzeniem, zmniejsza złuszczenie rógowej warstwy naskórka, redukuje obecność drobnoustrojów. Astaksantyna ze względu na silne właściwości antyoksydacyjne hamuje skutki stresu oksydacyjnego w organizmie, który negatywnie wpływa na prewencję skóry [58]. Spirulina (*Arthrospira*) (Fot. 1) jest doskonałym uzupełnieniem diety. Stanowi źródło pełnowartościowego białka, minerałów (fosfor, magnez, żelazo, wapń, sód, potas) i witamin w przyswajalnej formie. Ma korzystny wpływ na procesy metaboliczne, detoksykuje organizm, przez co pozytywnie wpływa na wygląd skóry. Wspomaga funkcjonowanie nerek i wątroby, obniża poziom cholesterolu we krwi [59].



Fot. 6 *Ulva lactuca* Źródło: [VI]



Fot. 7 *Undaria pinnatifida* Źródło: [VII]

PODSUMOWANIE

Głony mimo swojej prostej budowy są organizmami wymagającymi jeszcze wielu badań. Kierunki ich wykorzystania są wielorakie, a badania wciąż wskazują nowe możliwości. Dla przemysłu kosmetycznego stanowią bogate źródło składników aktywnych. Wykazują działanie wspomagające naturalną barierę lipidową naskórka, służą osobom narażonym na szkodliwe czynniki środowiskowe, w tym dym tytoniowy czy zanieczyszczenia atmosferyczne. Zastosowanie w preparatach „anti pollution” wynika między innymi z zawartości antyoksydantów, czynników UV protekcyjnych i poprawiających barierę naskórkową. Popularność zdobywa fukoidan – substancja, która wspomaga wydalanie zawartości komórek tłuszczowych, przez co działa wspomagająco w terapii cellulitu. Jod wpływa na aktywność lipaz i poprawia procesy lipolityczne. Dzięki takiemu połączeniu, wyszczuplające działanie alg jest wielokierunkowe. Sorbitol i D-mannitol regulują pracę gruczołów łojowych, wspomagają przez to leczenie trądziku.

Ciekawym sposobem wykorzystania surowców z alg są zabiegi talasoterapii. Kąpiele w algach stanowią skuteczną metodę uzupełniania jodu w organizmie.

Dieta bogata w glony zaspokaja zapotrzebowanie na białko, aminokwasy egzogenne, minerały i witaminy. Suplementy z dodatkiem suszonej plechy lub pojedynczymi składnikami aktywnymi pozyskiwanymi z alg polecane są w różnych dysfunkcjach. Mogą być użyteczne jako składnik wspomagający odchudzanie dzięki zawartości jodu aktywującego przemiany metaboliczne, jak i przez składniki regulujące pasaż jelitowy.

Wiedza na temat alg i surowców z nich pozyskiwanych jest duża, lecz wciąż niewystarczająca. Potrzeba wielu badań, aby móc w pełni poznać potencjał tych organizmów i zacząć je w pełni wykorzystywać.

Tabela 2 Najczęściej przetwarzane algi i surowce z nich pozyskiwane

Nazwa łacińska	Nazwa polska	Najważniejsze składniki	Źródło
<i>Spirulina plantesis</i>	Spirulina	Białka, aminokwasy, kwasy tłuszczowe, witaminy i polifenole, fikocyjanina, kwas γ -linolenowy	[11, 57]
<i>Ulva lactuca</i>	Ulwa sałatowa	Aosaina	[1]
<i>Laminaria digitata</i>	Listownica palczasta	Jod	[32, 33]
<i>Fucus vesiculosus</i>	Morszczyzn pęcherzykowaty	Fukany, jod	[1]
<i>Haematococcus pluvialis</i>	-	Astaksantyna	[58]
<i>Sargassum muticum</i>	-	Alanina i kwas asparaginowy	[44]
<i>Dunaliella salina</i>	-	β -karoten	[36]
<i>Undaria pinnatifida</i>	Undaria pierzastodzielna	Minerały: potas, mangan, wapń, cynk, Aminokwasy: alanina, glicyna, kwas asparaginowy	[44]
<i>Corallina pillulifera</i>	-	Fenole	[60]
<i>Laminaria japonica</i>	Listownica japońska	Fukoksantyna	[46]
<i>Ascophyllum nodosum</i>	Workoliść członowaty	Fukoidan	[46]

Źródło: Opracowanie własne

Przegląd najczęściej przetwarzanych alg i surowców z nich pozyskiwanych stosowanych w przemyśle kosmetycznym
Zawartość poszczególnych substancji aktywnych w algach różni się w zależności od gatunku. Składniki wykorzystywane są w przemyśle kosmetycznym, spożywczym i farmaceutycznym. Opis gatunków o uznanej roli przedstawiono w tabeli 2.

LITERTURA

- Pielesz A. Algi i alginiany – leczenie, zdrowie i uroda. Wydawnictwo internetowe e-bookowo, 2010.
- Janiczek M, Ruprich M. Substancje aktywne pozyskiwane z alg oraz ich zastosowanie w kosmeceutykach. Kosmetologia Estetyczna 2017, vol. 6(2): 131-136.
- Michalak I, Chojacka K, Saeid A. Plant Growth Biostimulants, Dietary Feed Supplements and Cosmetics Formulated with Supercritical CO₂ Algal Extracts. Molecules 2017, vol. 22(1): 66.
- Godlewska K, Michalak I, Chojacka K. Glony na zdrowie. Wiadomości chemiczne 2014, vol. 68(9-10): 834-852.

5. Peltomaa E, Johnson M, Taipale S. Marine Cryptophytes Are Great Sources of EPA and DHA. *Marine Drugs* 2018, vol. 16(1): 3.
6. Singh AK, Singh MP. Importance of algae as a potential source of biofuel. *Cell Mol Biol (Noisy-le-grand)* 2014, vol. 60(5): 106-9.
7. Bojarowicz H, Woźniak B. Wielonienasycone kwasy tłuszczowe oraz ich wpływ na skórę. *Problemy Higieny i Epidemiologii* 2008, vol. 89(4): 471-475.
8. Shanab S, Hafez R, Fouad A. A review on algae and plants as potential source of arachidonic acid. *Journal of Advanced Research* 2018, vol. 11: 3-13.
9. Bigogno C, Khozin-Goldberg I, Adlerstein D, Cohen Z. Biosynthesis of arachidonic acid in the oleaginous microalga *Parietochloris incisa* (Chlorophyceae): Radiolabeling studies. *Lipids* 2002, vol. 37(2): 209-216.
10. Molski M. Nowoczesna kosmetologia. Kosmetyki - zabiegi - suplementy. Tom 2. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2015.
11. Wollina U, Voicu C, Gianfaldoni, Lotti T, França K, Tchernev G. *Arthrospira Platensis* - Potential in Dermatology and Beyond. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences* 2018, vol. 6(1): 176-180.
12. Wu D, Goldman M. A Topical Anti-inflammatory Healing Regimen Utilizing Conjugated Linolenic Acid for Use Post-ablative Laser Resurfacing of the Face: a Randomized, Controlled Trial. *The Journal of Clinical and Aesthetic Dermatology* 2017, vol. 10(10): 12-17.
13. Kawamura A, Ooyama K, Kojima K, Kachi H, Abe T, Amano T, Aoyama T. Dietary supplementation of gammalinolenic acid improves skin parameters in subjects with dry skin and mild atopic dermatitis. *Journal of Oleo Science*, 2011, vol. 60(12): 597-607.
14. Francavilla M, Colaianna M, Zotti M, Morgese MG, Trotta P, Tucci P, Schiavone S, Cuomo V, Trabace L. Extraction, Characterization and In Vivo Neuromodulatory Activity of Phytosterol from Microalga *Dunaliella Tertiolecta*. *Current Medicinal Chemistry* 2012, vol. 19(18): 3058-3067.
15. Czerpak R, Jabłońska-Trypuć A, Pietyrczuk A. Znaczenie terapeutyczne, kosmetyczne i dietetyczne niektórych glonów. *Borgis - Postępy Fitoterapii* 2009, vol. 3: 168-174.
16. Aravindan S, Ramraj SK, Somasundaram ST, Herman TS, Aravindan N. Polyphenols from marine brown algae target radiotherapy-coordinated EMT and stemness-maintenance in residual pancreatic cancer. *Stem Cell Research & Therapy* 2015, vol. 6: 182.
17. Hwang H, Chen T, Nines RG. Photochemoprevention of UVB-induced skin carcinogenesis in SKH-1 mice by brown algae polyphenols. *International Journal of Cancer* 2006, vol. 119(12): 2742-2749.
18. Nwanodi O. Skin Protective Nutraceuticals: The Current Evidence in Brief. *Health-care (Basel)* 2018, vol. 6(2): 40.
19. Berthon J, Nachat-Kappes R, Bey M, Cadoret JP, Renimel I, Filaire E. Marine algae as attractive source to skin care. *Free Radical Research* 2017, vol. 51(6): 555-567.
20. Lamer-Zarawska E, Chwałka C, Gwardys A. Rośliny w kosmetyce i kosmetologii przeciwstarzeniowej. Wyd. PZWL, Warszawa 2012.
21. Malinka W. *Zarys chemii kosmetycznej*. Volumed, Wrocław 1999.
22. Sarbak Z, Jachymska-Sarbak B, Sarbak A. *Chemia w kosmetyce i kosmetologii*. Med-Pharm Polska, Wrocław 2013.
23. Kuś H, Misterka S, Pielka S, Juszkievicz M. Miejscowe leczenie ran oparzeniowych i urazowych hydrożelowym opatrunkiem Geliperm. *Polimery w Medycynie* 1998, vol. 4: 211-217.
24. Cheong K, Qiu H, Du H, Liu Y, Khan BM. Oligosaccharides Derived from Red Seaweed: Production, Properties, and Potential Health and Cosmetic Applications. *Molecules* 2018, vol. 23(10): 2451.
25. Jękot B, Muszyńska B, Mastalerz T, Piórecka B. Fukoidan - polisacharyd o wielokierunkowej aktywności biologicznej. *Postępy Fitoterapii* 2015, vol. 16(4): 250-257.
26. Albuquerque IR, Corderio SL, Gomes DL, Dreyfuss JL, Filgueira LG, Leite EL, Nader HB, Rocha HA. Evaluation of anti-nociceptive and anti-inflammatory activities of heterofucan from *Dictyota menstrualis*. *Marine Drugs* 2013, vol. 11: 2722-2740.
27. Liu S, Wang Q, Song Y, He Y, Ren D, Cong H, Wu L. Studies on the hepatoprotective effect of fucoidans from brown algae *Kjellmaniella crassifolia*. *Carbohydrate Polymers* 2018, vol. 193: 298-306.
28. Wang ZJ, Xu W, Liang JW, Wang CS, Kang Y. Effect of fucoidan on B16 murine melanoma cell melanin formation and apoptosis. *African Journal of Traditional, Complementary, and Alternative Medicines* 2017, vol. 14(4): 149-155.
29. Park J, Choi S, Park S, Lee YJ, Park JH, Song PH, Cho CM, Ku SK, Song CH. Promoting Wound Healing Using Low Molecular Weight Fucoidan in a Full-Thickness Dermal Excision Rat Model. *Marine Drugs*, vol. 15(4): 112.
30. Perumal RK, Perumal S, Thangam R, Gopinath A, Ramadass SK, Madhan B, Sivasubramanian S. Collagen-fucoidan blend film with the potential to induce fibroblast proliferation for regenerative applications. *International Journal of Biological Macromolecules* 2018, vol. 106: 1032-1040.
31. Mansour MB, Balti R, Yacoubi L, Ollivier V, Chaubet F, Maaroufi R. Primary structure and anticoagulant activity of fucoidan from the sea cucumber *Holothuria polii*. *International Journal of Biological Macromolecules* 2019, vol. 121: 1145-1153.
32. Kadam S, Tiwari B, O'Donnell C. Extraction, structure and biofunctional activities of laminarin from brown algae. *International Journal of Food Science and Technology* 2015, vol. 50: 24-31.
33. Custódio C, Reis R, Mano J. Photocrosslinked Laminarin based hydrogels for biomedical applications. *Biomacromolecules* 2016, vol. 17(5): 1602-1609.
34. Stodolak A, Fuglewicz A. Zapobieganie próchnicy zębów u dzieci i młodzieży oraz promocja zdrowia jamy ustnej - rola pracowników służby zdrowia. *Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu* 2014, vol. 20(1): 76-81.
35. Olejnik A, Gościńska J, Nowak I. Znaczenie kwasu hialuronowego w przemyśle kosmetycznym i medycynie estetycznej. *Chemik* 2012, vol. 66(2): 129-135.
36. Bleakley S, Hayes M. Algal Proteins: Extraction, Application, and Challenges Concerning Production. *Foods* 2017, vol. 6(5): 33.
37. Barres M, Rodrigo M, Zacarias L. Dietary carotenoid roles in redox homeostasis and human health. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2018, vol. 66(23): 5733-5740.
38. Igielska-Kalwat J, Gościńska J, Nowak I. Karotenoidy jako naturalne antyoksydanty. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej* 2015, vol. 69: 418-428.
39. Stolarzewicz I, Kapturowska A, Bialecka-Florjanczyk E. Mikrobiologiczne źródła barwników w technologii barwników. *Postępy Mikrobiologii* 2012, vol. 51(3): 167-176.
40. El-Agamey A, Lowe GM, McGarvey DJ, Mortensen A, Phillip DM, Truscott TG, Young AJ. Carotenoid radical chemistry and antioxidant/pro-oxidant properties. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 2004, vol. 430(1): 37-48.
41. Tominaga K, Hongo N, Fujishita M, Takahashi Y, Adachi Y. Protective effects of astaxanthin on skin deterioration. *Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition* 2017, vol. 61(1): 33-39.
42. Tuhy Ł, Chowańska J, Chojnacka K. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth: review. *Chemik* 2013, vol. 67(7): 636-641.
43. Ortiz A, Grando S. Smoking and the skin. *International Journal of Dermatology* 2012, vol. 51(3): 250-262.
44. Budzianowska A. Ochrona przed dymem tytoniowym - preparaty kosmetyczne z glonów. *Farmacja Współczesna* 2015, vol. 6: 1-4.
45. Song JH, Piao MJ, Han X, Kang KA, Kang HK, Yoon WJ, Ko MH, Lee NH, Lee MY, Chae S, Hyun JW. Anti-wrinkle effects of *Sargassum muticum* ethyl acetate fraction on ultraviolet B-irradiated hairless mouse skin and mechanistic evaluation in the human HaCaT keratinocyte cell line. *Molecular Medicine Reports* 2016, vol. 14(4): 2937-2944.
46. Han SC, Kang NJ, Yoon WJ, Kim S, Na MC, Koh YS, Hyun JW, Lee NH, Ko MH, Kang HK, Yoo ES. External Application of Apo-9'-fucoxanthinone, Isolated from *Sargassum muticum*, Suppresses Inflammatory Responses in a Mouse Model of Atopic Dermatitis. *Toxicological Research* 2016, vol. 32(2): 109-114.
47. Ghania A, Nabila B, Larbi B, Elisabeth M, Philippe G, Mariem B, Khadija KK, Wacila BR, Fawzia AB. Antimicrobial and antiparasitic activities of three algae from the northwest coast of Algeria. *Natural Product Research* 2017: 1-4.
48. Park KS, Park DH. Comparison of Saccharina japonica-Undaria pinnatifida Mixture and Minoxidil on Hair Growth Promoting Effect in Mice. *Archives of Plastic Surgery* 2016, vol. 43(6): 498-505.
49. Kim MJ, Kim DS, Yoon HS, Lee W, Lee NH, Hyun CG. Melanogenesis inhibitory activity of Korean *Undaria pinnatifida* in mouse B16 melanoma cells. *Interdisciplinary Toxicology* 2014, vol. 7(2): 89-92.
50. Morer C, Boestad C, Zuluaga P, Alvarez-Badillo A, Maraver F. Effects of an intensive thalassotherapy and aquatic therapy program in stroke patients. A pilot study. *Revista de Neurologia* 2017, vol. 65(6): 249-256.
51. Harari M, Czarnowicki T, Fluss R, Ruzicka T, Ingber A. Patients with early-onset psoriasis achieve better results following Dead Sea climatotherapy. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology* 2012, vol. 26(5): 554-559.
52. Westby T, Cadogan A, Duignan G. In vivo uptake of iodine from a *Fucus serratus* Linnæus seaweed bath: does volatile iodine contribute? *Environmental Geochemistry and Health* 2018, vol. 40(2): 683-691.
53. Yokota T, Nagashima M, Ghazizadeh M, Kawanami O. Increased effect of fucoidan on lipoprotein lipase secretion in adipocytes. *Life Sciences* 2009, vol. 84(15-16): 523-529.
54. Al-bader T, Byrne A, Gillbro J, Mitarotonda A, Metois A, Vial F, Rawlings AV, Laloëuf A. Effect of cosmetic ingredients as anticellulite agents: synergistic action of actives with in vitro and in vivo efficacy. *Journal of Cosmetic Dermatology* 2012, vol. 11(1): 17-26.
55. Klimowicz A, Zielonka J, Turek M, Nowak A. Substancje pochodzenia naturalnego stosowane w terapii cellulite. *Borgis - Postępy Fitoterapii* 2015, vol. 16(2): 96-101.
56. Plichta D, Spiewak R. Edukacja zdrowotna i promocja zdrowia w gabinecie kosmetycznym. *Estetologia Medyczna i Kosmetologia* 2012, vol. 2(2): 44-49.
57. Priyadarshani I, Rath B. Commercial and industrial applications of micro algae - A review. *Journal of Algal Biomass Utilization* 2012, vol. 3(4): 89-100.
58. Chalych N, Klochkov V, Bandaletova T, Kyle NH, Petyaev IM. Continuous astaxanthin intake reduces oxidative stress and reverses age-related morphological changes of residual skin surface components in middle-aged volunteers. *Nutrition Research* 2017, vol. 48: 40-48.
59. Amara-Leffad L, Ramdane H, Nekhouk K, Ouznadij A, Koceir EA. Spirulina effect on modulation of toxins provided by food, impact on hepatic and renal functions. *Archives of Physiology and Biochemistry* 2018, 1-11.
60. Ryu B, Qian Z, Kim M, Nam KW, Kim SK. Anti-photoaging activity and inhibition of matrix metalloproteinase (MMP) by marine red alga, *Corallina pilulifera* methanol extract. *Radiation Physics and Chemistry* 2009, vol. 78: 98-105.

ŹRÓDŁA INTERNETOWE

- I. Informador. <https://www.informador.mx/Tecnologia/Emplean-alga-para-prevenir-dano-renal-20110530-0027.html> (dostęp 30.04.2019).
- II. Algae research and supply. <https://algaeresearchsupply.com/products/algae-culture-chlorella-vulgaris> (dostęp 30.04.2019).
- III. Gezondheidsweb. <http://gezondheidsweb.blogspot.com/2011/09/astaxanthin.html> (dostęp 30.04.2019).
- IV. The Seaweed Site: information on marine algae. http://www.seaweed.ie/descriptions/fucus_vesiculosus.php (dostęp 30.04.2019).
- V. Irish seaweeds. <https://irishseaweeds.com/kelp-laminaria-digitata/> (dostęp 24.05.2019).
- VI. Wikipedia. <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Meersalat-Ulva-lactuca.jpg> (dostęp 30.04.2019).
- VII. Organic facts. <https://www.organicfacts.net/health-benefits/vegetable/wakame.html> (dostęp 30.04.2019).