

Natalia Balicka, *Elżbieta Studzińska-Sroka

Platismatia glauca – skład chemiczny i aktywność biologiczna

Platismatia glauca – chemical composition and biological activity

Katedra i Zakład Farmakognozji, Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu
Kierownik Katedry i Zakładu: prof. dr hab. n. farm. Wiesława Byłka

SUMMARY

Lichens are a group of organisms classified in the kingdom of fungi and they are widespread across the globe. They produce the specific secondary metabolites. *Platismatia glauca* (L.) W. L. Culb & C.F. Culb. is a common species growing in almost all continents. It is foliose lichen with quite large lobes thallus and mostly associated with the acidic substrates. The main secondary metabolite detected in species is caperatic acid, and also atranorin, chloroatranorin, methyl β -orcynolcarboxylate, isoadianton, pseudoplacodiolic acid and, in fruiting material, jackinic acid are produced by this species. The results of in vitro studies have showed antibacterial, against Gram-positive, Gram-negative bacteria and antifungal activity, antioxidant properties and also cytotoxic potential against human cancer cell lines (e.g. chronic myelogenous leukaemia, prostate carcinoma) of extracts and compounds isolated from lichen *P. glauca*. The aim of this study is to provide information on *P. glauca*, taking into account the data on the structure of lichens compounds and their biological activity.

Keywords: *Platismatia glauca*, lichen, biological activity, chemical composition

STRESZCZENIE

Porosty to organizmy należące do królestwa grzybów, rozpowszechnione na całej kuli ziemskiej i wytwarzające swoiste metabolity wtórne. *Platismatia glauca* (L.) W.L. Culb. & C.F. Culb. jest gatunkiem rosnącym niemal na wszystkich kontynentach, pospolitym także na terenie Polski. Jest to porost o plesze listkowatej, występujący głównie na podłożach o odczynie kwasowym (gleby, drzewa). Charakterystycznym dla *P. glauca* metabolitem wtórnym jest obecny w dużej ilości w plesze kwas kaperatowy. Występują także: atranoryna, chloroatranoryna, β -orcynolokarboksylan metylu, jak również izoadianton, kwas pseudoplakodiolowy i obecny w apotecjach kwas jakiniowy. Badania aktywności biologicznej ekstraktów z *P. glauca* potwierdziły aktywność przeciwdrobnoustrojową wobec bakterii Gram-dodatnich i Gram-ujemnych, przeciwgrzybiczą wobec grzybów pleśniowych i drożdżoidalnych, właściwości antyoksydacyjne oraz działanie cytotoksyczne wobec kilku linii ludzkich komórek nowotworowych, m.in. białaczki, jelita grubego i prostaty. Celem niniejszej pracy jest przedstawienie danych na temat gatunku *P. glauca*, ze szczególnym uwzględnieniem wytwarzanych związków oraz aktywności biologicznej.

Słowa kluczowe: *Platismatia glauca*, porost, aktywność biologiczna, skład chemiczny

Wstęp

Porosty (grzyby zlichenizowane) obecnie zaliczane są do królestwa grzybów (1). Organizmy te zasiedlają wszystkie ziemskie ekosystemy. Występują w regionach tropikalnych, strefie okołobiegunowej czy polarnej, są zdolne do wzrostu i rozwoju na skałach, betonie, a także ubogich glebach (2, 3).

Porosty wytwarzają niespotykane wśród naturalnych związków metabolity wtórne. Dotychczas poznano struktury ponad 1000 różnych substancji porostowych, z których wiele wykazuje wielokierunkową aktywność biologiczną (3, 4). Porosty od dawna były cenione przez ludzi. Z danych piśmiennictwa wynika, że w leczeniu kaszlu zastosowanie znalazła *Cetraria*

islandica (płucnica islandzka), przy zapaleniu płuc wykorzystywano *Lobaria pulmonaria* (granicznik płucnik), natomiast do produkcji perfum i innych kosmetyków stosowano *Evernia prunastri* (mąkę tarniową). Plechy były też wykorzystywane jako barwniki do skór, płótna, nici i papieru (5).

Platismatia glauca (płucnik modry) był wykorzystywany w niektórych częściach Europy do koloryzowania wełny (6). Porost ten, jak do tej pory, nie znalazł zastosowania w lecznictwie, jednak prowadzone badania wskazują na jego interesującą aktywność biologiczną. Powyższa praca stanowi przegląd informacji na temat gatunku *P. glauca* i jego mało poznanych właściwości biologicznych.

Charakterystyka botaniczna gatunku

P. glauca (L.) W.L. Culb. & C.F. Culb. 1968 (płucnik modry) został opisany po raz pierwszy przez Karola Linneusza w 1753 roku i nazwany *Lichen glaucus*, czyli w tłumaczeniu na język polski „porost modry”. Wśród synonimicznych określeń, którymi dawniej posługiwano się przy opisywaniu gatunku, należy wymienić: *Platysma glaucum*, *Platysma fallax*, *Cetraria glauca*, *Cetraria fallax*, *Lobaria glauca* oraz *Lobaria fallax* (7). Obecna klasyfikacja taksonomiczna zalicza *P. glauca* do rzędu Lecanorales, rodziny Parmeliaceae, oraz rodzaju *Platismatia*, który obejmuje 11 powszechnie znanych gatunków, występujących głównie w strefie klimatu umiarkowanego (8, 9). Ważną cechą jest obecność w miąższu kwasu kaperatowego (10).

P. glauca to porost o plesze listkowatej, średnicy zazwyczaj 1-6 cm, rzadko większej (do 15 cm). Często formuje rozległe, raczej cienkie, falowane, nieregularnie wydłużone płyty. Powierzchnia zewnętrzna plechy może być barwy jasno- lub ciemnoszarej, a nawet białawozielonej czy szaroniebieskiej. Spodnia strona porostu jest zazwyczaj czarna bądź brązowobiała. Miąższ jest gruby (60-200 μm) i biały. Struktura plechy jest zróżnicowana: od gładkiej i lśniącej po pofałdowaną i przegubowo pomarszczoną z widocznymi prążkami (10-12). Plecha jest rozgałęziona, luźno przytwierdzona za pomocą chwytników, tworząca rozległe płyty, dzięki czemu łatwo jest ją oderwać od podłoża na całej długości. Chwytniki umiejscowione są w części środkowej i nie dochodzą do brzegów (11, 12). Apotecja i pyknidia występują bardzo rzadko (średnica 5-9 mm). Owocniki (askospory z 8 zarodnikami) tworzą się tylko na brzegach plechy. Soralia i izydia umiejscowione są na brzegach odcinków, rzadziej na łatkach (13). Konidia mają kształt butelkowaty (10).

Siedliskiem *P. glauca* są kwaśne podłoża oraz kora drzew i gałęzie o odczynie kwasowym. Gatunek ten w większych ilościach występuje w lasach na młodych szpilkach i gałązkach świerku, porasta także korę drzew liściastych (13, 14). Płucnik modry spotykany jest również na skałach. Przy optymalnych warunkach, zwłaszcza przy wysokiej wilgotności, roczny przyrost plechy *P. glauca* wynosi 6,4-6,5 mm (14). Występuje w Europie, Ameryce Północnej i Południowej, centralnej Azji, Mikronezji, Kenii i Tanzanii, jest więc rozpowszechniona na wszystkich kontynentach, za wyjątkiem Australii (10, 12). W Polsce występuje na terenie całego kraju, przeważnie w części zachodniej i na terenach górskich. Płucnik modry jest jedynym występującym na terenie Polski gatunkiem z rodzaju *Platismatia* (13).

Skład chemiczny

W *P. glauca* stwierdzono obecność należących do metabolitów pierwotnych i występujących w ścianach komórkowych glonów porostowych, celulozy i kalozy. W plechach porostu zidentyfikowano także związki powstające na drodze fotosyntezy: arabitol i manitol, a także żelazo, cynk oraz mangan (14, 15). Prowadzone badania wykazały, że *P. glauca* wytwarza metabolity wtórne: atranorynę i chloroatranorynę, β -orcynolokarboksylan metylu oraz obecny w największej ilości alifatyczny kwas kaperatowy (6, 11). Z porostu wyizolowano nor-triterpenowy keton – izo-adianton (30-nor-21 α -hopan-22-on) (16), którego obecność w gatunku potwierdzono także późniejszymi analizami (6). Wyniki chromatografii cienkowarstwowej TLC wykazały także obecność kwasu pseudoplakodiolowego oraz występującego tylko w apotecjach – kwasu jakiniowego (10).

Dane piśmiennictwa wskazują, że całkowita zawartość związków polifenolowych badana z zastosowaniem odczynnika Folin-Ciocalteu, była najwyższa w wyciągu acetonowym z *P. glauca* (63,69 mg GAE/g wyciągu). Określono także całkowitą zawartość związków flawonoidowych, których było najwięcej w ekstrakcie metanolowym (37,58 mg RuE/g wyciągu) (6).

Aktywność biologiczna

Aktywność przeciwdrobnoustrojowa

W badaniu prowadzonym przez Gulluce i wsp. (17) oceniono właściwości przeciwdrobnoustrojowe metanolowego ekstraktu z *P. glauca*. Eksperymenty prowadzono na 35 szczepach bakterii i 18 gatunkach grzybów metodą mikrorozcieńczeń i dyfuzyjno-krażkową. Otrzymane rezultaty wykazały, że badany wyciąg miał

działanie przeciwdrobnoustrojowe. Ekstrakt z *P. glauca* hamował wzrost bakterii Gram-dodatnich: *Bacillus macerans*, *Bacillus subtilis* i *Clavibacter michiganese*, osiągając wartości MIC w zakresie 15,62-31,25 µg/ml i średnice zahamowania wzrostu 8-12 mm. Jako wzorzec zastosowano cefepim w metodzie mikro-rozcieńczeń, natomiast w metodzie dyfuzyjno-krążkowej ofloksacyne, netelmycyne, sulbaktam i cefoperazon. Ekstrakt wykazał również właściwości przeciwgrzybicze wobec dwóch badanych gatunków grzybów: *Sclerotinia sclerotiorum* (MIC = 62,50 µg/ml, d = 26 mm) i *Trichophyton rubrum* (MIC = 125 µg/ml, d = 36 mm) (wartości MIC dla amfoterycyny B, kolejno 62,50 i 31,25 µg/ml).

W innym badaniu oceniano aktywność przeciwbakteryjną wyciągów acetonowego i chloroformowego z *P. glauca* wobec trzech bakterii Gram-ujemnych: *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* i *Acinetobacter* sp. Rezultaty wykazały aktywność przeciwbakteryjną wobec wszystkich badanych szczepów, a średnice zahamowania strefy wzrostu wyniosły dla *P. aeruginosa* 10,2 mm (wyciąg chloroformowy), 9,0 mm dla *Acinetobacter* sp., 10,1 mm dla *E. coli* (wyciąg acetonowy). Ekstrakt acetonowy był bardziej aktywny w porównaniu z wyciągiem chloroformowym (18).

Ekstrakty acetonowe, eterowe i metanolowe z *P. glauca* wykazały efekt przeciwbakteryjny wobec bakterii Gram-dodatnich: *Bacillus* sp., *Staphylococcus aureus* i *Sarcina lutea*, z wartościami MIC 0,08-1,25 mg/ml (wzorcową doksylicynę charakteryzowało MIC 0,0004-0,001 mg/ml). Badane ekstrakty wpływały umiarkowanie na zahamowanie wzrostu bakterii Gram-ujemnych: *E. coli*, *Salmonella typhimurium*, *Proteus mirabilis*, *P. aeruginosa*, *Enterococcus faecalis* (MIC 1,25-2,5 mg/ml; MIC doksylicyny dla badanych szczepów wynosiło 0,008-0,25 mg/ml). Aktywność przeciwgrzybiczą ekstraktów badano na 8 szczepach grzybów (*Aspergillus flavus*, *Botrytis cinerea*, *Candida albicans*, *Penicillium italicum*, *P. digitatum*, *P. verrucosum*, *Rhodotorula* sp., *Saccharomyces boulardii*). Wszystkie ekstrakty wykazały, w porównaniu z flukonazolem, znaczną aktywność wobec użytych w badaniu mikroorganizmów. Najbardziej wrażliwe na działanie wyciągu acetonowego były komórki grzyba *B. cinerea* (MIC = 0,04 mg/ml; dla flukonazolu MIC = 0,031 mg/ml) (6). Ekstrakty acetonowy i eterowy z *P. glauca* wykazywały również aktywność na biofilm bakteryjny złożony z komórek *S. aureus* i *P. mirabilis* (BIC = 0,63 mg/ml). Wyciąg metanolowy osiągając wartości BIC i MIC równe 2,5 mg/ml, został oceniony jako nieaktywny (6).

Dowiedziano, że obecna w gatunku atranoryna wykazuje właściwości przeciwdrobnoustrojowe.

W testach przeprowadzonych przez Ranković i wsp. (19) atranoryna hamowała wzrost *Trichoderma harzianum*, *Penicillium verrucosum*, *Paecilomyces variotii*, *B. cinere* i *C. albicans* (MIC = 250 µg/ml; ketokonazol: MIC 1,95-3,9 µg/ml) oraz *Penicillium purpurescens*, *Fusarium oxysporum*, *Mucor mucedo* (MIC = 500 µg/ml; ketokonazol: MIC = 3,9; 3,9 i 31,25 µg/ml).

Yilmaz i wsp. (20) metodą dyfuzyjno-krążkową wykazał aktywność atranoryny, zastosowanej w różnych stężeniach, wobec *B. subtilis*, *B. cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Aeromonas hydrophila*, *Proteus vulgaris*, *S. aureus*, *S. faecalis*, *C. albicans*, *C. glabrata* (MIC od 31,2 do 500 µg). W innych badaniach wskazano na brak aktywności atranoryny wobec *Mycobacterium aurum* i *M. tuberculosis* (21, 22) oraz brak działania na grzyby pleśniowe (23).

Przeciwdrobnoustrojowe działanie atranoryny ocenili także Neeraj i wsp. (24). Depsyd testowano wobec 10 drobnoustrojów (*B. cereus*, *B. subtilis*, *E. coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas vulgaris*, *S. aureus*, *Streptococcus faecalis*, *S. lutea*, *C. albicans*, *Cryptococcus diffluens*). Związek działał najsilniej na szczepy bakterii Gram-ujemnych (*E. coli* i *P. vulgaris*; MIC = 8,3 i 5,0 µg/ml). Aktywność ta była porównywalna z działaniem antybiotyków: erytromycyną i gentamycyną (4,7 i 4,6 µg/ml oraz 5,1 i 4,6 µg/ml). Wrażliwość badanych grzybów drożdżoidalnych była również wysoka (*C. albicans* i *C. diffluens* MIC = 17,0 i 15,7 µg/ml).

Wpływ atranoryny na Gram-dodatnie bakterie *M. luteus*, *S. aureus*, *B. subtilis* i Gram-ujemne *E. coli*, *P. aeruginosa* badali Nóbrega i wsp. (25). Testowany związek był aktywny w stężeniu 2 mg/ml tylko wobec *S. aureus* i *M. luteus* (strefa zahamowania wzrostu 12 i 9 mm). Dla referencyjnej lewofloksacyny (0,5 µg/ml) strefa zahamowania wzrostu była równa 27 mm (dla *S. aureus*) i 38 mm (dla *B. subtilis*).

Innym obecnym w *P. glauca* depsydem jest chloroatranoryna. Przeciwdrobnoustrojowe właściwości tego związku określili Türk i wsp. (23). Otrzymane wyniki wskazują, że chloroatranoryna wykazuje aktywność przeciwbakteryjną oraz przeciwgrzybiczą (grzyby pleśniowe i drożdżoidalne), a wyznaczone wartości MIC dla bakterii Gram-dodatnich i Gram-ujemnych mieściły się w zakresie 7,7-15,3 mM. Związek wywierał najsilniejsze działanie na szczepy *A. hydrophila* i *L. monocytogenes*, słabsze natomiast wobec *B. cereus*, *B. subtilis*, *P. vulgaris*, *Yersinia enterocolitica*. Dla grzybów *C. albicans* i *C. glabrata* minimalne stężenie hamujące wzrost wyniosło 30,6 mM.

Obecny w surowcu β-orcynolokarboksyłan metylu, zastosowany w stężeniu 10-400 µg/ml, wykazywał aktywność przeciwgrzybiczą wobec *Candida*

sp. (szczególnie wobec *C. albicans*) oraz hamował wzrost szczepu *Saccharomyces cerevisiae* opornego na nystatynę i amfoterycynę (średnica zahamowania wzrostu wyniosła 6 mm) (26).

Aktywność przeciwutleniająca

Aktywność przeciwutleniającą ekstraktów i związków z *P. glauca* badano różnymi metodami *in vitro*. Eksperymentom z zastosowaniem odczynnika DPPH poddano ekstrakty acetonowy, octanu etylu i metanolowy. Wartość IC_{50} dla ekstraktu metanolowego wyniosła 656,98 $\mu\text{g/ml}$, natomiast znacznie wyższą wartość odnotowano dla ekstraktów: octanu etylu $IC_{50} = 1100,57 \mu\text{g/ml}$ i acetonowego $IC_{50} = 2151,28 \mu\text{g/ml}$. Jako substancję wzorcową zastosowano kwas chlorogenowy, który działał kilkadziesiąt razy silniej ($IC_{50} = 11,65 \mu\text{g/ml}$) (6). Inne badania metanolowego ekstraktu z porostu metodą DPPH dowiodły, że w zastosowanych stężeniach nie był aktywny (17). Określono także potencjał przeciwutleniający w układzie β -karoten/kwas linolowy. Zdolność hamowania utleniania kwasu linolowego przez badany ekstrakt wyniosła 27%, natomiast stosowanego jako wzorzec BHT – 96% (17).

Badano również aktywność przeciwutleniającą występującej w poroście atranoryny. Eksperyment z zastosowaniem DPPH prowadzony przez Ranković i wsp. (27) wykazał, iż atranoryna zmiatała modelowy wolny rodnik, a oznaczone IC_{50} wyniosło 131,48 $\mu\text{g/ml}$ i wskazywało na około 20-krotnie niższą aktywność od witaminy C ($IC_{50} = 6,42 \mu\text{g/ml}$). Co więcej, atranoryna wykazywała dobrą aktywność *in vitro* w zmiataniu anionorodnika ponadtlennkowego ($IC_{50} = 169,65 \mu\text{g/ml}$; dla kwasu askorbowego użytego jako substancji odniesienia $IC_{50} = 115,61 \mu\text{g/ml}$) (28). Oceniono także zdolność związku do hamowania utleniania cząsteczek β -karotenu. W stężeniu 200 $\mu\text{g/ml}$ (534 μM) związek wykazywał niski w porównaniu z BHA poziom aktywności przeciwutleniającej (odpowiednio 14 i 93%) (29).

Potwierdzono przeciwutleniające właściwości obecnego w surowcu β -orcynolokarboksylanu metylu. Związek cechowała silna aktywność przeciwutleniająca ($IC_{50} = 84,7 \pm 0,1 \mu\text{mol}$), zbliżona do stosowanej jako wzorzec rutyny ($IC_{50} = 86,8 \pm 1,9 \mu\text{mol}$) (30).

Aktywność cytotoksyczna

W celu określenia cytotoksycznej aktywności *P. glauca* przebadano ekstrakty: heksanowy, eteru dietylowego oraz metanolowy. Siłę działania ekstraktów oceniono w eksperymencie *in vitro* testem tetrazolowym z zastosowaniem 6 linii komórek nowotworowych – 4 ludzkich (K-562: białaczka, DU145: rak prostaty,

MCF7: rak piersi, U251: glejak) i 2 mysich (L1210: białaczka, 3LL: rak płuca Lewisa), porównując wyniki z linią nienowotworową – Vero z tkanki nabłonkowej nerki afrykańskiego koczokodana zielonego. Linie komórkowe ludzkie i małpie inkubowano 72 godz., a mysie 48 godz. i po tym czasie mierzono stopień cytotoksyczności badanych substancji. Ekstrakty heksanowe były aktywne wobec komórek białaczki ($IC_{50} = 8,1 \mu\text{g/ml}$), raka płuca Lewisa ($IC_{50} = 7,5 \mu\text{g/ml}$) i glejaka ($IC_{50} = 5,5 \mu\text{g/ml}$). Wobec innych typów komórek aktywność wyniosła 37,4 $\mu\text{g/ml} < IC_{50} < 61,1 \mu\text{g/ml}$. Wyciągi metanolowe działały silnie na komórki 3LL ($IC_{50} = 6,9 \mu\text{g/ml}$) i U251 ($IC_{50} = 9,8 \mu\text{g/ml}$). Na komórki białaczkowe oraz raka prostaty ekstrakt działał znacznie słabiej ($IC_{50} = 50,4$ i 98,1 $\mu\text{g/ml}$). Dla dwóch pozostałych linii $IC_{50} > 100 \mu\text{g/ml}$. Wśród testowanych ekstraktów najslabiej działał wyciąg eterowy z *P. glauca*, dla którego stężenie aktywne wyniosło 31,7 $\mu\text{g/ml} < IC_{50} < 85,3 \mu\text{g/ml}$ (L1210 – 33 $\mu\text{g/ml}$; 3LL – 31,7 $\mu\text{g/ml}$; DU 145 – 75,7 $\mu\text{g/ml}$; MCF-7 – 85,3 $\mu\text{g/ml}$; K562 – 73,8 $\mu\text{g/ml}$; U251 – 62,1 $\mu\text{g/ml}$) (31).

Istnieją badania oceniające cytotoksyczne właściwości atranoryny obecnej w różnych wyciągach z płucnika modrego. Przeprowadzone eksperymenty *in vitro* wskazywały na słabą aktywność wobec komórek chłoniaka histiocytowego (U937) oraz białaczki promielocytowej (HL-60) (32). Badano również cytotoksyczne właściwości depsydu na kilku liniach komórek nowotworowych: jelita grubego (HCT-116 P53^{+/+} i HCT-116 P53^{-/-}), okrężnicy (HT-29), szyjki macicy (HeLa), jajnika (A2780), piersi (MCF-7 i SK-BR-3), białaczki promielocytowej (HL-60), a także na ludzkiej linii nowotworowej limfoblastoidalnej T (Jurkat). W zależności od stężenia i czasu ekspozycji właściwości toksyczne wobec komórek nowotworowych były różne. Wyniki badań wykazały aktywność atranoryny na komórki białaczki promielocytowej ($IC_{50} = 93,5 \mu\text{M}$) oraz na komórki jelita grubego, raka jajnika i Jurkat (IC_{50} około 200 μM). Atranoryna była nieaktywna wobec innych badanych linii komórek nowotworowych ($IC_{50} > 200 \mu\text{M}$) (33).

β -Orcynolokarboksylan metylu w warunkach *in vitro* wykazał cytotoksyczne właściwości wobec linii komórek nowotworowych wątroby (WRL-68), jelita (Caco-2), jamy ustnej (KB 403) i jajników (MCF-7 & PA-1). Wartości IC_{90} wyniosły odpowiednio: 5,0; 3,5; 4,5; 5,5; 4,0 $\mu\text{g/ml}$ (26).

Podsumowanie

P. glauca, jedyny występujący w Polsce gatunek z rodzaju *Platismatia*, jest jak dotąd wykorzystywany w niewielkim stopniu. Porost obfituje w związki

o różnej budowie chemicznej, w tym w kwas kaperatowy o alifatycznej strukturze oraz atranorynę, chloroatranorynę z grupy depsydów, a także β -orcynolakarboksylan metylu. Wyniki badań wskazują na interesujące właściwości biologiczne płucnika modrego, zwłaszcza cytotoksyczne wobec komórek nowotworowych, a także przeciwdrobnoustrojowe i słabe przeciwutleniające. Zebrane w przeglądzie dane dotyczą także obecnych w *P. glauca* metabolitów

wtórnych (atranoryny, chloroatranoryny, karboksylanu metylu β -orcynolu). Informacji na temat aktywności obecnego w poroście w dużych ilościach kwasu kaperatowego jest niewiele, pochodzą głównie z badań opublikowanych w latach 70.-80. ubiegłego stulecia i wskazują na jego właściwości przeciwbólowe oraz przeciwskurczowe (34). *P. glauca* jest gatunkiem mało przebadanym, wykazującym potencjał leczniczy, wymagającym dalszych badań.

Piśmiennictwo

- Nash III TH (ed.). Lichen Biology. Cambridge University Press. New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, São Paulo 2008.
- Muggia L, Schmitt I, Grube M. Lichens as treasure chests of natural products. SIM News 2009; 59:85-97.
- Molnár K, Farkas E. Current results on biological activities of lichen secondary metabolites: a review. Z Naturforsch [C] 2010; 65(3-4):157-73.
- Boustie J, Grube M. Lichens – a promising source of bioactive secondary metabolites. Plant Gen Res 2005; 3:273-87.
- Joulain D, Tabacchi R. Lichen extracts as raw materials in perfumery. Part 1: Oakmoss. Flavour Fragr J 2009; 24:49-61.
- Mitrović T, Stamenković S, Cvetković V i wsp. *Platismatia glauca* and *Pseudovernia furfuracea* lichens as sources of antioxidant, antimicrobial and antibiofilm agents. Exc J 2014; 13:938-53.
- <http://www.speciesfungorum.org/Names/Names.asp> (dostęp z dnia: 15.04.2016).
- Fałtynowicz W. Krytyczna lista porostów i grzybów naprostowych Polski. Instytut Botaniki PAN, Kraków 2003.
- Lumbsch HT. One hundred new species of lichenized fungi: a signature of undiscovered global diversity. Phytotaxa 2001; 18:1-127.
- Obermayer W, Randle T. Morphological and chemical studies on *Platismatia erosa* (Parmeliaceae) from Tibet, Nepal and Bhutan. Bryologist 2012; 115(1):51-60.
- Nash III TH, Ryan BD, Grier C i wsp. (eds.). Lichen Flora of The Great Sonoran Desert Region, Vol. 1. Lichens Unlimited, Arizona State University, Tempe, Arizona 2002.
- Purvis OW, Coppins BJ, Hawksworth DL i wsp. (eds.). The lichen flora of Great Britain and Ireland. Natural History Publications. London 1992.
- Wójciak H. Porosty, mszaki, paprotniki. Flora polski. Multico, Warszawa 2007.
- Bystrek J. Podstawy lichenologii. UMCS, Lublin 1997.
- Culberson CF. Chemical and Botanical Guide to Lichen Products. The University of North Carolina Press 1969. Reprint 1979 by Otto Koeltz Science Publishers, Koenigstein, Germany.
- Hveding-Bergseth N, Bruun T, Kjøsén H. Isolation of 30-nor-21 α -hopan-22-one (isoadiantone) from the lichen *Platismatia glauca*. Phytochem 1983; 22:1826-7.
- Gulluce M, Aslan A, Sokmen M i wsp. Screening the antioxidant and antimicrobial properties of the lichens *Parmelia saxatilis*, *Platismatia glauca*, *Ramalina pollinaria*, *Ramalina polymorpha* and *Umbilicaria nyländeriana*. Phytomed 2006; 13(7):515-21.
- Çobanoğlu G, Sesal C, Gokmen B i wsp. Evaluation of the antimicrobial properties of some lichens. South Western J Horticulture, Biol Envir 2010; 2(1):153-8.
- Ranković B, Mišić M, Sukdolak S. The antimicrobial activity of substances derived from the lichens *Physcia aipola*, *Umbilicaria polyphylla*, *Parmelia caperata* and *Hypogymnia physodes*. World J Microbiol Biotechnol 2008; 24:1239-42.
- Yilmaz M, Tay T, Kivanç M i wsp. The antimicrobial activity of extracts of the lichen *Hypogymnia tubulosa* and its 3-hydroxyphosphoric acid constituent. Z Naturforsch [C] 2005; 60(1-2):35-8.
- Honda NK, Pavan FR, Coelho RG i wsp. Antimycobacterial activity of lichen substances. Phytomed 2010; 17(5):328-32.
- Ingólfssdóttir K, Chung GAC, Skúlason VG i wsp. Antimycobacterial activity of lichen metabolites *in vitro*. Eur J Pharm Sci 1998; 6:141-4.
- Türk H, Yilmaz M, Tay T i wsp. Antimicrobial activity of extracts of chemical races of the lichen *Pseudovernia furfuracea* and their physodic acid, chloroatranorin, atranorin and olivetoric acid constituents. Z Naturforsch [C] 2006; 61c:499-507.
- Neeraj V, Behera BC, Parizadeh H i wsp. Bactericidal activity of some lichen secondary compounds of *Cladonia ochrochloa*, *Parmotrema nilgherrensis* and *Parmotrema sancti-angelii*. Int J Drug Dev Res 2011; 3(3):222-32.
- Nóbrega NA, Ribeiro SM, Pereira EC i wsp. Produção de compostos fenólicos a partir de células imobilizadas do líquen *Parmotrema andinum* (Müll. Arg.) Hale e avaliação de atividade antimicrobiana. Acta Bot Bras 2012; 26(1):101-7.
- Khanuja SS, Tirupadripuliyur RS, Gupta VK i wsp. Antimicrobial and anticancer properties of methyl-beta-orcinolcarboxylate from lichen *Everniastrum cirratum*. United States Patent Application Publication 2007; 514-43.
- Ranković B, Kosanić M, Manojlović N i wsp. Chemical composition of *Hypogymnia physodes* lichen and biological activities of some its major metabolites. Med Chem Res 2014; 23:408-16.
- Kosanić M, Ranković B, Stanojković T i wsp. *Cladonia* lichens and their major metabolites as possible natural antioxidant, antimicrobial and anticancer agents. Food Sci Technol 2014; 59:518-25.
- Jayaprakasha GK, Rao LJ. Phenolic constituents from the lichen *Parmotrema stuppeum* (Nyl.) Hale and their antioxidant activity. Z Naturforsch [C] 2000; 55(11-12):1018-22.
- Thadhani VM, Choudhary MI, Khan S i wsp. Antimicrobial and toxicological activities of some depsides and depsidones. J Nat Sci Foundation Sri Lanka 2014; 40(1):43-8.

31. Bézivin C, Tomasi S, Lohézic-Le Dévéhat F i wsp. Cytotoxic activity of some lichen extracts on murine and human cancer cell lines. *Phytomed* 2003; 10(6-7):499-503.
32. Toledo-Marante FJ, García-Castellano A, Estévez-Rosas F i wsp. Identification and quantitation of allelochemicals from the lichen *Lethariella canariensis*: phytotoxicity and antioxidative activity. *J Chem Ecol* 2003; 29(9):2049-71.
33. Bačkorová M, Bačkor M, Mikeš J i wsp. Variable responses of different human cancer cells to the lichen compounds parietin, atranorin, usnic acid and gyrophoric acid. *Toxicol In Vitro* 2011; 25:37-44.
34. Sharma AK, Sharma MC, Mahaveer P, Dobhal. Phytochemical constituents from different species of *Parmelia* genus: A review. *Chem Sin* 2013; 4:1-11.

Konflikt interesów

Conflict of interest

Brak konfliktu interesów

None

otrzymano/received: 28.09.2017

zaakceptowano/accepted: 10.10.2017

Adres/address:

*dr n. farm. Elżbieta Studzińska-Sroka

Katedra i Zakład Farmakognozji

Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

ul. Święcickiego 4, 60-781 Poznań

tel.: +48 (61) 854-67-09, faks: +48 (61) 854-67-01

e-mail: ela_studzinska@op.pl