

GLONY NA ZDROWIE
ALGAE AND HUMAN HEALTH

**Katarzyna Godlewska, Izabela Michalak*,
Katarzyna Chojnacka**

*Politechnika Wroclawska, Wydział Chemiczny,
Instytut Technologii Nieorganicznej i Nawozów Mineralnych,
ul. Smoluchowskiego 25, 50-372 Wrocław
e-mail: izabela.michalak@pwr.wroc.pl

Abstract

Wprowadzenie

1. Zastosowanie glonów w medycynie

1.1. Glony na nowotwory

1.2. Glony na stany zapalne, bóle oraz gorączkę

1.3. Glony na otyłość

1.4. Glony na alergie

1.5. Glony na HIV i HSV

2. Zastosowanie glonów w kosmetyce

Podsumowanie

Podziękowania

Piśmiennictwo cytowane

Prof. dr hab. inż. Katarzyna Chojnacka – w 1999 r. ukończyła studia na Wydziale Chemicznym Politechniki Wrocławskiej. W 2003 r. uzyskała stopień doktora nauk technicznych w Instytucie Inżynierii Chemicznej i Urządzeń Ciepłych Politechniki Wrocławskiej. W 2008 r. uzyskała stopień doktora habilitowanego na Wydziale Chemicznym Politechniki Wrocławskiej. Od 2009 r. jest zatrudniona na stanowisku profesora nadzwyczajnego w Instytucie Technologii Nieorganicznej i Nawozów Mineralnych Politechniki Wrocławskiej. W 2012 r. uzyskała tytuł profesora nauk technicznych. Specjalność – technologie biologiczne.

Dr inż. Izabela Michalak – 2005 r. ukończyła studia na Wydziale Chemicznym Politechniki Wrocławskiej na kierunku biotechnologia. W 2010 r. uzyskała stopień doktora w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie technologia chemiczna. Obecnie jest zatrudniona na stanowisku adiunkta naukowo-dydaktycznego w Instytucie Technologii Nieorganicznej i Nawozów Mineralnych Politechniki Wrocławskiej – Zakład Chemii dla Rolnictwa. Specjalność – procesy biotechnologiczne.

Mgr inż. Katarzyna Godlewska – 2014 r. ukończyła studia na Wydziale Chemicznym Politechniki Wrocławskiej na kierunku biotechnologia. Specjalność – Biotechnologia środowiska.

ABSTRACT

Marine algae are rich in a variety of biologically and pharmacologically active substances. They are considered as a resource that has been used by humans to some extent [6]. Nowadays, algal biomass is a renewable source of many valuable bioactive substances, having a wide array of applications in many industries, such as food, chemical, agricultural, pharmaceutical, cosmetic, medical. The present work focuses on the impact of algae on the human body. The potential use of algae and algal extracts in medicine and cosmetic industry is discussed. Due to the antibacterial, antiviral, antifungal, anti-inflammatory properties, algae can be used in the curing of many types of diseases [7, 8]. These properties result from the biologically active compounds present in the biomass of algae. The components of the algae that may help in the treatment tumor diseases are: polyphenols [37], polysaccharides [38], carrageenan [33–35], fucoidan [24, 30–32], fucoxanthin [25], diterpenes [27–29] or monoterpenes [36]. Substances extracted from algae with anti-inflammatory, antipyretic and analgesic include: fucosterol [48], porphyrins [52], lactones, phenols, carbohydrates [40], polysaccharides [51, 53, 54], fucoidan [46], galactan [49], fucan [45]. Fucoxanthin [64–68], fucoidan [58], triacyloglycerols [69], polyphenols [71] or phlorotannin [63] can be used as anti-obesity agents. Overreaction of the immune system to harmless environmental substances can be minimized by the use of antiallergic substances, which include mainly phlorotannins [73, 77, 78] and fatty acids [79, 80]. The components of algae, such as polysaccharides [99–101], diterpenes [91], bromophenol [90], carbohydrates [102], fucans [96, 97], galactans [98], carrageenan [94], fucoidan [92] or galactofucan [93] could be successfully utilized against various types of viruses. It has been proved that algae show dermatological and cosmetic properties: anti-inflammatory and bactericidal action (due to the presence of zinc) [8, 9, 19, 113], increase of the flexibility of the skin (peptides and vitamins) [13, 104, 105], improve blood circulation of the skin and thanks to the alginic acid they treat erythema [13, 103]. They influence on of inhibition of sebum secretion and on other problems of oily skin. Algae are used in many cosmetics to tone up the skin, lighten stretch marks [104, 111, 112]. Compresses made of algae slenderize and eliminate cellulite. A field of skin cosmetics called Thalassotherapy is a form of therapy that uses marine climate, sea water, mud, algae, sand and other substances derived from the sea as a therapeutic agents [13, 103].

Słowa kluczowe: makroglony, związki biologicznie czynne, medycyna, kosmetyka
Keywords: macroalgae, biologically active compounds, medicine, cosmetics

WPROWADZENIE

Głony uważane są za jedne z pierwszych form życia, które wykazywały zdolność do przeprowadzania procesu fotosyntezy. Na Ziemi najprawdopodobniej pojawiły się około półtora biliona lat temu [1]. Głony, będące samożywymi, fotosyntezującymi organizmami o beztkankowej budowie, stanowią najliczniejszą grupę wodnych, autotroficznych organizmów [2]. Do ich wzrostu niezbędne są składniki pokarmowe takie jak np.: azot i fosfor, a także światło słoneczne i ditlenek węgla [3]. W przeciwieństwie do roślin lądowych, nie posiadają systemów naczyniowych, liści, łodyg i korzeni, lecz utwory które je zewnętrznie przypominają [4]. Makroglony klasyfikuje się ze względu na obecność pigmentów na: zielenice (*Chlorophyta*) zawierające chlorofil *a*, *b*; α -, β - i γ -karoteny oraz ksantofile (np.: luteina, zeaksantyna); brunatnice (*Phaeophyta*) posiadające chlorofil *a*, *c*; β -karoten; fukoksantynę oraz ksantofile; krasnorosty (*Rhodophyta*) zawierające chlorofil *a*; fikoerytrynę i fikocyjaninę; α -, β -karoten oraz ksantofile [4, 5].

Algi morskie bogate są w różnorodne substancje biologicznie aktywne o znaczeniu farmakologicznym. Stanowią więc cenny surowiec dla przemysłu farmaceutycznego, kosmetycznego, dotychczas wykorzystany w niewielkim stopniu [6]. W dzisiejszych czasach biomasa glonów stanowi odnawialne źródło wielu cennych substancji aktywnych, mających szerokie spektrum zastosowania w wielu gałęziach przemysłu, np.: przemyśle spożywczym, chemicznym, rolnictwie, farmacji, kosmetyce, medycynie. W niniejszej pracy skupiono się na prozdrowotnym oddziaływaniu glonów na organizm ludzki. Omówiono potencjalne zastosowanie glonów oraz ekstraktów glonowych w medycynie i przemyśle kosmetycznym. Ze względu na właściwości przeciwbakteryjne, przeciwwirusowe, przeciwgrzybicze, przeciwzapalne, glony mogą być stosowane w leczeniu wielu jednostek chorobowych [7, 8]. Właściwości te wynikają ze związków biologicznie czynnych obecnych w glonach. Wśród nich wyróżnia się: węglowodany – polisacharydy, stanowią ok. 60% wszystkich substancji czynnych występujących w glonach. Z tej grupy związków chemicznych należy wymienić: mukopolisacharydy (glikozaaminoglukany GAG) – związki zbudowane z aminocukrów i kwasów uronowych. Wśród najbardziej znanych glikozaminoglikanów wyróżnia się: kwas hialuronowy i siarczan chondroityny, kwas alginowy i jego sole (szczególnie alginiany wapniowe i sodowe), a także fukany (laminaryna i fukoidyna), mannitol i sorbitol (polialkohole, tzw. alkohole cukrowe, połączenie węglowodanów z alkoholem), karageniany (naturalne hydrokoloidy) i agar (naturalny środek żelujący i zagęszczający) [9–13]. Z grupy białek i aminokwasów w glonach występują: glikoproteiny i metaloproteiny oraz aminokwasy egzogenne (alanina, asparagina, glicyna, lizyna, seryna, izoleucyna, leucyna, metionina, fenyloalanina, treonina, tryptofan i walina) [8, 9, 13, 14]. Wśród lipidów w glonach występują: niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe (NNKT): arachidonowy, eikozapentenowy i rzadko spotykany – γ -linolenowy (GLA) [9, 13, 15, 16]. Z grupy witamin w glonach zidentyfikowano: karotenoidy, np. β -karoten (źródło witaminy A), witaminy z grupy B (B_1 , B_2 , B_3 , B_6 , B_{12}) oraz witaminy: E (tokoferol),

C (kwas askorbinowy) i D [9, 16, 17]. Obecne w glonach mikroskładniki to brom, cynk, jod, magnez, mangan, miedź, żelazo. Występują one w szczególnie dobrze przyswajalnej postaci – jako związki metaloorganiczne lub kompleksowe [12, 18]. Z innych związków chemicznych w glonach zidentyfikowano: polifenole [9, 19] oraz naturalne barwniki roślinne: fikoerytrynę, fikocyjaninę i chlorofil [9, 12, 15–17].

1. ZASTOSOWANIE GLONÓW W MEDYCYNIE

Lecznicze właściwości glonów były znane już od wieków [5, 20]. Z powodzeniem stosowano je w odchudzaniu, zapaleniu oskrzeli, przeziębieniach, chronicznym kaszlu, przeciw robaczycom [5], chorobom wenerycznym, powiększonej tarczycy, dnie moczanowej, a także jako maści i środki znieczulające [21]. Obecnie makroglony są wykorzystywane jako nowatorska żywność (ang. *novel food*) w przemyśle spożywczym, a dzięki właściwościom m.in.: przeciwwirusowym, przeciwzapalnym, przeciwnowotworowym mogą być z powodzeniem wykorzystywane w medycynie [20]. Obecnie obserwuje się coraz większe zainteresowanie produktami spożywczymi, kosmetycznymi oraz farmaceutycznymi pochodzenia naturalnego, które są postrzegane jako zdrowsze i bezpieczniejsze dla człowieka [22].

1.1. GLONY NA NOWOTWORY

Nowotwór jest przyczyną największej ilości zgonów na świecie, zarówno wśród mężczyzn, jak i kobiet. Chemoprewencja jest obiecującym podejściem mającym na celu zmniejszenie ryzyka chorobowości i śmiertelności z powodu chorób nowotworowych, poprzez opóźnienie procesu karcynogenezy (zmian zachodzących w komórce organizmu, prowadzących do powstania nowotworu). Wykazano, że związki pozyskiwane z glonów jak np.: karotenoidy, flawonoidy oraz kwasy fenolowe wykazują właściwości przeciwnowotworowe. Mechanizmy hamujące powstawanie nowotworu wymagają inhibicji komórek rakowych, w których pośredniczy aktywność proteazowa, immunostymulacja, indukcja apoptozy, tłumienie angiogenezy nowotworu czy propagowanie zatrzymania cyklu komórkowego [23].

Przeprowadzono wiele badań potwierdzających przeciwnowotworowe właściwości glonów. W pracy Ermakova i in. [24] zastosowano ekstrakcję wodą oraz chromatografię jonowymienną w celu pozyskania fukoidyny z brunatnic: *Eclonia cava*, *Sargassum hornery* oraz *Costaria costata*, występujących na koreańskim wybrzeżu. Wyniki pokazują, że wyekstrahowana fukoidyna może być stosowana w zapobieganiu nowotworom poprzez hamowanie rozwoju komórek nowotworowych (czerniak i rak okrężnicy).

Ishikawa i in. [25] przedstawili badania dotyczące przeciwnowotworowych właściwości karotenoidów wyizolowanych z brunatnic *Undaria pinnatifida*. Udowodniono, że fukoksantyna i jej deacetylowany metabolit (fukoksantynol) hamowały

żywołność komórek linii limfocytów T zakażonych wirusem HTLV-1 (ang. *Human T-cell leukemia virus type 1*). Karotenoidy te wykazywały silniejsze działanie hamujące niż astaksantyna czy β -karoten. Ludzki retrowirus T-limfocytotropowy HTLV-1 jest odpowiedzialny za rozwój białaczki T-komórkowej dorosłych – ATL (ang. *adult T-cell leukemia*). Najczęściej atakowanymi przez wirus HTLV-1 komórkami są limfocyty T CD4+. W pracy tej zasugerowano, iż fukoksantyna i fukoksantynol mogą stanowić potencjalny środek terapeutyczny u pacjentów cierpiących na ATL.

Zależność pomiędzy zawartością jodu w algach, a ryzykiem wystąpienia raka piersi została zbadana przez Funahashi i in. [26]. W tym celu sproszkowane brunatnice *Undaria pinnatifida* moczo w wodzie destylowanej przez 24 godziny w temperaturze 4°C. Przesączony supernatant był roztworem dodawanym do codziennej wody pitnej szczurów. Wykazał on silne działanie hamujące rozwój kancerogenezy w gruczole piersiowym szczura. Nie odnotowano toksyczności. W warunkach *in vitro*, roztwór z *Undaria pinnatifida* silnie indukował apoptozę trzech rodzajów ludzkich komórek raka sutka. Działanie to było znacznie silniejsze niż w przypadku użycia 5-fluorouracylu (5-FU) – szeroko stosowanego leku przeciwnowotworowego u kobiet z rakiem piersi. W Japonii glony te stanowią tanią i bezpieczną żywność. Przeprowadzone badania sugerują, że brunatnica *Undaria pinnatifida* mogłaby być wykorzystywana w chemoprewencji zachorowań kobiet na raka piersi.

W Tabeli 1 zestawiono przykłady bioaktywnych związków pozyskiwanych z glonów o działaniu przeciwnowotworowym.

Tabela 1. Przykłady glonów i ich składników aktywnych biologicznie o właściwościach przeciwnowotworowych

Table 1. Examples of algae and their biologically active ingredients with antitumor properties

Glony	Składniki aktywne biologicznie	Literatura
<i>Dictyota dichotoma</i> (B)	Diterpeny	[27]
<i>Dictyota dichotoma</i> (B)	Diterpeny	[28]
<i>Padina pavonia</i> (B)	Diterpeny	[29]
<i>Fucus evanesces</i> (B)	Fukoidan	[30], [31]
<i>Sargassum polycystum</i> , <i>S. oligocystum</i> , <i>S. mcclurei</i> , <i>S. swartzii</i> , <i>S. denticaprum</i> (B)	Fukoidan	[32]
<i>Sargassum horney</i> , <i>Eclonia cava</i> , <i>Costaria cos tata</i> (B)	Fukoidan	[24]
<i>Undaria pinnatifida</i> (B)	fukoksantyna	[25]
<i>Undaria pinnatifida</i> , <i>Sargassum ringgoldianum</i> (B)	karagen, porphyran	[33]
<i>Kappaphycus striatum</i> (K)	Karagen	[34]
<i>Chondrus ocellatus</i> (K)	λ -karagen	[35]
<i>Portieria hornemannii</i> (K)	monoterpeny	[36]
<i>Euclima cottonii</i> (Z)	polifenole	[37]
<i>Sargassum coreanum</i> (B)	polisacharydy	[38]

(K) – krasnorost (*Rhodophyta*); (Z) – zielenica (*Chlorophyta*); (B) – brunatnica (*Phaeophyta*)

1.2. GLONY NA STANY ZAPALNE, BÓLE ORAZ GORĄCZKĘ

Objawy stanu zapalnego występują, gdy organizm człowieka stara się przeciwdziałać potencjalnie szkodliwym czynnikom takim jak np.: inwazja wirusów, bakterii lub innych patogenów. Czynniki biochemiczne i farmakologiczne pochodzące z otoczenia również mogą być przyczyną wystąpienia takiego stanu w ludzkim organizmie [39]. Stan zapalny może wywołać wiele chorób jak np.: zapalenie kości i stawów, reumatoidalne zapalenie stawów, dnę moczanową oraz migreny. W leczeniu tych chorób powszechnie stosowane są niesteroidowe oraz steroidowe leki przeciwzapalne, które wywołują skutki uboczne. Alternatywą dla tych leków mogą być produkty pochodzenia naturalnego, które wykazują działanie przeciwzapalne i przeciwbólowe. Dodatkowo, w przypadku ich stosowania istnieje stosunkowo niskie prawdopodobieństwo pojawienia się negatywnych skutków dla człowieka [40].

W pracy Kang i in. [41] otrzymano ekstrakty glonowe z brunatnic *Sargassum fulvellum* oraz *Sargassum thunbergii* przy użyciu trzech rozpuszczalników: dichlorometanu, etanolu oraz wody. Badano ich właściwości przeciwzapalne, przeciwbólowe, a także przeciwgorączkowe. Wykazano, iż ekstrakt glonowy otrzymany przy użyciu dichlorometanu hamował powstawanie obrzęku ucha u myszy. Podobne badania przeprowadzili Kang i in. [42] na brunatnicach *Ecklonia cava*. Etanolowe ekstrakty z glonów stosowane w dawce 0,4 mg/ucho myszy, wykazały hamujące działanie na objawy zapalenia takie jak: obrzęk ucha oraz rumień, odpowiednio o 82,6% oraz 69,0%. Zaobserwowano również silne działanie przeciwbólowe, natomiast nie zaobserwowano ostrej toksyczności przy doustnie podawanym ekstrakcie (5g/kg masy ciała).

W pracy Vázquez i in. [40] badano przeciwzapalne i przeciwbólowe właściwości krasnorostów *Dichotomaria obtusata* stosując klasyczne testy na myszach. Analiza składu chemicznego wodnego ekstraktu potwierdziła obecność laktonów, fenoli, sterydów, węglowodanów oraz triterpenów. Otrzymane przez badaczy wyniki wykazały, że zastosowany środek hamował obrzęk ucha u myszy, jednak efekty były zależne od zastosowanej dawki.

Hong i in. [43] również potwierdzili doświadczalnie właściwości przeciwbólowe oraz przeciwzapalne glonów. Do wytworzenia metanolowych ekstraktów wykorzystali brunatnice *Sargassum swartzii* oraz zieleńce *Ulva reticulata*. Oba ekstrakty podane myszom w dawce 500 mg/kg masy ciała wykazały działanie przeciwbólowe. Po zastosowaniu ekstraktu z *S. swartzii* odnotowano właściwości przeciwzapalne w przypadku obrzęków tylnej łapy oraz w zapaleniu otrzewnej. Natomiast ekstrakt z *U. reticulata* wpływał pozytywnie w przypadku zapalenia otrzewnej. Badane ekstrakty glonowe wykazywały podobne działanie, jak w przypadku powszechnie stosowanych środków przeciwzapalnych i przeciwbólowych, takich jak aspiryna (100 mg/kg) czy morfina (100 mg/kg). Doustne podanie ekstraktów nie wywołało ostrej toksyczności (do 66 g/kg masy ciała). Glony wykorzystane w doświadczeniach są skutecznym środkiem zwalczającym dolegliwości związane ze stanem zapalnym [41–43].

W Tabeli 2 zestawiono przykłady bioaktywnych związków pozyskiwanych z glonów o działaniu przeciwzapalnym, przeciwbólowym oraz przeciwgorączkowym.

Tabela 2. Przykłady glonów i ich składników aktywnych biologicznie o właściwościach przeciwzapalnych, przeciwbólowych oraz przeciwgorączkowych

Table 2. Examples of algae and their biologically active ingredients with anti-inflammatory, analgesic and antipyretic properties

Glony	Składniki aktywne biologicznie	Literatura
<i>Galaxaura marginata</i> (K)	desmosterol	[44]
<i>Sargassum vulgare</i> (K)	fukan	[45]
<i>Laminaria saccharina</i> , <i>Fucus evanescens</i> (B)	fukoidan	[46]
<i>Myagropsis myagroides</i> (B)	fukoksantyna	[47]
<i>Eisenia bicyclis</i> (B)	fukosterol, florotaniny	[48]
<i>Gelidium crinale</i> (K)	galaktan	[49]
<i>Undaria pinnatifida</i> (B)	kwasy tłuszczowe	[50]
<i>Dichotomaria obtusata</i> (K)	laktony, fenole, triterpeny, steroid, polisacharydy	[40]
<i>Turbinaria ornata</i> (B)	polisacharydy	[51]
<i>Saccharina japonica</i> (B)	porfiryny	[52]
<i>Gracilaria cornea</i> (K)	siarczanowe polisacharydy	[53]
<i>Caulerpa cupressoides</i> (Z)	siarczanowe polisacharydy	[54]
<i>Porphyra dentata</i> (K)	związki fenolowe	[55]

1.3. GLONY NA OTYŁOŚĆ

W dzisiejszych czasach otyłość osiągnęła rozmiary choroby społecznej [56, 57]. Jest szczególnie niebezpieczna, gdyż jest przyczyną niepełnosprawności, a także zasadniczym czynnikiem wywołującym wiele przewlekłych chorób [56, 58] jak np.: choroby serca, udar mózgu, cukrzyca typu 2, rak [59] oraz nadciśnienie [57]. U ponad miliarda osób na całej kuli Ziemskiej została stwierdzona nadwaga, a u ok. 300 milionów z nich – otyłość [56]. Badania pokazują, że w ostatnich latach zaledwie 5–10% pacjentów jest w stanie utrzymać niższą masę ciała [59]. Obecnie stosowane są dwa rodzaje leków pomagających zwalczyć otyłość. Pierwszym z nich jest orlisat (Xenical), którego mechanizm działania polega na blokowaniu enzymów trawiennych należących do lipaz, w wyniku czego spożywane tłuszcze nie zostają przyswajane. Drugim lekiem jest sibutramina (Meridia), który jest stosowany jako środek anorektyczny – hamujący łaknienie. Oba leki wywołują skutki uboczne jak np.: bezsenność, zaparcia, suchość w ustach, ból głowy, podwyższone ciśnienie krwi [56]. Bezpieczniejszymi środkami obniżającymi masę ciała mogą być produkty pochodzenia naturalnego [56–59]. Glony dzięki zawartości błonnika pomagają spowolnić trawienie i obniżyć wchłanianie kalorii [60].

Badania przeprowadzone przez Awang i in. [57] miały na celu zbadanie czy brunatnice *Sargassum polycystum* posiadają właściwości zapobiegające otyłości. W tym celu samce szczurów podzielono na 5 grup: grupę stanowiącą negatywną kontrolę (ang. *control negative*, CN), grupę kontrolną dodatnią (ang. *control positive*, CP), grupę przyjmującą małe dawki (ang. *low dosage group*, LDG), grupę przyjmującą średnie dawki (ang. *medium dosage group*, MDG) oraz grupę przyjmującą duże dawki (ang. *high dosage group*, HDG). Wszystkie grupy były na diecie o wysokiej zawartości tłuszczu, za wyjątkiem grupy stanowiącej negatywną kontrolę, która spożywała karmę dla szczurów. Dietę z grup o wysokiej zawartości tłuszczu LDG, MCR oraz HDG uzupełniono wodorostami w proszku odpowiednio o 2,5; 5,0 i 10,0%. Po 8 tygodniach, największy wpływ na hamowanie przyrostu masy odnotowano w grupie HDG, następnie w grupie MDG i później w grupie LDG w porównaniu z grupą CP. U szczurów z grupy HDG stwierdzono zmniejszony poziom cholesterolu oraz triglicerydów w osoczu. Wyniki badań wskazują, że sproszkowane glony *S. polycystum* mają pozytywny wpływ w leczeniu otyłości.

Celem badań przeprowadzonych przez Abidov i in. [61] było zbadanie wpływu środka – Xanthigen, składającego się z dodatku fukoksantyny pozyskanej z brunatnic oraz oleju z nasion granatu, na otyłość u ochotniczek nie cierpiących na cukrzycę. Po 16 tygodniach podawania kobietom w okresie przedmenopauzalnym Xanthigena zaobserwowano zmniejszenie masy ciała i zawartości tłuszczu w wątrobie. Produkt ten może stanowić obiecujący suplement w leczeniu otyłości.

Paxman i in. [62] przeprowadzili badania mające na celu sprawdzenie czy alginian pozyskiwany z brunatnic może być wykorzystywany jako środek wpływający na apetyt. Alginiany są naturalnie występującymi polisacharydowymi kopolimerami, składającymi się z reszt kwasu β -D-mannuronowego (bloki M) i α -L-guluronowego (bloki G), połączonych razem wiązaniami glikozydowymi. W tym celu, codziennie przez 7 dni przed posiłkiem, 68 osobom dorosłym podawano doustnie silnie żelujący alginian sodu, który powodował obniżenie ilości przyjmowanych kalorii o 7%. Związek ten został wybrany ponieważ zawiera duże ilości guluronianu – związku, który po spożyciu tworzy żel w obecności jonów wapnia. Otrzymane przez badaczy wyniki wskazują, że alginian sodu mógłby zostać wykorzystany jako środek pomagający zwalczać nadwagę i otyłość.

W Tabeli 3 zestawiono przykłady bioaktywnych związków pozyskiwanych z glonów o działaniu przeciwotyłościowym.

Tabela 3. Przykłady glonów i ich składników aktywnych biologicznie o właściwościach przeciwootyłościowych
 Table 3. Examples of algae and their biologically active ingredients with anti-obesity properties

Glony	Składniki aktywne biologicznie	Literatura
<i>Eisenia bicyclis</i> (B)	florotanina	[63]
<i>Fucus vesiculosus</i> (B)	fukoidan	[58]
<i>Undaria pinnatifida</i> (B)	fukoksantyna	[64–68]
<i>Undaria pinnatifida</i> (B)	fukoksantyna, triacyloglicerole	[69]
<i>Cladosiphon okamuranus</i> (B)	fukoksantyna	[70]
<i>Ecklonia cava</i> (B)	polifenole	[71]

1.4. GLONY NA ALERGIE

W krajach rozwiniętych problemy zdrowotne związane są głównie z chorobami alergicznymi. Szacuje się, że aż ok. 1/3 ogólnej populacji cierpi na alergię, ze szczególnym uwzględnieniem: astmy, alergicznego nieżytu nosa oraz wyprysków będących przyczynami schorzeń przewlekłych. Alergia jest wynikiem nadmiernej reakcji układu immunologicznego na niegroźne substancje środowiskowe takie jak: roztocza kurzu domowego, sierść zwierząt, pyłki, owady, składniki żywności czy środki chemiczne. Wiele badań potwierdziło przeciwalergiczne właściwości glonów morskich, dzięki czemu z powodzeniem mogłyby być stosowane jako leki na alergię [72].

Sugiura i in. [73] w swoich badaniach wykorzystali jadalne brunatnice *Eisenia arborea*. Z glonów tych wyizolowano florotaninę, która w testach przeprowadzonych na szczurach wykazała silnie hamujące działanie na uwalnianie histaminy z komórek białaczkowych. Może być to jedną z przyczyn aktywności przeciwalergicznej tych glonów. Kolejne badania nad właściwościami przeciwalergicznymi zostały przeprowadzone z wykorzystaniem brunatnic *Eisenia arborea* [74]. Sproszkowane glony podawano zwierzętom jako suplement diety. Zaobserwowano, że zauważalnie ograniczyła poziom IgE (immunoglobuliny typu E) w surowicy i histaminy w organizmie szczurów. Szczegółowa analiza danych eksperymentalnych wskazuje, że *E. arborea* może posiadać właściwości antyalergiczne.

Wpływ fukoidyny, wyizolowanej z glonów, na produkcję IgE w ludzkich komórkach jednojądrowych krwi obwodowej w warunkach *in vitro* został zbadany przez Iwamoto i in. [75]. Komórki były pozyskiwane od zdrowych pacjentów oraz od pacjentów z atopowym zapaleniem skóry. Dzięki przeprowadzonym badaniom stwierdzono, że fukoidyna znacznie zmniejszyła wytwarzanie IgE w komórkach jednojądrowych krwi obwodowej bez wpływu na proliferację komórek i produkcję interferonu γ . Hamujące działanie fukoidyny obserwowano zarówno w komórkach pozyskanych od zdrowych osób, jak i tych z atopowym zapaleniem skóry. Przeprowadzone badania dowodzą, że fukoidyna tłumy indukcję IgE nawet po wystąpieniu choroby.

Kim i in. [76] starali się ustalić czy ekstrakty z brunatnic *Ecklonia cava* indukują znaczną inhibicję reakcji astmatycznych. W tym celu myszy uczulono i podawano albuminę jaja kurzego (OVA). Zaobserwowano typowe reakcje astmatyczne jak np.: obecność IgE w surowicy, wzrost liczby eozynofili, napływ komórek zapalnych do płuc wokół naczyń krwionośnych i dróg oddechowych oraz rozwój nadreaktywności dróg oddechowych. Zastosowanie ekstraktu z glonu *Ecklonia cava* spowodowało znaczące zahamowanie wszystkich reakcji astmatycznych. Wyniki te wskazują, że ekstrakty te mogą okazać się użyteczne jako terapia wspomagająca w reakcjach alergicznych dróg oddechowych.

W Tabeli 4 zestawiono przykłady bioaktywnych związków pozyskiwanych z glonów o działaniu przeciwalergicznym.

Tabela 4. Przykłady glonów i ich składników aktywnych biologicznie o właściwościach przeciwalergicznym
Table 4. Examples of algae and their biologically active ingredients with anti-allergy properties

Glony	Składniki aktywne biologicznie	Literatura
<i>Eisenia arborea</i> (B)	florotaniny	[73]
<i>Ecklonia cava</i> (B)	florotaniny	[77]
<i>Eisenia bicyclis</i> (B)	florotaniny	[78]
<i>Ishige okamurae</i> (B)	NNKT	[79]
<i>Undaria pinnatifida</i> (B), <i>Ulva pertusa</i> (Z)	NNKT	[80]

1.5. GLONY NA HIV I HSV

Układ immunologiczny, będący mechanizmem obronnym naszego organizmu, zwalcza choroby oraz infekcje wirusowe. Wirus nabytego niedoboru odporności (ang. *Human Immunodeficiency Virus*, HIV) poprzez stopniowe osłabianie układu odpornościowego i braku specjalistycznego leczenia prowadzi do jego całkowitego zniszczenia [81]. Nielezione zakażenie HIV prowadzi do zespołu nabytego niedoboru odporności (ang. *Acquired Immunodeficiency Syndrome*, AIDS) [82, 83] będącego chorobą immunosupresyjną wywołującą zagrażające życiu zakażenia oportunistyczne oraz nowotwory [82]. Wiele z tych zakażeń występuje powszechnie i nie stanowi poważnego zagrożenia dla osób z nieuszkodzonym układem odpornościowym [81]. Szacuje się, że każdego dnia 16 000 ludzi zostaje zarażonych wirusem HIV. Sposób, dzięki któremu wirus jest zdolny do ominięcia układu odpornościowego nie jest do końca poznany [83]. AIDS w Afryce stanowi główną przyczynę zgonów, natomiast w skali światowej jest wymieniany na czwartym miejscu [82].

Wirus opryszczki pospolitej (ang. *Herpes Simplex Virus*, HSV) należy do rodziny herpeswirusów, które są bardzo rozpowszechnione [84]. Do zarażenia wirusem dochodzi poprzez bezpośredni kontakt z osobą zakażoną i przenosi się przez drobne uszkodzenia na skórze lub śluzówce. Istnieją dwa typy wirusa: wirus HSV-1 (ang. *Herpes Simplex Virus type 1*), który przyczynia się do powstania opryszczki wargowej, oraz wirus HSV-2 (ang. *Herpes Simplex Virus type 2*) będący przyczyną

opryszczki płciowej [85]. HSV-1 może być również odpowiedzialny za wystąpienie opryszczki narządów płciowych [84]. Wirus HSV jest szczególnie rozpowszechniony wśród kobiet w wieku rozrodczym [85, 86]. Uważa się, że 85% ludności jest nosicielami wirusa HSV-1 [84]. W Stanach Zjednoczonych co roku obserwuje się ponad 600 000 nowych przypadków zachorowania [86].

Bouhlal i in. [87] wyizolowali rozpuszczalne w wodzie siarczanowe polisacharydy z krasnorostów *Sphaerococcus coronopifolius* i *Boergesenella thuyoides* zebranych z wybrzeży Maroka. Przeprowadzone badania potwierdziły, że siarczany polisacharydów w dawce 12,5 ng/ml w warunkach *in vitro* hamują replikację ludzkiego wirusa niedoboru odporności. Polisacharydy, składające się z galaktozy, 3,6-anhydrogalaktozy, siarczanów oraz kwasu uronowego, wykazywały również zdolność do hamowania replikacji wirusa opryszczki pospolitej typu 1.

Z krasnorostów *Bostrychia montagnei*, Duarte i in. [88] wyizolowali siarczanowe galaktany, które dzięki przeciwwirusowym właściwościom mogłyby być wykorzystane do leczenia HSV-1 oraz HSV-2. Aktywność przeciwwirusowa (hamowanie replikacji wirusów opryszczki) preparatów (ekstrakty glonowe) została określona z zastosowaniem testu redukcji łysinek wirusowych (ang. *plaque-reduction assay*) wyrażonej w PFU (ang. *plaque-forming units*). Potwierdzono aktywność przeciwwirusową wyekstrahowanych siarczanowych polisacharydów.

Huleihel i in. [89] wyizolowali z czerwonych mikroglonów *Porphyridium* sp. siarczanowe polisacharydy, które odznaczały się przeciwwirusowymi właściwościami wobec HSV-1 oraz HSV-2, a także wobec wirusa ospy wietrznej i półpaśca (ang. *Varicella Zoster Virus*, VZV). Zastosowanie polisacharydów (1 µg/mL) powodowało w 50% zahamowanie zakażenia HSV oraz powstawanie nowych wirusów. Całkowite zahamowanie lub spowolnienie rozwoju efektu cytotatycznego HSV albo VZV było zależne od stężenia polisacharydu. Nawet przy stężeniu 250 µg/mL nie zaobserwowano żadnych efektów cytotoksycznych. Można więc wysunąć wniosek, że glony stanowią cenne źródło polisacharydów, zdolnych do hamowania zakażeń wirusowych poprzez zapobieganie rozwojowi wirusów w komórkach gospodarza i/lub do hamowania produkcji nowych wirusów.

W Tabeli 5 zestawiono przykłady bioaktywnych związków pozyskiwanych z glonów o działaniu przeciwwirusowym.

Tabela 5. Przykłady glonów i ich składników aktywnych biologicznie o właściwościach przeciwwirusowych
Table 5. Examples of algae and their biologically active ingredients with anticancer properties

Glony	Składniki aktywne biologicznie	Literatura
<i>Polysiphonia morrowii</i> (K)	bromofenole	[90]
<i>Stypopodium zonale</i> (B)	diterpeny	[91]
<i>Adenocystis utricularis</i> (B)	fukoidan	[92]
<i>Undaria pinnatifida</i> (B)	galaktofukan	[93]
<i>Meristiella gelidium</i> (K)	karagen	[94]

Glony	Składniki aktywne biologicznie	Literatura
<i>Undaria pinnatifida</i> (B), <i>Splachnidium rugosum</i> (B), <i>Plocamium cartilagineum</i> (K), <i>Gigartina atropurpurea</i> (K)	polisacharydy	[95]
<i>Stoechospermum marginatum</i> (B)	siarczanowe fukany	[96]
<i>Cystoseira indica</i> (B)	siarczanowe fukany	[97]
<i>Grateloupia indica</i> (K)	siarczanowe galaktany	[98]
<i>Sargassum patens</i> (B)	siarczanowe polisacharydy	[99]
<i>Padina pavonia</i> (B)	siarczanowe polisacharydy	[100]
<i>Gymnogongrus griffithsiae</i> , <i>Cryptonemia crenulata</i> (K)	siarczanowe polisacharydy	[101]
<i>Hydroclathrus clathratus</i> (B), <i>Lobophora variegata</i> (B)	węglowodany	[102]

2. ZASTOSOWANIE GLONÓW W KOSMETYCE

W krajach Afryki, Ameryki, a szczególnie Azji, praktyczne zastosowanie glonów do celów leczniczych, kosmetycznych i odżywczych, znane jest od kilku tysięcy lat. Przede wszystkim glony morskie należące do brunatnic, krasnorostów i zieleńców mają największe znaczenie w pozyskiwaniu nowych produktów dietetycznych, kosmetycznych i terapeutycznych [6].

W ciągu ostatnich dwóch dekad wykorzystanie ekstraktów z glonów w kosmetykach znalazło wielu zwolenników. Potwierdzenie tego można odnaleźć na etykietach i ulotkach reklamowych. Są to jednak informacje bardzo ogólne. Szczegóły dotyczące sposobów produkcji i właściwości są chronione, co znajduje dowód w postaci bardzo znikomej ilości powszechnie dostępnych doniesień naukowych [22].

Dowodzono, że glony wykazują działanie dermatologiczne i kosmetyczne poprzez hamowanie łojotoku i innych problemów skóry tłustej, działanie przeciwzapalne i bakteriobójcze (dzięki obecności cynku), uelastycznianie skóry (peptydy i witaminy), poprawienie ukrwienia skóry, a dzięki kwasowi alginowemu zwężają naczynka i leczą rumień. Na bazie glonów produkuje się wiele kosmetyków, które mają dobrą opinię: ujędrniają skórę, rozjaśniają rozstępny. Okłady z glonów wyszczuplają i niwelują cellulit. Dziedzina kosmetyki skóry zwana talasoterapią to forma terapii, wykorzystująca morski klimat, morską wodę, muł, glony, piasek, wodorosty, błoto, a także inne substancje pochodzące z morza jako czynnik terapeutyczny [13, 103].

Komponenty glonów są często stosowane w kosmetykach jak środki zagęszczające (alginian, agar, karagenian) – służące do regulowania konsystencji produktów kosmetycznych, środki wiążące wodę oraz przeciwutleniające [13, 16, 104].

Bioaktywne substancje pochodzące z glonów morskich pełnią różne role funkcjonalne i te właściwości mogą być zastosowane do opracowania nowych

kosmeceutyków – kosmetyków o działaniu pielęgnacyjno-leczniczym. Pojęcie to wprowadził prawie 25 lat temu profesor dermatologii Albert M. Kligman z Uniwersytetu w Pensylwanii dla określenia grupy preparatów znajdujących się pomiędzy lekami i kosmetykami. Obecnie kosmeceutyki stanowią dużą grupę preparatów na rynku kosmetycznym. Związki biologicznie czynne występujące w glonach np.: florotaniny (np.: floroglucinol), sulfonowane polisacharydy, terpenoidy, karotenoidy, tokoferol, związki fenolowe, polisacharydy, NNKT, MAA (od *ang.* mycosporine-like amino acids), mają potencjalne zastosowanie w wytwarzaniu kosmeceutyków [7, 104]. Dla przykładu, obecne w glonach terpenoidy zapobiegają fotouszkodzeniu i fotostarzeniu się skóry, tokoferol i związki fenolowe zapobiegają przed szkodliwym działaniem promieni UV [104].

Polifenole są silnymi antyoksydantami, wykazują działanie przeciwzapalne, chronią także przed działaniem wolnych rodników [9, 19]. Kwas alginowy i hialuronowy nawilżają skórę, aminokwasy stymulują barierę ochroną i elastyczność skóry, NNKT działają okluzyjnie i łagodzą podrażnienia, mają właściwości regenerujące, nawilżające, przeciwzmarszczkowe i przeciwstarzeniowe, a witaminy, karotenoidy i chlorofile działają antyoksydacyjnie [104, 105] i chronią przed uszkodzeniami spowodowanymi promieniowaniem UV [9, 12, 15–17]. Dodatkowo, witaminy z grupy A (w tym karotenoidy) biorą udział w procesach keratynizacji naskórka i w utrzymaniu nienaruszalności tkanki nabłonkowej. Witaminy z grupy E mają właściwości antyoksydacyjne, ukierunkowane na zapobieganie utlenieniu nienasyconych kwasów tłuszczowych w lipidach błon komórkowych [13].

Jak już wcześniej wspomniano, wiele związków ekstrahowanych z biomasy glonów posiada właściwości antyoksydacyjne, antywirusowe, antybakteryjne, antynowotworowe, przeciwzapalne [8]. Jako przykład może posłużyć glutation posiadający właściwości antyoksydacyjne (dodatkowo stosowany jest czasami doustnie jako preparat wybielający skórę). Brunatnica – *Ishige arborescens* zawiera nawet 3082 mg glutationu/100 g biomasy [106].

Spośród polisacharydów, szczególnie ważną rolę w kosmetyce odgrywa fukoidan – siarczanowany polisacharyd z brunatnic, który wspomaga proliferację fibroblastów skóry, będących odpowiedzialnymi za syntezę nowego kolagenu [107]. Dodatkowo, wykazuje działanie przeciwstarzeniowe i przeciwzmarszczkowe [13, 104]. Ekstrakty glonowe bogate w białko pozyskane z *Chlorella vulgaris* również znalazły zastosowanie w redukcji zmarszczek, poprzez stymulację syntezy kolagenu w skórze oraz w regeneracji tkanek [15]. Zastosowania białek glonowych lub ich pochodnych jest istotne w zapewnieniu odpowiedniego nawilżenia włosów i skóry. Z drugiej strony, białka glonów wykazują silne powinowactwo do włosów lub skóry, wpływając na ich odżywianie [8]. Jednym z lepiej poznanych białek glonowych jest aosaina, która występuje w zielenicy *Ulva lactuca*. Blokuję działanie elastazy – enzymu rozkładającego elastynę oraz pobudza syntezę kolagenu. Glon ten jest stosowany w kosmetykach *anti-aging* ze względu na właściwości antyoksydacyjne oraz zapobiegające procesom starzenia się skóry [13].

Z lipidów na szczególną uwagę zasługuje kwas γ -linolenowy. Ten niezbędny nienasycony kwas tłuszczowy przyczynia się do odbudowy i ochrony warstwy barierowej naskórka, chroni skórę przed infekcjami i likwiduje stany zapalne. Ponadto łagodzi podrażnienia i zaczerwienienia skóry oraz przeciwdziała suchości i łuszczeniu się naskórka [13].

Niektóre glony wytwarzają organiczne metabolity takie jak: sporopolenina, scytonemina oraz małowęzłoczkowe mikrosporyny oraz ich pochodne MAA, które chronią je przed promieniowaniem UV – absorbują szkodliwe promienie. Stąd też możliwość wykorzystania wytwarzanych przez glony substancji w kosmetykach z filtrem słonecznym [16, 108]. Promieniowanie słoneczne ultrafioletowe (UV) jest jedną z głównych przyczyn przedwczesnego starzenia się skóry tzw. fotostarzenia. Świadczy o tym fakt, że objawy starzenia się skóry są w pierwszej kolejności widoczne na twarzy, szyi i dłoniach, czyli partiach ciała najczęściej poddawanych ekspozycji na promieniowanie słoneczne. Szczegółowy opis związków ekranizujących promieniowanie UV przedstawiono w pracy [109]. Glony, które wytwarzają MAA to przykładowo: krasnorost – *Porphyra umbilicalis* [108], mikroglony – *Chlorella minutissima*, *C. sorokiniana*, *Dunaliella tertiolecta* [16]. Dodatkowo jako filtry UV mogą służyć wyekstrahowane z glonów karotenoidy oraz wielonienasycone kwasy tłuszczowe [104].

W Tabeli 6 przedstawiono przykłady związków biologicznie czynnych pochodzących z makroglonów mających zastosowanie w kosmetologii.

Tabela 6. Przykłady glonów i ich składników aktywnych biologicznie stosowanych w kosmetyce
Table 6. Examples of alga and their biologically active ingredients used in cosmetics

Glony	Składniki aktywne biologicznie	Problem kosmetyczny/Działanie	Literatura
<i>Corallina pilulifera</i> (K)	fenole	Zmarszczki Zdolność do zapobiegania stresowi oksydacyjnemu wywołanemu przez promieniowanie UV oraz ekspresji metaloproteinaz macierzy pozakomórkowej, które przyczyniają się do degradacji kolagenu skóry, ostatecznie prowadząc do jej starzenia się	[110]
<i>Laminaria japonica</i> (B)	fukoksantyna	Wybielanie skóry Inhibitor tyrozynazy – enzym katalizujący pigmentację skóry	[111]
<i>Ecklonia stolonifera</i> (B)	floroglucyna	Wybielanie skóry Inhibitor tyrozynazy – hamuje działanie enzymu ze względu na zdolność do chelatowania miedzi tego enzymu	[112]
<i>Ascophyllum nodosum</i> (B)	fukoidan	Skóra starzejąca się i zniszczona działaniem promieni słonecznych (fotoodmładzanie skóry)	[107]
<i>Ulva</i> (Z)	ulwan/witaminy z grupy B, A, C, E	Działanie nawilżające i ochronne/ działanie antyoksydacyjne	[13]

Głony	Składniki aktywne biologicznie	Problem kosmetyczny/Działanie	Literatura
<i>Cladophora glomerata</i> (Z)	związki fenolowe i lifenolowe	Właściwości antyoksydacyjne i przeciwbakteryjne (aktywność przeciw szczepom bakterii Salmonella typhimurium, Staphylococcus aureus, Bacillus subtilis oraz Proteus mirabili)	[113]

Szczególne znaczenie w kosmetyce ma proces mikronizacji alg, którego inicjatorem i twórcą jest Laboratorium B.L.C. Thalgo Cosmetic S.A. Metoda ta pozwala na wykorzystanie mikro- i makroelementów zawartych w biomacie glonów w szerszym zasięgu w kosmetyce i medycynie, niż było to możliwe do tej pory. Wcześniej glony preparowano tak jak zioła (czyli suszono i rozgniatano), ale w dalszym ciągu składniki aktywne pozostawały zamknięte w komórkach i nie były wykorzystywane. W procesie mikronizacji, glony (*Laminaria digitata*, *Fucus vesiculosus*, *Lithothamnium calcareum* pobrane z Morza Północnego) są poddane procesowi suszenia (słońcem) i osobno zmielone. Następnie w odpowiednich proporcjach przenoszone są do bębnowłóczy ciśnieniowych. Przy zmiennym ciśnieniu i niskiej temperaturze komórki glonów otwierają się i cała ich zawartość wydostaje się na zewnątrz. Proces ten zakończony jest w kolektorze, zaopatrzonym w filtry, który zbiera delikatny proszek wysoko skoncentrowanego glona. Thalgo posiada dwa patenty na proces mikronizacji alg – Patent kosmetyczny nr. F- 1.495.766 oraz Patent medyczny BSM nr. 5576M. Mikronizowany glon morski, bogaty w witaminy i minerały stanowi podstawę wielu zabiegów kosmetycznych mających na celu ustabilizowanie wydzielania łoju, uaktywnienie krążenia krwi i eliminacji nagromadzonych toksyn.

PODSUMOWANIE

Głony morskie stanowią skarbiec związków biologicznie czynnych dobroczynnie wpływających na zdrowie i urodę. Glony mogą być wykorzystywane w walce z różnego rodzaju dolegliwościami i chorobami, np.: nowotworami, alergiami, otłoczeniem, wirusem nabytego niedoboru odporności, wirusem opryszczki pospolitej, stanami zapalnymi, bólami czy gorączką. Cenne związki zawarte w glonach stosuje się również w produktach kosmetycznych. Preparaty z dodatkiem glonów hamują łojotok, uelastyczniają skórę, zwężają naczynka, leczą rumień, zapewniają odpowiednie nawilżenie i odżywienie włosów oraz skóry, likwidują stany zapalne, chronią przed infekcjami, przeciwdziałają suchości i łuszczeniu się naskórka, chronią skórę przed starzeniem, fotouszkodzeniami oraz szkodliwym działaniem promieni UV. W gabinetach kosmetycznych stosowana jest talasoterapia. Jest to terapia, która jako czynnik terapeutyczny wykorzystuje morski klimat, wodę mufł, glony, piasek, błoto oraz inne morskie substancje. Przytoczone w pracy przykłady potwierdzają, że glony są cennym, naturalnym, a zarazem tanim źródłem zdrowia, urody i młodości.

PODZIĘKOWANIA

Praca została sfinansowana z grantu pt.: Związki biologicznie czynne w ekstraktach z wodorostów Bałtyckich Nr 2012/05/D/ST5/03379 finansowanego przez Narodowego Centrum Nauki oraz grantu pt.: Innowacyjna technologia ekstraktów glonowych – komponentów nawozów, pasz i kosmetyków Nr PBS/1/A1/2/2012 finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

PIŚMIENNICTWO CYTOWANE

- [1] A. Pielesz, *Algi i alginiany – leczenie, zdrowie i uroda*, Wydawnictwo internetowe e-bookowo, 2010.
- [2] W. Kozieł, T. Włodarczyk, *Acta Agroph.*, 2011, **17**, 105.
- [3] K. Chojnacka, A. Saeid, I. Michalak, *Chemik*, 2012, **66**, 1235.
- [4] S. Gupta, N. Abu-Ghannam, *Trends Food Sci. Tech.*, 2011, **22**, 315.
- [5] K. Chojnacka, *Przem. Chem.*, 2012, **91**, 710.
- [6] R. Czerpak, A. Jabłońska-Trypuć, A. Pietryczuk, *Post. Fitoter.*, 2009, **3**, 168.
- [7] N.V. Thomas, S.-K. Kim, *Mar. Drugs*, 2013, **11**, 146.
- [8] K. Samarakoon, Y.-J. Jeon, *Food Res. Int.*, 2012, **48**, 948.
- [9] A. Pielesz, *Post. Fitoter.*, 2011, **1**, 9.
- [10] T.A. Davis, B. Volesky, A. Mucci, *Water Res.*, 2003, **37**, 4311.
- [11] S. Kraan, *Algal polysaccharides, novel applications and outlook*, [w:] *Carbohydrates - Comprehensive studies on glycobiology and glycotchnology*, C.F. Chang (Red.), InTech, 2012.
- [12] J.H. Fitton, M. Irhimeh, N. Falk, *Cosm. Toil.*, 2007, **122**, 55.
- [13] E. Lamer-Zarawska, *Post. Kosm.*, 2012, **1**, 33.
- [14] J. Fleurence, *Trends Food Sci. Tech.*, 1999, **10**, 25.
- [15] P. Spolaore, C. Joannis-Cassan, E. Duran, *J. Biosci. Bioeng.*, 2006, **101**, 87.
- [16] I. Priyadarshani, B. Rath, *J. Algal Biomass Útl.*, 2012, **3**, 89.
- [17] D. Sava, M. Rotaru-Stăncic, E. Doroftci, M. Arcuş, *Annals of RSCB*, 2009, **14**, 297.
- [18] P. Rupérez, *Food Chem.*, 2002, **79**, 23.
- [19] N.V. Thomas, S.-K. Kim, *Env. Tox. Pharm.*, 2011, **32**, 325.
- [20] E.A. Shalaby, *Plant Signal. Behav.*, 2011, **6**, 1338.
- [21] N.S. Boopathy, K. Kathiresan, *J. Oncol.*, 2010, **1**.
- [22] Ł. Tuhy, Z. Witkowska, A. Saeid, K. Chojnacka, *Przem. Chem.*, 2012, **91**, 1031.
- [23] I.-C. Sheih, T.J. Fang, T.-K. Wu, P.-H. Lin, *J. Agric. Food Chem.*, 2010, **58**, 1202.
- [24] S. Ermakova, R. Sokolova, S.-M. Kim, B.-H. Um, V. Isakov, T. Zvyagintseva, *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 2011, **164**, 841.
- [25] C. Ishikawa, S. Tafuku, T. Kadekaru, S. Sawada, M. Tomita, T. Okudaira, T. Nakazato, T. Toda, J.N. Uchihara, N. Taira, K. Ohshiro, T. Yasumoto, T. Ohta, N. Mori, In: *J. Cancer*, 2008, **123**, 2702.
- [26] H. Funahashi, T. Imai, T. Mase, M. Sekiya, K. Yokoi, H. Hayashi, A. Shibata, T. Hayashi, M. Nishikawa, N. Suda, Y. Hibi, Y. Mizuno, K. Tsukamura, A. Hayakawa, S. Tanuma, *Jpn. J. Cancer Res.*, 2001, **92**, 483.
- [27] R. Durán, E. Zubía, J. M. Ortega, J. Salvá, *Tetrahedron*, 1997, **53**, 8675.
- [28] M.O. Ishitsuka, T. Kusumi, H. Kakisawa, *J. Org. Chem.*, 1988, **53**, 50103.
- [29] N.E. Awad, M.A. Selim, H.M. Metawe, A.A. Matloub, *Phytother. Res.*, 2008, **22**, 1610.
- [30] T.V. Alekseyenko, S. Ya. Zhanayeva, A.A. Venediktova, T.N. Zvyagintseva, T.A. Kuznetsova, N.N. Besednova, T.A. Korolenko, *Bull. Exp. Biol. Med.*, 2007, **143**, 730.

- [31] S.D. Anastyyuk, N.M. Shevchenko, S.P. Ermakova, O.S. Vishchuk, E.L. Nazarenko, P.S. Dmitrenok, T.N. Zvyagintseva, *Carb. Pol.*, 2012, **87**, 186.
- [32] B.M. Ly, N.Q. Buu, N.D. Nhut, P.D. Thinh, T.T.T. Van, *ASEAN J. Sci. Technology Dev.*, 2005, **22**, 371.
- [33] H. Noda, H. Amano, K. Arashima, K. Nisizawa, *Hydrobiologia*, 1990, **204**, 577.
- [34] H. Yuan, J. Song, X. Li, N. Li, J. Dai, *Cancer Lett.*, 2006, **243**, 228.
- [35] G. Zhou, Y. P. Sun, H. Xin, Y. Zhang, Z. Li, Z. Xu, *Pharmacol. Res.*, 2004, **50**, 47.
- [36] R.W. Fuller, J.H. Cardellina II, J. Jurek, P.J. Scheuer, B. Alvarado- Lindner, M. McGuire, G.N. Gray, J.R. Steiner, J. Clardy, E. Menez, R.H. Shoemaker, D.J. Newman, K.M. Snader, M.R. Boyd, *J. Med. Chem.*, 1994, **37**, 4407.
- [37] F. Namvar, S. Mohamed, S.G. Fard, J. Behravan, N.M. Mustapha, N.B.M. Alitheen, F. Othman, *Food Chem.*, 2012, **130**, 376.
- [38] S.-C. Ko, S.-H. Lee, G. Ahn, K.-N. Kim, S.-H. Cha, S.-K. Kim, B.-T. Jeon, P.-J. Park, K.-W. Lee, Y.-J. Jeon, *J. Appl. Phycol.*, 2012, **24**, 675.
- [39] W.-J. Yoon, Y.M. Ham, K.-N. Kim, S.-Y. Park, N.H. Lee, C.-G. Hyun, W.J. Lee, *J. Med. Plants Res.*, 2009, **3**, 001.
- [40] A.I.F. Vázquez, *Braz. J. Pharm. Sci.*, 2011, **47**, 111.
- [41] J.-Y. Kang, M.N. Khan, N.H. Park, J.Y. Cho, H. Fujii, Y.K. Hong, *J. Ethnopharmacol.*, 2008, **116**, 187.
- [42] J.-Y. Kang, J.-S. Choi, N.G. Park, D.-H. Ahn, Y.-K. Hong, *Fish. Aquat. Sci.*, 2012, **15**, 73.
- [43] D.D. Hong, H.M. Hien, H.T.L. Anh, *Afr. J. Biotech.*, 2011, **10**, 2308.
- [44] E. Rozas, J.C. Freitas, *J. Ven. Animals Tox. Incl. Trop. Dis.*, 2007, **13**, 544.
- [45] C.M.P. Guerra Dore, M.G. das C. Faustino Alves, L.S.E. Pofirio Will, T.G. Costa, D.A. Sabry, L.A.R. de Souza Rego, C.M. Accardo, H.A.O. Rocha, L.G.A. Filgueira, E.L. Leite, *Carbohydr. Polym.*, 2013, **91**, 467.
- [46] A. Cumashi, N.A. Ushakova, M.E. Preobrazhenskaya, A. D' Incecco, A. Piccoli, L. Totani, N. Tinari, G.E. Morozevich, A.E. Berman, M.I. Bilan, A.I. Usov, N.E. Ustyuzhanina, A.A. Grachev, C.J. Sanderson, M. Kelly, G.A. Rabinovich, S. Iacobelli, N.E. Nifantiev, *Glycobiology*, 2007, **17**, 541.
- [47] S.-J. Heo, *Food Chem. Toxicol.*, 2010, **48**, 2045.
- [48] H.A. Jung, S.E. Jin, B.R. Ahn, C.M. Lee, J.S. Choi, *Food Chem. Toxicol.*, 2013, **59**, 199.
- [49] A.A.S. de Sousa, N.M. Benevides, A. de Freitas Pires, F.P. Fiúza, M.G. Queiroz, T.M. Morais, M.G. Pereira, A.M. Assreuy, *Fundam. Clin. Pharmacol.*, 2013, **27**, 173.
- [50] M.N.A. Khan, *J. Agric. Food Chem.*, 2007, **55**, 6984.
- [51] S. Ananthi, H.R.B. Raghavenendran, A.G. Sunil, V. Gayathri, G. Ramakrishnan, H.R. Vasanthi, *Food Chem. Toxicol.*, 2010, **48**, 187.
- [52] N.N. Islam, I.J. Ishita, S.E. Jin, R.J. Choi, C.M. Lee, Y.S. Kim, H.A. Jung, J.S. Choi, *Food Chem. Toxicol.*, 2013, **55**, 541.
- [53] C.O. Coura, I.W.F. de Araújo, E.S.O. Vanderlei, J.A.G. Rodrigues, A.L.G. Quinderé, B.P. Fontes, I.N.L. de Queiroz, D.B. de Menezes, M.M. Bezerra, A.A.R. e Silva, H.V. Chaves, R.J.B. Jorge, J.S.A.M. Evangelista, N.M.B. Benevides, *Basic Clinical Pharmacol. Toxicol.*, 2012, **110**, 335.
- [54] J.A.G. Rodrigues, E. de S.O. Vanderlei, L.M.C.M. Silva, I.W.F. de Araújo, I.N.L. de Queiroz, G.A. de Paula, T.M. Abreu, N.A. Ribeiro, M.M. Bezerra, H.V. Chaves, V. Lima, R.J.B. Jorge, H.S.A. Monteiro, E.L. Leite, N.M.B. Benevides, *Pharmacol. Rep.*, 2012, **64**, 282.
- [55] K. Kozłowska, T. Hsu, C.C. Hou, W.C. Yang, G.J. Tsai, *J. Ethnopharmacol.*, 2010, **128**, 123.
- [56] J.W. Yun, *Phytochemistry*, 2010, **71**, 1625.
- [57] A.N. Awang, J. L. Ng, P. Matanjun, M. R. Sulaiman, T. S. Tan, Y. B. H. Ooi, *J. Appl. Phycol.*, 2014, **26**, 1043.
- [58] M.-K. Park, U. Jung, C. Roh, *Mar. Drugs*, 2011, **9**, 1359.

- [59] S. Hasani- Ranjbar, Z. Jouyandeh, M. Abdollahi, J. Diabetes Metab. Disord., 2013, **12**, 1.
- [60] S. Mohamed, S.N. Hashim, H.A. Rahman, Trends Food Sc Technol, 2012, **23**, 83.
- [61] M. Abidov, Z. Ramazanov, R. Seifulla, S. Grachev, Diabetes Obes. Metab., 2010, **12**, 72.
- [62] J.R. Paxman, J.C. Richardson, P.W. Dettmar, B.M. Corfe, Appetite, 2008, **51**, 713.
- [63] S.-H. Eom, M. S. Lee, E. W. Lee, Y. M. Kim, T. H. Kim, Phytother. Res., 2013, **27**, 148.
- [64] H. Maeda, M. Hosokawa, T. Sashima, K. Funayama, K. Miyashita, Biochem. Biophys. Res. Commun., 2005, **332**, 392.
- [65] H. Maeda, M. Hosokawa, T. Sashima, K. Murakami- Funayama, K. Miyashita, Mol. Med. Rep., 2009, **2**, 897.
- [66] M.-N. Woo, S.M. Jeon, Y.C. Shin, M.K. Lee, M.A. Kang, M.S. Choi, Mol. Nutr. Food Res., 2009, **53**, 1603.
- [67] H. Maeda, M. Hosokawa, T. Sashima, N. Takahashi, T. Kawada, K. Miyashita, Int. J. Mol. Med., 2006, **18**, 147.
- [68] H. Maeda, M. Hosokawa, T. Sashima, K. Miyashita, J. Agric. Food Chem., 2007, **55**, 7701.
- [69] H. Maeda, M. Hosokawa, T. Sashima, K. Funayama, K. Miyashita, J. Oleo Sci., 2007, **56**, 615.
- [70] T. Mise, M. Ueda, T. Yasumoto, Adv. J. Food Sci. Technology, 2011, **3**, 73.
- [71] E.Y. Park, Evid. Based Complement. Altern. Med., 2012, 1.
- [72] T.-S. Vo, D.-H. Ngo, S.-K. Kim, Proc. Biochem., 2012, **47**, 386.
- [73] Y. Sugiura, K. Matsuda, Y. Yamada, M. Nishikawa, K. Shioya, H. Katsuzaki, K. Imai, H. Amano, Biosci. Biotechnol. Biochem., 2006, **70**, 2807.
- [74] Y. Sugiura, K. Matsuda, T. Okamoto, M. Kakinuma, H. Amano, Fish. Sci., 2008, **74**, 180.
- [75] K. Iwamoto, T. Hiragun, S. Takahagi, Y. Yanase, S. Morioka, S. Mihara, Y. Kameyoshi, M. Hide, Arch. Dermatol. Res., 2011, **303**, 425.
- [76] S.-K. Kim, D.Y. Lee, W.K. Jung, J.H. Kim, I. Choi, S.G. Park, S.K. Seo, S.W. Lee, C.M. Lee, S.S. Yea, Y.H. Choi, I.W. Choi, Biomed. Pharmacother., 2008, **62**, 289.
- [77] Y. Li, S.H. Lee, Q.T. Le, M.M. Kim, S.K. Kim, J. Agric. Food Chem., 2008, **56**, 12073.
- [78] T. Shibata, K. Nagayama, R. Tanaka, K. Yamaguchi, T. Nakamura, J. Appl. Phycol., 2003, **15**, 61.
- [79] T.-S. Vo, J.-A. Kim, I. Wijesekara, C.-S. Kong, S.-K. Kim, Food Sci. Biotechnol., 2011, **20**, 1227.
- [80] K. Ishihara, M. Murata, M. Kaneniwa, H. Saito, K. Shinohara, M. Maeda-Yamamoto, Biosci. Biotechnol. Biochem., 1998, **62**, 1412.
- [81] K. Walkowska-Iwańska, *Co musisz wiedzieć o HIV i AIDS: bez względu na to gdzie mieszkasz czy pracujesz*, Wydanie IX, Warszawa, 2013, www.gis.gov.pl.
- [82] I.P. Singh, S.B. Bharate, K.K. Bhutani, Current Sci., 2005, **89**, 269.
- [83] D.J. Schaeffer, V.S. Krylov, Ecotox. Environ. Safety, 2000, **45**, 208.
- [84] A. Nowak, Post. Fitoter., 2011, **4**, 243.
- [85] R.J. Whitley, B. Roizman, The Lancet, 2001, **357**, 1513.
- [86] L.E. Riley, Semin. Perinatol., 1998, **22**, 284.
- [87] R. Bouhlal, C. Haslin, J.C. Chermann, S. Collic-Jouault, C. Singuin, G. Simon, S. Cerantola, H. Riadi, N. Bourgougnon, Mar. Drugs, 2011, **9**, 1187.
- [88] M.E.R. Duarte, D.G. Nosedá, M.D. Nosedá, S. Tulio, C.A. Pujol, E.B. Damonte, Phytomedicine, 2001, **8**, 53.
- [89] M. Huleihel, V. Ishanu, J. Tal, S. Arad, J. Appl. Phycol., 2001, **13**, 127.
- [90] S.-Y. Kim, S.R. Kim, M.J. Oh, S.J. Jung, S.Y. Kang, J. Microbiol., 2011, **49**, 102.
- [91] A.R. Soares, J.L. Abrantes, T.M. Lopes Souza, C.F. Leite Fontes, R.C. Pereira, I.C. de Palmer Paixão Frugulhetti, V.L. Teixeira, Planta Med., 2007, **73**, 1221.
- [92] J. Trincherro, N.M. Ponce, O.L. Córdoba, M.L. Flores, S. Pampuro, C.A. Stortz, H. Salomón, G. Turk, Phytother. Res., 2009, **23**, 707.
- [93] J.A. Hemmingson, R. Falshaw, R.H. Furneaux, K. Thompson, J. Appl. Phycol., 2006, **18**, 185.

- [94] P.C. de S.F-Tischer, L.B. Talarico, M.D. Nosedá, S.M. Pita B. Guimarães, E.B. Damonte, M.E.R. Duarte, *Cargohydr. Polym.*, 2006, **63**, 459.
- [95] E.A. Harden, R. Falshaw, S.M. Carnachan, E.R. Kern, M.N. Prichard, *Antiviral Res.*, 2009, **83**, 282.
- [96] U. Adhikari, C.G. Mateu, K. Chattopadhyay, C.A. Pujol, E.B. Damonte, B. Ray, *Phytochemistry*, 2006, **67**, 2474.
- [97] P. Mandal, C.G. Mateu, K. Chattopadhyay, C.A. Pujol, E.B. Damonte, B. Ray, *Antivir. Chem. Chemother.*, 2007, **18**, 153.
- [98] K. Chattopadhyay, C.G. Mateu, P. Mandal, C.A. Pujol, E.B. Damonte, B. Ray, *Phytochemistry*, 2007, **68**, 1428.
- [99] W. Zhu, L.C. Chiu, V.E. Ooi, P.K. Chan, P.O. Jr. Ang, *Int. J. Animicrob. Agents*, 2004, **24**, 81.
- [100] S.F. Mohamed, F.A. Agili, *Int. J. ChemTech Res.*, 2013, **5**, 1469.
- [101] L.B. Talaricio, C.A. Pujol, R.G. Zibetti, P.C. Faria, M.D. Nosedá, M.E. Duarte, E.B. Damonte, *Antiviral Res.*, 2005, **66**, 103.
- [102] H. Wang, E.V. Ooi, P.O. Ang Jr, *J. Zhejiang Univ. Sci. B*, 2008, **9**, 969.
- [103] N. Riyaz, F.R. Arakkal, *Indian J. Dermatol. Venereol. Leprol.*, 2011, **77**, 128.
- [104] S. Agatonovic-Kustrin, D.W. Morton, *Oceanography*, 2013, **1**, 106.
- [105] M. Molski, *Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa*, 2010.
- [106] M. Kakinuma, C.S. Park, *Fish. Sci.*, 2001, **67**, 194.
- [107] K. Senni, F. Gueniche, A. Foucault-Bertaud, S. Igondjo-Tchen, F. Fioretti, S. Collic-Jouault, P. Durand, J. Guezennec, G. Godeau, D. Letourneur, *Arch. Biochem. Biophys.*, 2006, **445**, 56.
- [108] D. Schmid, C. Schürch, F. Züllli, *Cosm. Toil. Manufacture Worldwide*, 2004, 139.
- [109] M.L. Dionisio-Sese, *Philippine J. Sci.*, 2010, **139**, 5.
- [110] B. Ryu, Z.-J. Qian, M.-M. Kim, K.W. Nam, S.-K. Kim, *Radiat. Phys. Chem.*, 2009, **78**, 98.
- [111] H. Shimoda, J. Tanaka, S.J. Shan, T. Maoka, *J. Pharm. Pharmacol. Res.*, 2010, **62**, 1137.
- [112] H.S. Kang, H.R. Kim, D.S. Byun, B.W. Son, T.J. Nam, J.S. Choi, *Arch. Pharm. Res.*, 2004, **27**, 1226.
- [113] S. Soltani, S. Saadatmand, R. Khavarinejad, T. Nejadstattari, *African J. Biotechnol.*, 2011, **10**, 7684.

Praca wpłynęła do Redakcji 2 czerwca 2014