

Aktywność biologiczna substancji zawartych w mszakach **Biological activity of substances contained in bryophytes**

Sara Janowska

Uniwersytet Medyczny w Lublinie, Katedra i Zakład Chemii Organicznej, ul. Chodźki 4a (Collegium Pharmaceuticum), 20-093 Lublin, e-mail: sara.janowska@wp.pl

Słowa kluczowe: mszaki, przeciwbakteryjne, przeciwgrzybicze, przeciwnowotworowe, antyoksydacyjne

Key words: bryophytes, antibacterial, antifungal, anticancer, antioxidant

Streszczenie

Mszaki znalazły szerokie zastosowanie w medycynach tradycyjnych całego świata. Mimo to, z punktu widzenia fitochemicznego stanowią wciąż słabo poznaną grupę roślin. Badania naukowe wskazują, że te rośliny zawierają w sobie substancje o właściwościach przeciwbakteryjnych, przeciwgrzybiczych oraz przeciwnowotworowych. Istotny jest również charakter antyoksydacyjny otrzymanych z nich ekstraktów. Artykuł jest przeglądem tradycyjnych zastosowań mszaków oraz najnowszych badań dotyczących tych roślin.

Abstract

Bryophytes have found a wide application in traditional medicine around the world. Nevertheless, they are still a poorly understood group of plants from a phytochemical point of view. Scientific research indicates that these plants contain substances with antibacterial, antifungal and anticancer properties. The antioxidant character of the extracts obtained from them is also significant. The article is a review of traditional applications of bryophytes and the latest research on these plants.

Wstęp

Mszaki są uznawane za jedne z najstarszych żyjących dzisiaj roślin lądowych. Pojawiły się na ziemi wiele milionów lat temu i nie zmieniły się w znacznym stopniu od tego momentu. Dzięki temu, że są roślinami o małych rozmiarach, które nie dominowały zajmowanych przez siebie siedlisk, były odporne

na zmiany klimatyczne oraz inne czynniki wymuszające ewolucję gatunku. Spowodowało to, że możemy je nazywać „żywymi skamieniałościami” [1].

Mchy i wątrobowce są skarbnicą ogromnej liczby substancji chemicznych. Dotyczy to głównie wątrobowców, które charakteryzują się małymi rozmiarami oraz bardzo wolnym procesem wzrostu. Prawdopodobnie potencjał biochemiczny mszaków wynika z przyczyn ewolucyjnych: podczas gdy rośliny wyższe wytwarzały struktury (np. kolce) chroniące je przed zjedzeniem przez zwierzęta, mszaki „inwestowały” w zabezpieczenia chemiczne, zachowując małe rozmiary i pierwotną morfologię [2].

Substancje, które chronią mszaki przed zjedzeniem przez insekty lub zainfekowaniem przez grzyby, mogą okazać się przydatne w leczeniu chorób występujących u ludzi. Wiemy, że rośliny te zawierają liczne użyteczne związki, takie jak oligosacharydy, polisacharydy, alkohole cukrowe, aminokwasy oraz kwasy tłuszczowe. Kolejnym ważnym krokiem jest powiązanie składu chemicznego tych roślin z ich działaniem medycznym [2].

Zastosowanie mszaków w tradycyjnej medycynie w różnych rejonach świata

Mchy są powszechnym składnikiem flory na wszystkich kontynentach, jednak ich zastosowanie stanowi margines tradycyjnej medycyny. Chińczycy, Hindusi oraz rdzenni Amerykanie często sięgali po mchy jako cenny surowiec zielarski [3].

W medycynie chińskiej uznawano gatunki *Polytrichum sp.* za środki o działaniu diuretycznym i przeciwgorączkowym. Dokumenty na temat zastosowań mchów pochodzą z chińskich pism z XI wieku. W tradycji chińskiej zastosowanie znalazło 40 gatunków mszaków. Były stosowane w rozlicznych schorzeniach, takich jak: zapalenia migdałków, zapalenia dróg moczowych, zapalenia oskrzeli. Opatrunki z użyciem mchów były używane przy oparzeniach i chorobach skóry [3].

Najpopularniejszymi gatunkami mchów wykorzystywanymi w medycynie chińskiej są *Rhodobryum giganteum* oraz *Rhodobryum roseum*. Surowce te są stosowane w chorobach sercowo-naczyniowych oraz w stanach rozdrażnienia nerwowego. Chińscy naukowcy próbowali wykazać zasadność uzdrawiającej mocy niektórych mchów, w tym *Rhodobryum giganteum*. W trakcie tych badań pracownicy Laboratory of the Fourth Medical School w Chinach zebrali od chińskich chłopów informacje o mchach wykorzystywanych w celach leczniczych. Testy laboratoryjne przeprowadzone na eterowych wyciągach

pozyskanych z *Rhodobryum giganteum* wykazały, że surowiec zawiera olejki eteryczne, laktony i aminokwasy. Mech ten był wykorzystywany przez chłopów do leczenia duszniczy bolesnej. Badania przeprowadzone na myszach potwierdziły zasadność stosowania tego surowca zgodnie z wiedzą ludową. Po podaniu ekstraktu szybkość przepływu krwi przez aortę u zwierząt laboratoryjnych zwiększyła się o 30% [2].

Niektóre gatunki mchów znalazły zastosowanie jako leki przeciwzapalne. *Polytrichum commune* (płonnik pospolity) jest stosowany w Chinach w celu zmniejszenia stanów zapalnych i gorączki. Surowiec gotuje się w celu uzyskania wywaru podobnego do herbaty. Indianie z plemienia Seminole używali w tym samym celu mchów z gatunków *Barbula unguiculata*, *Bryum capillare* oraz *Octoblepharum albidum*. Wymienione surowce były tam również używane w formie zewnętrznych okładów [2].

Nie wszystkie zastosowania mszaków w medycynie chińskiej mają przełożenie na późniejsze badania kliniczne. Wielu gatunkom przypisywano właściwości lecznicze na podstawie wiary w to, że moc medyczna rośliny zapisana jest w jej wyglądzie. Porostnica wielokształtna (*Marchantia polymorpha*) była wykorzystywana w schorzeniach wątroby, ponieważ jej kształt przypominał ten narząd. Mszaki z rodzaju *Riccia* były wykorzystywane w Himalajach do leczenia liszajów i grzybic, ze względu na okrągły kształt plechy. Najnowsze badania nad *Riccia fluitans* sugerują, że roślina nie posiada właściwości bakteriobójczych oraz antygrzybiczych [2].

Rdzenni Amerykanie stosowali mchy z rodziny *Sphagnaceae* w celach dezynfekcyjnych. Gatunki z rodzaju *Fissidens* są wykorzystywane w Chinach jako środki przeciwbakteryjne w leczeniu objawów infekcji. W tym samym celu stosowane są w Boliwii. Współcześnie w Chinach popularne w sprzedaży są kompozycje, w których dominują mchy z rodzajów *Grimmia*, *Atrichum*, *Polytrichum* i *Thuidium*. Lekom tym przypisywane są właściwości antybakteryjne i przeciwzapalne. *Haplocladium microphyllum* stosowany jest w leczeniu zapaleniu pęcherza moczowego, zapaleniu oskrzeli oraz zapaleniu migdałków. *Polytrichum juniperinum* jest prezentowany na rynku jako środek na problemy z prostatą i drogami moczowymi [2].

W wielu kulturach mchy były wykorzystywane do opatrywania ran i oparzeń. Wynika to z ich dużej chłonności oraz zawartości substancji o charakterze bakteriobójczym. Chińczycy oraz rdzenni Amerykanie zasypywali rany pokruszonymi gametofitami mchów. Indianie Gosuide z Utah używali mchów z rodzajów *Bryum*, *Mnium* i *Philonotis* w celu ograniczenia bólu pooparzeniowego [4]. Hindusi sporządzali maść do opatrywania ran ze spalonych

mchów oraz miodu i tłuszczu. Rodzimi mieszkańcy Alaski sporządzali maści z mchów należących do torfowców oraz tłuszczu. Podobnego rodzaju maść produkowana z torfowców była używana w Wielkiej Brytanii na czyraki [2]. *Polytrichum commune* był wykorzystywany w położnictwie przez lud Nitinaht zamieszkujący wyspę Vancouver w Kanadzie. Rodzące kobiety żuły mech, aby usprawnić i przyspieszyć akcję porodową [2].

W polskiej medycynie ludowej zastosowanie znajduje borowina, będąca substancją leczniczą powstałą na bazie szczątków mchów z rodziny torfowców. Do dziś jest wykorzystywana w reumatologii, dermatologii oraz ortopedii [4].

Aktywność antybakteryjna

Miejsce mchów w tradycyjnej medycynie ludowej wskazuje na to, że rośliny te posiadają właściwości antybakteryjne. Współczesne badania potwierdzają te przypuszczenia. Poszukiwanie substancji o charakterze antymikrobowym jest szczególnie istotne w obliczu wzrostu występowania infekcji opornych na działanie antybiotyków. Sytuacja ta dotyczy szczególnie krajów rozwiniętych. Profesor Yoshinori Asakawa z Tokushima Bunri University przebadał 1000 gatunków mszaków spośród 27 000 występujących na świecie. Informacje na temat właściwości antybakteryjnych gatunków występujących w Europie nadal są skąpe [11].

Od wielu lat trwają prace nad izolacją i identyfikacją substancji zawartych w mszakach. Postępy badań są jednak bardzo powolne. Już w 1952 roku, Grace Madsen i Anne Pates zaobserwowały, że związki produkowane przez mchy hamują rozmnażanie mikroorganizmów. Badaniom poddano gatunki: *Sphagnum portoricense*, *S. strictum*, *Conocephalum conicum* i *Dumortiera hirsuta* [12]. Testy przeprowadzone przez Pavletic i Stilinovic w 1963 roku wykazały bakteriostatyczny wpływ *Dicranum scoparium* na wszystkie użyte w badaniach mikroorganizmy z wyjątkiem *E. coli* [13].

McCleary i Walkington w pracach z 1966 roku opisały polifenole oraz niejonizowane kwasy organiczne jako substancje odpowiedzialne za właściwości antybakteryjne mchów. Dalsze badania wykazały wpływ 18 gatunków mchów na bakterie, zarówno gram ujemne, jak i gram dodatnie. Najwyższą aktywność wykazały gatunki z rodzajów: *Atrichum*, *Dicranum*, *Mnium*, *Polytrichum* i *Sphagnum*. Wszystkie gatunki, tak samo jak *Dicranum scoparium* w poprzednich badaniach, nie wykazały aktywności wobec *E. coli* [14].

W 1982 roku profesor Yoshinori Asakawa wyizolował trzy substancje należące do grupy bibenzyli z *Radula spp.* Dalsze badania wykazały, że substancje

te hamują wzrost *Staphylococcus aureus*. W latach 1982–1983 Ichikawa, wraz ze współpracownikami, wykazał aktywność antybakteryjną praktycznie wszystkich spośród 80 przebadanych gatunków mszaków [15].

Badania przeprowadzone przez McCleary oraz współpracowników sugerują że *Anomodon rostratus*, *Plagiomnium cuspidatum* oraz *Orthotrichum rupestre* zawierają substancje o charakterze hamującym rozwój grzybów i bakterii. Związki te są jednak nietrwałe, a ich produkcja przez roślinę jest różna w zależności od odmiany oraz sezonu [16].

W Instytucie Mikrobiologii i Biotechnologii na Uniwersytecie Łotewskim przeprowadzono w 2012 roku badania nad właściwościami antybakteryjnymi 11 gatunków mchów oraz 9 gatunków wątrobowców. Analizowano wpływ ekstraktów wodnych oraz etanolowych pozyskanych z mszaków na bakterie *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* oraz *Bacillus cereus*. 70% badanych gatunków wykazało aktywność przeciwko *S. aureus*. Najwyższą aktywność bakteriobójczą w stosunku do gronkowca złocistego wykazały ekstrakty wykonane z *Dicranum scoparium*, *Atrichum undulatum* oraz *Rhytidadelphus squarrosus*. Żaden z badanych mszaków nie wykazał aktywności wobec *E. coli*. Badania udowodniły potencjał bakteriobójczy ekstraktu *Lophocolea heterophylla* w stosunku do *B. cereus* [5].

W badaniach nad aktywnością mchów, wydaje się istotne, że rośliny te wytwarzają substancje przeciwbakteryjne w reakcji na stres. Ekstrakty pozyskane z surowca roślinnego poprzez synergistyczne działanie wykazują wyższą aktywność niż pojedyncze wyizolowane z nich związki. Jest to często obserwowane zjawisko w przypadku leku roślinnego. Niektórzy badacze uważają, że właściwości antybakteryjne nie są zasługą samych mchów, a zamieszkujących w nich organizmów, takich jak *Penicillium sp.* lub cyjanobakterie. Mimo tego, że prace badawcze w tej dziedzinie wydają się użyteczne, nie zostały jeszcze w pełni potwierdzone [3].

Aktywność przeciwgrzybicza

Wiele gatunków mszaków wykazuje właściwości hamujące rozwój grzybów. Niektóre z nich blokują rozwój również tych, które wywołują grzybicę skóry. Pierwsze badania na temat właściwości przeciwgrzybiczych mszaków pochodzą z 1926 roku. W swych pracach Jennings zaobserwował odporność mchów na pleśń [6]. Mimo tak wcześnie rozpoczętych badań potencjalne wykorzystanie właściwości grzybobójczych mszaków jest często pomijane. Współczesne badania potwierdzają obserwacje Jenningsa. Wśród przebada-

nych gatunków niezwykłymi właściwościami przeciwgrzybiczymi wyróżnia się *Hypnum cupressiforme* [2].

Pryce w 1972 roku zaobserwował odporność wątrobowców na zakażenia grzybami. Właściwości te powiązał z zawartością pewnego bibenzylu (*Lunularic acid*) w ekstraktach pozyskanych z tych roślin [7].

Zaspół Banerjee i Sen (1979) stwierdził, że zawartość substancji o charakterze antybiotycznym zależy od wieku gametofitu [8]. Tezę tę potwierdziły badania przeprowadzone przez Matsuo i współpracowników w latach 1982-1983. Badano wpływ ekstraktów z wątrobowca *Herbertus aduncus*, pozyskanych z roślin w różnym wieku, na grzyby: *Botrytis cinerea*, *Pythium debaryanum* oraz *Rhizoctonia solani*. Prace wykazały, że ekstrakty pozyskane ze starszych gametofitów posiadają silniejsze działanie przeciwgrzybicze [9].

Na Uniwersytecie w Bonn przeprowadzono prace nad aktywnością grzybobójczą 20 gatunków mszaków. Badano wpływ ekstraktów alkoholowych na hodowle grzybów na płytkach Petriego. Wyciągi alkoholowe ze wszystkich dwudziestu użytych mszaków miały wpływ na różne hodowle grzybów. Autor badań Frahm opublikował artykuł, z którego wynika, że ekstrakty z mszaków mogą być skuteczne w leczeniu grzybic skóry. Rośliny te zawierają jednak terpeny, które mają właściwości alergizujące, z tego względu terapia może być niebezpieczna [2, 10].

Właściciel konia, który przeczytał w gazecie o badaniach przeprowadzonych na Uniwersytecie w Bonn, postanowił użyć mszaków do wyleczenia zmian skórnych u swojego zwierzęcia. Po 24 godzinach choroba skóry zniknęła. Użyte przy zabiegu ekstrakty z *Ceratodon purpureus* oraz *Bryum argenteum* zostały opatentowane jako składniki maści przeciwgrzybiczej dla koni. Środek nie jest sprzedawany jako lek przeznaczony dla ludzi ze względu na to, że może wywołać stany zapalne i alergie [2].

Potencjał przeciwnowotworowy

Pierwsze testy dotyczące właściwości przeciwnowotworowych mszaków zostały przeprowadzone w 1952 roku przez Beklin i współpracowników. W trakcie badań odnotowano aktywność ekstraktów z *Polytrichum juniperinum* wobec mięsaka u 37 myszy [11].

Zastosowanie w praktyce medycznej wyników eksperymentu nie powiodło się. Przez dwie dekady naukowcy nie opublikowali raportów potwierdzających właściwości przeciwnowotworowe gatunków należących do mszaków [2].

W 1976 roku Adamek przedstawił wyniki badań, z których wynikało, że preparaty z torfowców mogą mieć potencjalne zastosowanie w leczeniu

niektórych typów ludzkich nowotworów [12]. Rok później Ohta oraz jego współpracownicy donieśli, że substancje wyizolowane z wątrobowców *Diplophyllum albicans* i *Diplophyllum taxifolium* wykazują silną aktywność wobec linii komórkowej KB (nowotwór jamy nosowo-gardłowej) [13].

Prace przeprowadzone przez profesora Asakawę i współpracowników w 1981 roku udowodniły, że gatunki *Marchantia palacea*, *M. polymorpha*, *M. Tosana*, *Riccardia multifida* oraz *Radula perrottetii* zawierają substancje, które wykazują cytotoksyczność wobec linii komórek białaczkowych KB [14].

Profesor Asakawa, który przebadiał olbrzymią liczbę gatunków mszaków pod względem zawartych w nich substancji, wyizolował sekwiterpeny oraz tulipinolid z *Conocephalum supradecompositum*, *Frullania monocera*, *Frullania tamarisci*, *Marchantia polymorpha*, *Porella japonica* i *Wiesnerella denudata*. Wyizolowane w badaniach substancje posiadają potwierdzone działanie przeciwnowotworowe wobec linii komórkowej nowotworu jamy nosowo-gardłowej. Prace te zostały przeprowadzone w latach 1981–1982 [14, 15]. W tym samym czasie zespół Matsuo przedstawił wyniki testów potwierdzających obecność wcześniej wymienionych substancji w gatunkach *Lepidozia vitrea* i *Plagiochila semidecurrens* [16, 17].

Spjut wraz z współpracownikami przebadali w National Cancer Institute w 1986 roku 184 gatunki mchów oraz 23 wątrobowców pod kątem aktywności przeciwnowotworowej. Potwierdzono zawartość aktywnych substancji w 43 gatunkach. Największy potencjał przeciwnowotworowy wykazały gatunki z rodzin *Brachytheciaceae*, *Dicranaceae*, *Grimmiaceae*, *Hypnaceae*, *Mniaceae*, *Neckeraceae*, *Polytrichaceae* oraz *Thuidiaceae* [18].

W 1988 roku ukazały się badania poddające w wątpliwość działanie przeciwnowotworowe mszaków. Spjut wykrył obecność cyjanobakterii *Nostoc cf. microscopicum* w próbkach gatunków mchów, które wykazały największą aktywność w badaniach przeprowadzonych przez jego zespół w 1986 roku. Naukowiec wysunął hipotezę, że nie same mszaki posiadają aktywność antynowotworową, a zasiedlające je bakterie [19].

Alternatywna wersja zakłada, że mchy wytwarzają lecznicze substancje na zasadzie allelopatii po kontakcie z bakteriami [2].

Aktywność antyoksydacyjna

Działanie antyoksydacyjne mchów zostało słabo poznane. W ostatnim czasie przeprowadzono wiele badań mających na celu określenie potencjału antybakteryjnego substancji zawartych w mchach. Polifenole zostały zidentyfikowane u przedstawicieli *Atrichum*, *Dicranum*, *Mnium*, *Polytrichum* oraz *Sphagnum*.

Glikozydy kumarynowe wykryto w ekstraktach z gatunków *Atrichum undulatum* i *Polytrichum formosum*. Aktywnymi składnikami, które przyciągnęły uwagę naukowców są lipidy i kwasy tłuszczowe, zidentyfikowane w różnych rodzajach w rodzinach *Dicranaceae*, *Ditrichaceae* i *Entodontaceae*.

W Department of Chemical Ecology and Ecosystem Research na Uniwersytecie Wiedeńskim w 2008 roku przeprowadzono badania na gatunkach *Atrichum undulatum*, *Polytrichum formosum* (*Polytrichaceae*), *Pleurozium schreberi* (*Entodontaceae*) i *Thuidium tamariscinum* (*Thuidiaceae*). Alkoholowe ekstrakty przebadano pod kątem właściwości antyoksydacyjnych. Ich zdolność antyoksydacyjna została oceniona za pomocą metody elektrochemicznej (cykliczna woltamperometria) oraz standardowych metod fotometrycznych. Całkowitą zawartość polifenoli określono poprzez zastosowanie odczynnika Folin-Ciocalteu.

Wszystkie przetestowane gatunki wykazały zdolność antyoksydacyjną, jednak niższą niż, użyty jako próba porównawcza, kwas kawowy. Ekstrakty z *Atrichum undulatum*, *Polytrichum formosum* posiadały najwyższą zawartość fenoli i były najbardziej aktywne w cyklicznej woltamperometrii, redukcji jonów żelaza oraz wyłapywaniu rodnika tlenu azotu. W rezultacie ustalono, że *Atrichum undulatum* i *Polytrichum formosum* posiadają większą aktywność niż *Pleurozium schreberi* (*Entodontaceae*) i *Thuidium tamariscinum* [20].

W 2014 roku na Katedrze i Zakładzie Botaniki Uniwersytetu Medycznego w Lublinie przeprowadzono badania mające na celu zbadanie właściwości antyoksydacyjnych 9 wybranych gatunków mszaków, pozyskanych w okresie wiosny, lata i jesieni. Badaniom poddano ekstrakty metanolowe wykonane z następujących gatunków: *Callicladium haldanianum*, *Brachythecium rutabulum*, *Kindberia praelonga*, *Atrichum undulatum*, *Plagiothecium curvifolium*, *Hypnum cupressiforme*, *Pohlia nutans*, *Polytrichum formosum* oraz *Porella platyphylla*. W celu określenia zdolności antyoksydacyjnych ekstraktów wykorzystano metodę pomiaru zdolności zmiatania rodnika DPPH, zdolności hamowania peroksydacji kwasu linolowego oraz zdolności chelatowania jonów żelaza (II).

Wyniki przeprowadzonych badań dotyczących surowca zebranego w okresie letnim wskazują na to, że wszystkie ekstrakty posiadają właściwości antyoksydacyjne. W próbach z wykorzystaniem metody pomiaru zdolności zmiatania rodnika DPPH oraz zdolności chelatowania żelaza (II) najwyższą aktywność wykazały gatunki *A. undulatum* oraz *P. curvifolium*. Ekstrakt pozyskany z letniego zbioru *P. curvifolium* osiągnął również największą wartość zdolności inhibicji peroksydacji kwasu linolowego spośród badanych ekstraktów [21].

Badania przeprowadzone na surowcach roślinnych pozyskanych w okresie wiosny i jesieni również potwierdzają właściwości antyoksydacyjne wszystkich przebadanych gatunków. Wyniki badań sugerują, że ekstrakty z mchów zebranych jesienią posiadają wyższą aktywność od ekstraktów z mchów zebranych wiosną. W próbach z wykorzystaniem metody pomiaru zdolności zmiatania rodnika DPPH oraz zdolności chelatowania żelaza (II) najwyższą aktywność wykazał gametofit *A. undulatum* zebrany w okresie jesiennym [22].

Niefarmakologiczne sposoby wykorzystania mszaków w historii

W przeszłości ludzie w wielu krajach świata wykorzystywali właściwości antybakteryjne i przeciwgrzybicze mchów, wykonując z nich przedmioty codziennego użytku. Wysuszonymi darniami tych roślin wypychano poduszki oraz materace. Popularną metodą uszczelniania drewnianych domów było utykanie mchów między belkami. Metoda ta chroniła dom przed wilgocią oraz rozwinięciem się pleśni. Wysuszone darnie mchów *Hylocomium splendens*, *Rhytidiadelphus squarrosus* i *Pseudoscleropodium purum* wykorzystywano jako wyściółkę dla zwierząt. Mchy były tańsze od słomy oraz bardziej chłonne. Dzięki zawartości odpowiednich substancji chemicznych mogły w pewnym stopniu chronić zwierzęta przed infekcjami [3].

Wysuszone darnie mchów były również wykorzystywane do produkcji posłań i zabawek dziecięcych. Roślinami wypychano piłki i lalki. W dziecięcych kołyskach układano darnie mchów, aby zapewnić dziecku ciepło oraz zabezpieczyć je przed wilgocią [3].

Mchy z rodziny *Sphagnum* zyskały sławę dzięki wykorzystaniu ich jako surowce na bandaż przez Amerykanów i Kanadyjczyków w czasie I wojny światowej. Zastąpiły one bandaż bawełniane ze względu na niższy koszt produkcji. Można oszacować, że Stany Zjednoczone zaoszczędziły na tej zamianie 200 000 dolarów miesięcznie w trakcie działań wojennych. Zachowały się informacje o tym, że bandaż wykonane z mchów wpływały korzystnie na gojenie się ran, poprzez swoją dużą chłonność oraz redukcję występujących infekcji. Po wojnie Ameryka i Kanada powróciły do klasycznych opatrunków, jednak bandaż wykonywane z torfowców są nadal popularne w Chinach. Przypisuje się im trzy razy większą zdolność pochłaniania cieczy od bandażu bawełnianych [2].

Z tych samych powodów, dla których mchy służyły jako bandaż, produkowane były z nich pieluchy oraz artykuły higieniczne dla kobiet.

Firma Johnson and Johnson Company nadal używa torfowców w produkcji artykułów higienicznych. *Sphagnum* były wykorzystywane również przez kobiety jako forma antykoncepcji mechanicznej [2].

Mchy były i nadal są używane do pakowania świeżych owoców oraz warzyw. Dobrze zabezpieczają żywność przed wilgocią dzięki właściwościom higroskopijnym. Dawniej używano również mchów jako wypełnienia zabezpieczającego porcelanę i inne kruche przedmioty przy transporcie. Gatunki *Pseudoscleropodium purum* i *Rhitiadelphus squarrossus* rozprzestrzeniły się na całym świecie dzięki temu, że były używane jako popularny materiał opakowaniowy [3].

Ze względu na obecność gorzkich związków fenolowych oraz niską zawartość kalorii mszaki nie są jedzone przez ludzi. Wyjątkiem jest Laponia, gdzie suszonych i sproszkowanych mchów należących do torfowców używa się jako dodatku do chleba. Torfowce są również wykorzystywane w produkcji szkockiej whisky w celu nadania aromatu [2].

Mszaki są ważnym elementem tradycyjnych japońskich kompozycji ogrodowych. W postaci zwartych darni mchy zastępują trawniki. Ich zaletą jest to, że w przeciwieństwie do trawy, nie muszą być regularnie koszone. Mchy wykorzystywane są również w starożytnej japońskiej sztuce bonsai i bonkei. Służą do stabilizacji podłoża i kontroli wilgoci w doniczkach. Wysychający mech wskazuje, kiedy należy podlać drzewko [3].

Mchy były używane w różnych kulturach do mumifikowania ciał w dawnych ceremoniach pogrzebowych. Gatunkami wykorzystywanymi do tego celu były torfowce oraz mchy epifityczne. Dekorowano nimi również grobowce. Informacje na ten temat pochodzą z wykopalisk archeologicznych [2].

Innowacyjne zastosowania mszaków

Mchy posiadają silne właściwości higroskopijne, co powoduje, że bardzo szybko wchłaniają wodę wraz ze wszystkimi w nich zawartymi substancjami. Kumulują w sobie pierwiastki i związki o szkodliwych właściwościach. Sprawia to, że są bardzo wrażliwe na zanieczyszczenia powietrza i wody. Cecha ta jest wykorzystywana przez naukowców zajmujących się ekologią do monitoringu środowiska [1].

Torfowce posiadają strukturę o niezwyklej chłonności oraz przepuszczalności. Z tego względu są używane do produkcji sorbentu wykorzystywanego do pochłaniania benzyny, olejów napędowych oraz szkodliwych odpadów przemysłowych. Znajdują też zastosowanie w oczyszczaniu ścieków zawierają-

cych toksyczne kwasy lub metale ciężkie. Torf jest też wysokoenergetycznym materiałem, służącym w krajach skandynawskich do produkcji biopaliw [3].

Zdolność kumulacji szkodliwych substancji przez mchy wykorzystywana jest do badań nad wieloletnim odkładaniem się związków promieniotwórczych oraz metali ciężkich. Do tego typu prac używane są gatunki o długich cyklach życiowych, takie jak *Pleurozium schreberi* oraz *Hypnum cupressiforme* [3].

Mszaki, a w szczególności wątrobowce, są ważnym obiektem badań biotechnologicznych, ponieważ zawierają wiele interesujących metabolitów wtórnych. Cennymi z punktu widzenia nauki zawartymi w ich komórkach substancjami są: terpenoidy, węglowodory aromatyczne, glikozydy oraz lipidy. Niektóre wątrobowce posiadają unikalne zapachy, które mogą wskazywać na to, że te mszaki zawierają związki warte wykorzystania: *Jungermannia obovata* ma zapach marchewki, *Plagiochila rutilans* pachnie jak mięta [2].

Niezwykle obiecujące jest potencjalne zastosowanie mszaków do wytwarzania ludzkich białek. Trwają prace z dziedziny inżynierii genetycznej nad gatunkiem *Physcomitrella patens*. Mech ten jest wykorzystywany do syntezy czynnika krzepnięcia krwi IX stosowanego w leczeniu hemofilii typu B [2].

Podsumowanie

Pogłębienie wiedzy o związkach zawartych w roślinach, ich strukturze chemicznej, właściwościach farmakologicznych oraz metodach ich standaryzacji jest głównym kierunkiem współczesnego ziołolecznictwa. Mszaki są ciekawym, wciąż słabo poznanym obiektem badawczym. W przypadku tych roślin, tradycyjne zastosowania w dawnej medycynie, mogą być inspiracją dla innowacyjnych poszukiwań naukowych.

Literatura

- [1] Plášek V., Mszaki w lasach. Przewodnik terenowy dla leśników i taksatorów, Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa 2013.
- [2] Glime J.M., Bryophyte Ecology, Volume 1, Physiological Ecology. Michigan Technological University and the International Association of Bryologists, Houghton 2007.
- [3] Staniaszek-Kik M., Stefańska-Krzaczek E., Mszaki – małe gabaryty (nie)duży pożytek?, *Studia i Materiały CEPL w Rogowie* 2014, R. 16(1), s. 129–133.
- [4] Sobolewska A., Sztanke M., Pasternak K., Składniki borowiny i jej właściwości lecznicze, *Balneologia Polska*, 2007, 2, s. 93–98.
- [5] Nikolajeva V., Liepina L., Petrina Z., Krumina G., Grube M., Muiznieks I., Antibacterial Activity of extracts from some bryophytes, *Advances in Microbiology*, 2012, 3(2), s. 345–353.
- [6] McCleary J.A., Sypherd P.S., Walkington D.L., Mosses as possible sources of antibiotics, *Science*, 1960, 131, s. 108.

Aktywność biologiczna substancji zawartych w mszakach

- [7] Pryce R.J., Metabolism of lunularic acid to a new plant stilbene by *Lunularia cruciate*, *Phytochemistry*, 1972, 11, s. 1355–1364.
- [8] Banerjee R.D., Sen S.P., Antibiotic activity of bryophytes, *Bryologist*, 1979, 82, s.141–153.
- [9] Matsuo A., Yuki S., Nakayama M., (-)-Herbertenediol and (-)-herbertenolide, two new sesquiterpenoids of the ent-herbertane class from the liverwort *Herberta adunca*, *Chemistry Letters*, 1983, 7(12), s. 1041–1042.
- [10] Frahm J.P., New frontiers in bryology and lichenology: Recent developments of commercial products from bryophytes, *Bryologist*, 2004, 107, s. 277–283.
- [11] Belkin M., Fitzgerald D.B., Felix M.D., (1952–1953), Tumor damaging capacity of plant materials. II. Plants used as diuretics, *Journal of the National Cancer Institute*, 1952, 13, 741–744.
- [12] Adamek W., Introductory report on oncostatic and therapeutic nature of the peat preparation in human neoplastic disease. In *Proc. 5th International Peat Congr., Poznań, Poland, Vol. 1. Peat and Peatlands in the Natural Environment Protection*, 1976, s. 417–429.
- [13] Ohta Y., Andersen N.H., Liu C.B., Sesquiterpene constituents of two liverworts of genus *Diplophyllum*. Novel eudesmanolides and cytotoxicity studies for enantiomeric methylene lactones, *Tetrahedron*, 1977, 33, s. 617–628.
- [14] Asakawa Y., Biologically active substances obtained from bryophytes, *Journal of the Hattori Botanical Laboratory*, 1981, 50, s. 123–142.
- [15] Asakawa Y., Chemical constituents of the Hepaticae, *Progress in the Chemistry of Organic Natural Product*, 1982, 42, s. 1–285.
- [16] Matsuo A., Atsumi K., Nadaya K., Nakayama M., Hayashi S., C NMR chemical shifts of ovalifoliene and related compounds with 2,3-seco-alloaromadendrane skeleton. Structure of (+)-9 alpha-acetoxyovalifoliene, a plant growth inhibitor, *Phytochemistry*, 1981, 20, s. 1065–1068.
- [17] Matsuo A., Atsumi K., Nakayama M., Hayashi, S., Structure of ent-2,3-seco-alloaromadendrane sesquiterpenoids having plant growth inhibitory activity from *Plagiochila semidecurrans* (liverwort), *Journal of the Chemical Society Perkin Transactions*, 1981, 1, s. 2816–2824.
- [18] Spjut R.W., Suffness M., Cragg G.M., Norris D.H., Mosses, liverworts, and hornworts screened for antitumor agents, *Economic Botany*, 1986, 40, s. 310–338.
- [19] Spjut R.W., Cassady J.M., McCloud T., Suffness M., Norris D.H., Cragg G.M., Edson C.F., Variation in cytotoxicity and antitumor activity among samples of the moss *Claopodium crispifolium* (Thuidiaceae), *Economic Botany*, 1988, 42, s. 62–72.
- [20] Chobot V., Kubicova L., Nabbout S., Jahoda' r L., Hadacek F., Evaluation of antioxidant activity of some common mosses *Z. Naturforsch*, 2008, 63C, s. 476–482.
- [21] Młynarska J., Właściwości antyoksydacyjne wybranych gatunków roślin niższych. Praca magisterska, UM Lublin 2014.
- [22] Trylowski M., Wpływ terminu zbioru na właściwości antyoksydacyjne mszaków. Praca magisterska, UM Lublin 2014.

Do cytowania:

Janowska S., Aktywność biologiczna substancji zawartych w mszakach, *Herbalism*, 2020, 1 (6), s. 20–31.