



Marcin SZYMAŃSKI

Centrum Zaawansowanych Technologii UAM, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Poznań

Bioaktywne substancje i właściwości farmakologiczne *Fomitopsis betulina*

Bioactive substances and pharmacological properties of *Fomitopsis betulina*

DOI: 10.21303/2023.1.6

Związkami chemicznymi występującymi w pniarku brzozowym są: polisacharydy ((1→3)- α -D-glukany), kwasy poliporenowe, wolne cukry (mannitol, trehaloza), kwasy tłuszczowe (palmitynowy, stearynowy, oleinowy, linolowy), witaminy (kwas askorbowy), karotenoidy (b-karoten, likopen), α -, β -, γ -, Π -tokoferole, flawonoidy. Badania farmakologiczne różnych wyciągów z pniarka wykazały działanie: przeciwzapalne, przeciwbakteryjne, przeciwwirusowe (wyciągi: eterowy, octanu etylu), neuroprotektoryjne, immunomodulujące oraz przeciwnowotworowe (wyciągi: wodny i eterowy).

Słowa kluczowe: *Fomitopsis betulina*, grzyby lecznicze, chemizm, farmakologia

The chemical compounds present in the birch stump are: polysaccharides ((1→3)- α -D-glucans), polyporenic acids, free sugars (mannitol, trehalose), fatty acids (palmitic, stearic, oleic, linoleic), vitamins (ascorbic acid), carotenoids (b-carotene, lycopene), α -, β -, γ -, δ -tocopherols, flavonoids. Numerous studies have confirmed the biological activity. Pharmacological studies of various extracts from the plant have shown the following effects: anti-inflammatory, antibacterial, antiviral (extracts: ether, ethyl acetate), neuroprotective, immunomodulatory and anticancer (extracts: aqueous and ether). Pharmacological studies have shown the following effects: anti-inflammatory, antibacterial, antiviral, neuroprotective, immunomodulatory and anticancer.

Key words: *Fomitopsis betulina*, medicinal mushrooms, chemistry, pharmacology

Wprowadzenie

Fomitopsis betulina (dawniej *Piptoporus betulinus* (Bull.) P. Karst.) (Pniarek brzozowy, birch polypore, birch bracket) należy do rodziny *Fomitopsidaceae*. Jest szeroko rozpowszechnionym grzybem polipoidalnym, rosnącym tylko na osłabionych brzozech (*Betula pendula* Roth) oraz drewnie brzozowym. Występuje od sierpnia do listopada, pojedynczo lub w niewielkich grupach. Miąższ owocnika jest początkowo miękki, watawaty z czasem staje się twardy i korkowy, po wyschnięciu kruchy i lekki. Pniarek brzozowy wywołuje intensywną zgniliznę brunatną, na początku twardzieli, później bielu (1).

Owocniki tego grzyba znalazły zastosowanie w pszczelarstwie do okadzania dymem uli umożliwiając wykonanie koniecznych prac. W XIX wieku owocniki pniarka brzozowego dzięki szorstkiej powierzchni wykorzystywano do ostrzenia brzytw (2). Do początku XX wieku miąższ pniarka brzozowego miał zastosowanie jako poduszka do noży i igieł, chroniąca je przed korozją (3,4). Dzięki bardzo małej gęstości miąższu, znalazł on zastosowanie do wyrobu korpusu woblery, to znaczy sztucznej przynęty, imitującej naturalny pokarm ryb drapieżnych (5). Entomolodzy wykorzystują paski miąższu pniarka brzozowego do prezentowania spreparowanych owadów (3,6). Dawniej z wypalonych owocników otrzymywano węgiel do rysowania (7).

W medycynie ludowej cienkie paski miękkiego i elastycznego miąższu pniarka brzozowego stosowano jako plastry na rany, natomiast odwaru z miąższu używano jako odżywczego, stymulującego i uspokajającego napoju (5).

Skład chemiczny

Z metanolowego wyciągu z owocników *Fomitopsis betulina* wyizolowano kwasy triterpenowe typu lanostanu: kwas polipore-

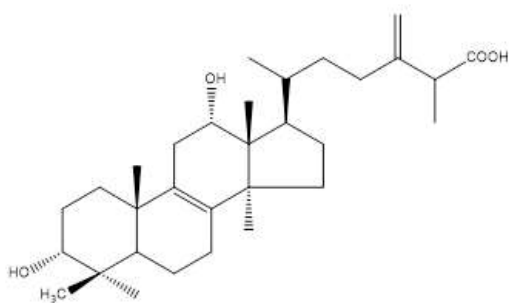
nowy A (Rys.1) i jego pochodne: kwasy (25S)-(+)-12a-hydroksy-3a-malonyloksy-24-metylołanosta-8,24(31)-dien-26-owy (Rys.2), (25S,3'S)-(+)-12a-hydroksy-3a-(3'-hydroksy-3'-metyloglutaryloksy)-24-metylołanosta-8,24(31)-dien-26-owy (Rys.3), (25S,3'S)-(+)-12a-hydroksy-3a-(3'-hydroksy-4'-metoksykarbonylo-3'-metylobutyryloksy)-24-metylołanosta-8,24(31)-dien-26-owy (Rys.4) oraz kwas poliporenowy C (Rys.5) oraz kwas (+)-12a,28-dihydroksy-3a-(3'-hydroksy-3'-metyloglutaryloksy)-24-metylołanosta-8,24(31)-dien-26-owy, (+)-12a,28-dihydroksy-3a-(3'-hydroksy-3'-metyloglutaryloksy)-24-metylołanosta-8,24(31)-dien-26-owy (Rys. 6) (8). W ekstrakcie eterowym z wysuszonych owocników *Fomitopsis betulina* wyizolowano również kwas poliporenowy B (Rys. 7) (9,10,11).

W innych badaniach z metanolowego wyciągu wyizolowano kwasy, które nazwano piptolinowymi F – J, poliporenowymi E-M oraz fomitocydy L-O, a także siedemnaście znanych wcześniej analogów kwasów. Kwasy piptolinowe F-I były triterpenoidami 24-metylołanostanu, a związek J był pochodną 3,4-seco-lanostanu. Ich struktury ustalono na podstawie szeroko zakrojonej analizy spektroskopowej (1D, 2D NMR i HRESIMS) (12, 13).

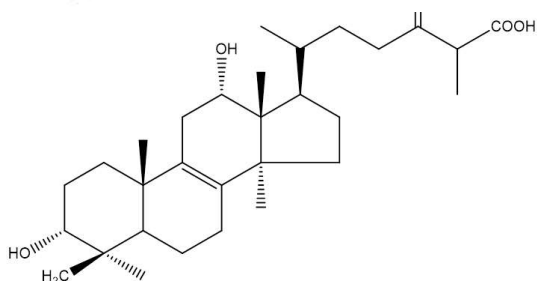
Zidentyfikowano także związek o strukturze chinonu: (E)-2-(4-hydroksy-3-metylo-2-butenylo)-hydrochinon (Rys. 8), który hamował działanie endopeptydazy MMPs (matrix metallo-proteinase). Takie samo działanie wykazywał kwas poliporenowy C (14,15,16).

Piptamina (Rys.9) wykryta w *Fomitopsis betulina* jest trzeczorzędowną aminą, o właściwościach antybiotycznych, aktywna w stosunku do bakterii Gram +, grzybów i drożdży (17).

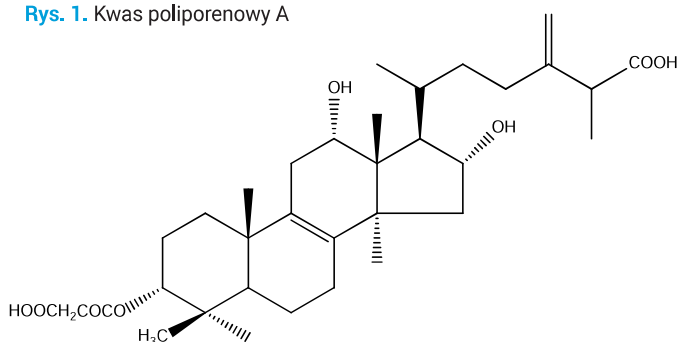
Zidentyfikowano również alkohol cukrowy mannitol (0,36±0,04 g/100 g s.m.) i disacharyd – trehalozę (12,15±0,65 g/100 g s.m.), ponadto w wyciągu otrzymanym przez alkaliczną ekstrakcję 5% wodnym roztworem KOH wysuszonych i sproszkowanych owocników *Fomitopsis betulina*, po uprzedniej ekstrakcji w aparacie Soxhleta



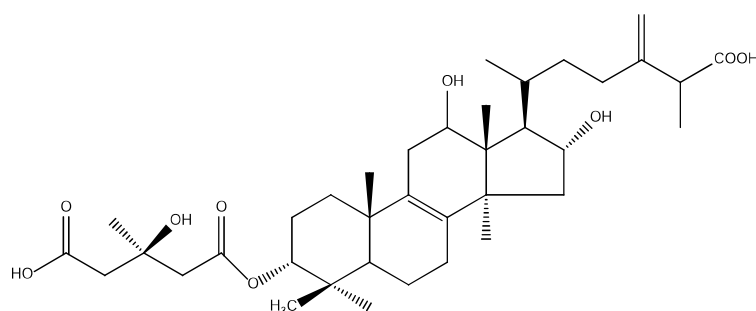
Rys. 1. Kwas poliprenowy A



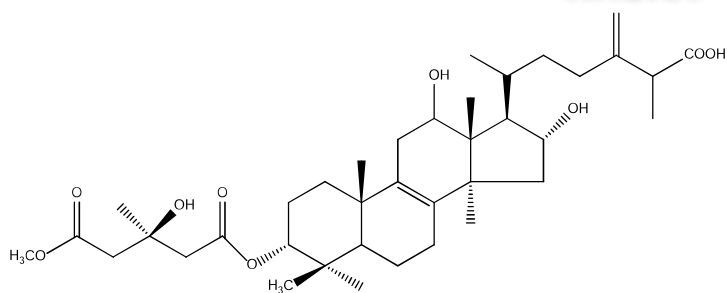
Rys. 2. Kwas (25S)-(+)-12a-hydroksy-3a-malonyloksy-24-metylolanosta-8,24(31)-dien-26-owy



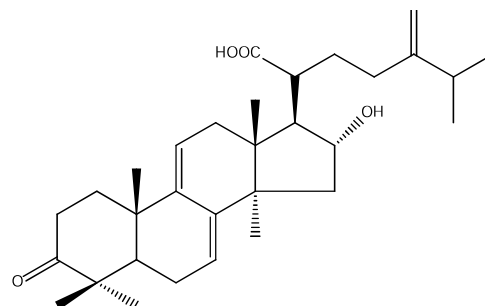
Rys. 3. Kwas (25S,3'S)-(+)-12a-hydroksy-3a-(3'-hydroksy-3'-metyloglutaryloksy)-24-metylolanosta-8,24(31)-dien-26-owy



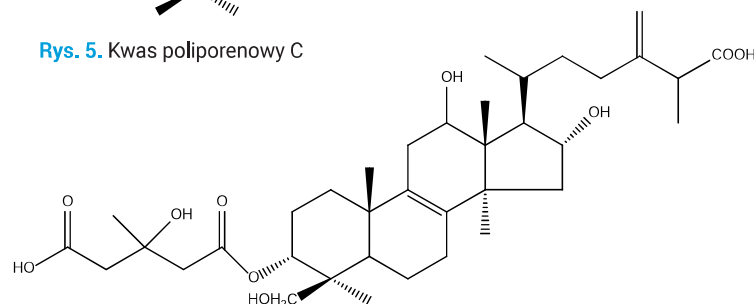
Rys. 4. Kwas (25S,3'S)-(+)-12a-hydroksy-3a-(3'-hydroksy-4'metoksykarbonyl-3'metylobutyryloksy)-24-metylolanosta-8,24(31)-dien-26-owy



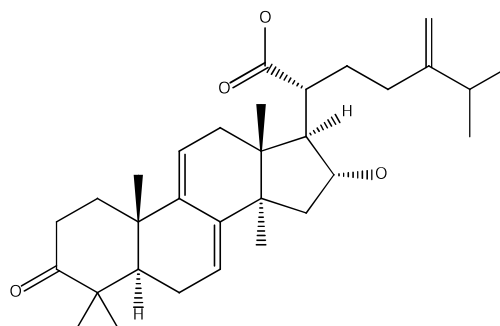
Rys. 5. Kwas poliprenowy C



Rys. 6. Kwas (+)-12a,28-dihydroksy-3a-(3'-hydroksy-3'-metyloglutaryloksy)-24-metylolanosta-8,24(31)-dien-26-owy



Rys. 7. Kwas poliprenowy B



chloroformem, octanem etylu i metanolem zidentyfikowano również piptoporan I – rozgałęziony glukan o masie cząsteczkowej 270 kDa, zbudowany z α -(1→3)-glukopiranozy, podstawionej w pozycji C-6 β -D-glukopiranozą (18, 19).

Na drodze hydrolizy kwasowej z α -(1→3)-glukanu wyizolowanego z owocników *Fomitopsis betulina* otrzymano α -(1→3)-glukooligosacharydy (α -(1→3)-GOS) (20).

W liofilizowanych i sproszkowanych (20 mesh) owocnikach *Fomitopsis betulina* zidentyfikowano i oznaczono metodą GC-FID procentową zawartość kwasów tłuszczowych: palmitynowego (11,96±/0,01 %), stearynowego (6,17±/0,30 %), oleinowego (8,67±/0,05 %), linolowego (60,94±/0,39 %), i pozostałych (12,26%), ogólnie nasycone kwasy tłuszczowe występowały na poziomie (29,10±/0,27%), mononienasycone kwasy tłuszczowe (8,92±/

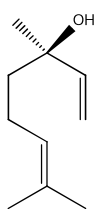
0,06%), polinienasycone kwasy tłuszczowe (61,98±/0,33%). Całkowita zawartość tokoferoli zidentyfikowana i oznaczona metodą HPLC wynosiła 577,62±/52,95 μ g/100 g s.m. (gdzie: α -tokoferol – 3,76±/0,08; β -tokoferol – 301,91±/27,98; γ -tokoferol – 254,25±/25,07, δ -tokoferol – 17,70±/0,02 μ g/100 g s.m.), kwas askorbowy – 87,9±/3,09 μ g/100 g s.m., β -karoten – 0,09±/0,00 μ g/100 g s.m. i likopen – 0,23±/0,00 mg/100 g s.m.

Sumę polifenoli oznaczono na poziomie 34,94±/0,01 mg GAE/g ekstraktu a flawonoidów 6,79±/0,03 mg CE/g ekstraktu (18).

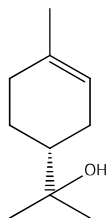
We frakcji octanu etylu wyciągu wodnego, otrzymanej przez 14 godziną ekstrakcję 130 g pniarka brzożowego w 2600 ml wody, a następnie ekstrakcją ciecz-ciecz z octanem etylu, oznaczono alkohol benzylowy (15,46%), benzaldehyd (7,42%), 3,4-dimetyloheksan-2,5-dion (5,44%), kwas benzoowy (4,38%), ftalan dioktylu (3,78%), hek-

sadekan (3,00%), oktadekan (2,34%), kwas tetradekanowy (2,07%), 2-(4-piperidylo)-2-propanolol (0,54%) (21).

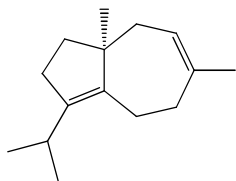
W świeżych owocnikach *Fomitopsis betulina* poddanych ekstrakcji z n-heksanem a następnie oczyszczeniu na kolumnie wypełnionej żelem krzemionkowym i analizie na enancjoselektywnej kapilarnej chromatografii gazowej (enantioselective capillary gas chromatography) zidentyfikowano i oznaczono (zawartość procentowa we frakcji): alifatycznych alkoholi, ketonów i aldehydów (1-okten-3-ol (45,0%), 3-oktanol (27,0%), (Z)-2-okten-1-ol (0,8%), 1-oktanol (4,7%), (Z)-1,5-oktadien-3-ol (3,2%), 3-oktanon (6,1%), terpeny (linalol (0,9%) (Rys. 10), α -terpineol (trace) (Rys. 11), α -pinen (tr.), Δ -3-karen (tr.), pentalenen (tr.), α -kubeben (tr.), (S)-(-)-daucen (tr.) (Rys. 12), β -kubeben (0,8%), β -elemen (0,6%), tujopsen (1,6%), (+)- α -barbaten (6,4%) (Rys. 13), izobazzanen (8,2%) (Rys. 14), (-)- β -barbaten (0,2%) (Rys. 15), kadina-1(6),4-dien (tr.), β -chamigren (1,2%), selina-4,11-dien (0,3%), α -kuprenen (0,4%), α -chamigren (1,5%), δ -kadinen (tr.), b-bazzanen (0,5%), cyklobazzanen (0,4%), (R)-*trans*-nerolidol (0,8%) (Rys. 16), T-kadinol (tr.), 1-epi-kubenol (tr.), związki aromatyczne (benzaldehyd (0,1%), aldehyd metyloanyżowy (tr.)) (22).



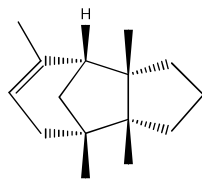
Rys. 10. (R)-(-)-Linalol



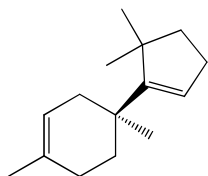
Rys. 11. (S)-(-)-a-Terpineol



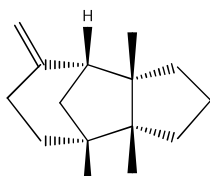
Rys. 12. (S)-(-)-Daucen



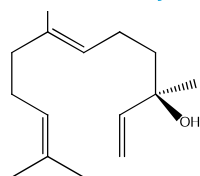
Rys. 13. (+)-a-Barbaten



Rys. 14. Izobazzanen



Rys. 15. (-)-b-Barbaten



Rys. 16. (R)-*trans*-Nerolidol

Poddano badaniu wyciągi z owocników pniarka pozyskanego z brzozy żywej i obumarłej. Wykazano znaczne różnice w zawartości metali ciężkich (chromu, miedzi, żelaza, manganu, ołowiu, cynku) oraz glinu, wapnia, magnezu, fosforu i siarki oraz sumy związków polifenolowych i aktywność antyoksydacyjnej. Zawartość pierwiastków w wyciągach z owocników zebranych z brzozy żywej okazał się bardziej bogaty. Największe różnice występowały dla miedzi, chromu i żelaza, były odpowiednio 25, 18 i 7-krotnie większe. Zawartość sodu, potasu i strontu była na podobnym poziomie w obu przypadkach, natomiast rubidu było więcej w owoc-

niku z brzozy obumarłej. Suma związków polifenolowych oraz aktywność antyoksydacyjna była wyższa w owocniku zebranym z brzozy żywej. Badania wykazały, że stosowanie lecznicze owocników pniarka brzożowego zebranego z żywych drzew jest bardziej korzystne, wiąże się to jednak z ryzykiem związanym z większą podatnością na metale ciężkie (23).

Działanie farmakologiczne

Fomitopsis betulina (Bull.: Fr.) P. Karst wykorzystywany jest w leczeniu ludowym na terenie Azji i Europy Wschodniej. W Czechach stosowany był tradycyjnie w leczeniu w raka odbytnicy i żołądka (16). W latach 30-tych XX wieku na Wileńszczyźnie wykorzystany w leczeniu chorób nowotworowych raka żołądka (5). Franciszkanin ojciec Andrzej Czesław Klimuszko, znany polski zielarz, w przypadku chorób nowotworowych zalecał spożywanie odwaru przygotowanego z *Fomitopsis betulina* (Pniarek brzożowy) i *Inonotus obliquus* (Błyskoporek podkorowy) zmieszanych w równych ilościach. Odwar sporządzano z jednej łyżki mieszaniny hub, zalanej szklanką wody i gotowanej przez 10 minut (24).

Przeprowadzono badania *in vitro* frakcji octanu etylu z wyciągu wodnego z *Fomitopsis betulina* na proliferację, ruchliwość i żywotność komórek zdrowych i nowotworowych raka płuc (A549) i raka gruczołowego okrężnicy u ludzi (HT-29) oraz glejaka szczura (C6). Oznaczenie toksyczności badanej frakcji przeprowadzono na zdrowych komórkach ludzkich fibroblastów skóry (HSF), komórkach śródbłonna aorty bydła (BAEC), oligodendrocytach szczura (OLN-93), hepatocytach (FAO), astroglejach szczura i neuronach myszy (P19).

Badany wyciąg hamował proliferację komórek guza, zmniejszał ruchliwość i indukację zmian morfologicznych jego komórek. Wyciąg charakteryzował się niską toksycznością w stosunku do komórek zdrowych (21).

Ekstrakt z grzybni wykazywał znaczące działanie cytotoksyczne wobec komórek raka prostaty, podczas gdy ekstrakt z owocników wykazywał umiarkowany wpływ na żywotność czerniaka i raka prostaty (25).

Potencjał przeciwnowotworowy α -(1 \rightarrow 3)-glukooligosacharydów oceniano w testach *in vitro* na modelu komórek raka okrężnicy. Testowany α -(1 \rightarrow 3)-GOS wykazywał właściwości antyproliferacyjne (test MTT) i proapoptotyczne (technika aneksyny V-FITC i PI) w stosunku do raka okrężnicy, ale nie w stosunku do normalnych komórek nabłonka okrężnicy. Ponadto nie zaobserwowano aktywności cytotoksycznej (testy neutralnej czerwień i dehydrogenazy mleczanowej) α -(1 \rightarrow 3)-GOS wobec kilku typów normalnych linii komórkowych. Wykazano potencjał przeciwnowotworowy α -(1 \rightarrow 3)-GOS w modelu raka okrężnicy. Działanie przeciwnowotworowe α -(1 \rightarrow 3)-GOS jest związane z indukcją apoptozy (20).

Wyciąg eterowy z *Fomitopsis betulina* zawierający kwasy poliporenowe A i B hamował wzrostu ludzkich komórek nowotworowych. Badania przeprowadzono na komórkach raka tarczycy (FTC238), neuroblastomy (SK-N-AS), raka piersi (T47D), raka krtani (Hep-2), raka szyjki macicy (Hela). Badany wyciąg charakteryzował się silną aktywnością cytotoksyczną w stosunku do wszystkich przebadanych komórek nowotworowych. Pozytywny efekt pojawił się po 24 godzinach inkubacji i pogłębiał w ciągu kolejnych 24 godzin. Aktywność cytotoksyczna rosła wraz ze wzrostem dawki. Komórki raka tarczycy (FTC238) i neuroblastoma (SK-N-AS) wykazywały największą wrażliwość na działanie ekstraktu, już dawka 25 mg/ml powodowała całkowite zahamowanie oddychania mitochondrialnego komórek po 24 godz. Komórki raka piersi (T47D) były hamowane przy dawce

50 mg/ml po 48 godz., a komórki raka krtani (Hep-2) i raka szyjki macicy (HeLa) wykazały pośrednią wrażliwość na cytotoksyczne działanie wyciągu z *Fomitopsis betulina* (26).

Fomitozyd L i fomitozyd N wykazywały cytotoksyczność wobec komórek białaczki HL60 (IC50 = odpowiednio 15,8 i 23,7 μ M). Wśród znanych związków wyraźną cytotoksyczność wobec komórek białaczki HL60 oraz selektywność względem zdrowych komórek MRC-5 odnotowano dla kwasu dehidropachymowego (IC50 = 10,9 μ M, SI 8,6), kwasu pachymowego (IC50 = 11,0 μ M, SI 9,8), kwasu 3-epi-dehidrotumulozowego (IC50 = 19,9 μ M, SI 5,8) i kwasu 12 α -hydroksy-3 α -(3'-hydroksy-4'-metoksykarbonylo-3'-metylobutyryloksy)-24-metylolanosta-8,24-(31)-dien-26-owego (IC50 = 19,2 μ M, SI 2,2) (13).

Wielonienasycone kwasy tłuszczowe obecne w pniarku są prekursorami eikozanoidów, cząsteczek sygnałowych niezbędnych do prawidłowej regulacji procesów komórkowych w mięśniach, naczyniach krwionośnych, komórkach nerwowych oraz w układzie odpornościowym (25).

Kwas poliporenowy A i jego pochodne oraz kwas poliporenowy C, wykazał właściwości przeciwzapalne w modelu zapalenia ucha, indukowanego 12-O-tetradekanoilforbol-13-octanem (TPA) u myszy (8).

Zbadano aktywność przeciwdrobnoustrojową wodno-alkoholowych frakcji ekstraktu z pniarka. Wykazano, że frakcja niskopolarna otrzymana przy użyciu chloroformu jako ekstrakta ma najwyższą aktywność przeciwdrobnoustrojową wobec *Staphylococcus aureus* (6,7 \pm 0,8 mm), *Serratia marcescens* (14,9 \pm 0,4 mm) i *Bacillus subtilis* (9,8 \pm 0,5 mm), porównywalną z działaniem antybiotyków stosowanych w medycynie. Zgodnie z danymi literaturowymi działanie przeciwdrobnoustrojowe można powiązać z kwasami triterpenowymi z serii lanostanów (kwasy poliporenowe A i C, 3 β -acetoksy-16 α -hydroksy-24-okso-5 α -lanosta-8-en-21-owy) i antybiotykiem piptaminą (27,28).

Podsumowanie

Fomitopsis betulina jest szeroko rozpowszechnionym grzybem poliporoidalnym, rosnącym tylko na osłabionych brzozech (*Betula pendula*) oraz drewnie brzożowym.

Składnikami chemicznymi owocników pniarka brzożowego są między innymi kwasy poliporenowe, wolne cukry, kwasy tłuszczowe, witaminy, karotenoidy, tokoferole i flawonoidy. Grzyb ten był szeroko stosowany w lecznictwie ludowym na terenie Azji i Europy Wschodniej. Badania aktywności wyciągów z pniarka brzożowego wykazały ich działanie przeciwzapalne, przeciwbakteryjne, przeciwwirusowe, neuroprotektoryjne, immunomodulujące oraz przeciwnowotworowe.

LITERATURA

- Łakomy P., Kwaśna P. 2008. Atlas Hub, Multico Oficyna Wydawnicza, Warszawa.
- Rolfé R.T., Rolfé F.W. 1974. The romance of the fungus world: an account of fungus life in its numerous guises, both real and legendary, Dover Publications, New York.
- Peintner U., Pöder R., Pümpel T. 1998. The iceman's fungi, Mycological Research 102(10): 1153-1162.
- Schmidt O. Wood and tree fungi. Biology, damage, protection, and use. Springer-Verlag, 2006, Germany.
- Szczepkowski A.: Grzyby nadzwyczajne w innym świetle – użytkowanie owocników. Studia i Materiały CEPL w Rogowie, 2012, 14, 32 / 3.
- Thoen D.: Usage et légendes liés aux polypores. Note d'ethnomycologie. Bulletin Trimestriel de la Société Mycologique de France 1982, 98, 289-318.
- Dominik T.: Huby. Państwowe Zakłady Wydawnictw Szkolnych, 1957. Warszawa
- Kamo T., Asanoma M., Shibata H., Hirota M.: Anti-inflammatory Lanostane-Type Triterpene Acids from *Piptoporus betulinus*. Journal of Natural Products 2003, 66, 1104-1106.
- Kaczor J.: Izolacja i określenie przeciwwirusowego działania substancji z *Piptoporus betulinus*. Praca doktorska, 1983. Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin.
- Kandefer-Szerszeń M., Kaczor J., Kawecki Z. 1981. Ekstrakty z grzybów jako źródło substancji o aktywności przeciwwirusowej. II. Zastosowanie metod chromatograficznych do izolacji substancji przeciwwirusowych z *Piptoporus betulinus* (Bull. ex Fr.). Ann. Univ. M. Curie-Skłodowska 1981, 36, 1-20.
- Kawecki Z., Kandefer-Szerszeń M., Kaczor J.: Ekstrakty z grzybów jako źródło substancji o aktywności przeciwwirusowej. I. Zastosowanie rozpuszczalników organicznych do ekstrakcji substancji przeciwwirusowych. Ann. Univ. M. Curie-Skłodowska 1980, 35, 1-12.
- Khalilov Q., Li L., Liu Y., Tohtahon Z., Chen X., Akber Aisa H., Yuan T.: Piptolinic acids F–J, five new lanostane-type triterpenoids from *Piptoporus betulinus*. Natural Product Research 2019, 33:21, 3044-3051.
- Sofrenić I., Anđelković B., Todorović N., Stanojković T., Vujisić L., Novaković M., Milosavljević S., Tešević V.: Cytotoxic triterpenoids and triterpene sugar esters from the medicinal mushroom *Fomitopsis betulina*. Phytochemistry, 2021, 181, 112580.
- Kawagishi H., Hamajima K., and Inoue Y., 2002. Novel Hydroquinone as a Matrix Metallo-proteinase Inhibitor from the Mushroom, *Piptoporus Betulinus*, Biosci. Biotechnol. Biochem., 66 (12), 2748-2750
- Zaidman B., Yassin M., Mahajana J., Wasser, S.P., 2005. Medicinal mushroom modulators of molecular targets as cancer therapeutics. Appl. Microbiol. Biotechnol. 67, 453-468
- Lindequist, U.; Niedermeyer, T.H.J.; Julich W.-D., 2005. The Pharmacological potential of mushrooms. eCAM, 2, 285-299
- Schlegel B., Luhmann U., Hartl A. and Grafe U., 2000. Piptamine, a New Antibiotic Produced *Piptoporus betulinus* Lu 9-1. The Journal of Antibiotics. 53, 9, 973 – 974
- Reis F.S., Pereira E., Barros L., João Sousa M., Martins A. and Ferreira I.C.F.R., 2011. Biomolecule Profiles in Inedible Wild Mushrooms with Antioxidant Value. Molecules, 16, 4328-4338
- Olennikov D. N., Agafonova S. V., Rokhin A. V., Penzina T. A., and Borovskii G. B., 2012. Branched Glucan from the Fruiting Bodies of *Piptoporus betulinus* (Bull.:Fr) Karst., Applied Biochemistry and Microbiology. 48, 1, 65–70
- Czerwonka A., Wiater A., Komaniecka I., Adamczyk P., Rzeski W., Pleszczyńska M. 2019. Antitumor effect of glucooligosaccharides obtained via hydrolysis of α -(1-3)-glucan from *Fomitopsis betulina*. Molecular Biology Reports 46, 5977–5982
- Lemieszek M. K., Langner E., Kaczor J., Kandefer-Szerszeń M., Sanecka B., Mazurkiewicz W., Rzeski W., 2009. Anticancer Effect of Fraction Isolated from Medicinal Birch Polypore Mushroom, *Piptoporus betulinus* (Bull.: Fr.) P. Karst. (Aphyllphoromycetidae): In Vitro Studium, Int. J. Med. Mushr. 11(4), 351-364
- Rösecke J., Pietsch M., König W. A., 2000. Volatile constituents of wood-rotting basidiomycetes, Phytochem. 54, 747-750
- Szymański M., Olszewska A., Szymański A.: Występowanie pierwiastków i substancji biologicznie czynnych w Białoporku brzożowym. Ekologia i Technika 2014, XXII, 2, 53-58.
- Klimuszko A.C., 2011. Wrócimy do ziół leczniczych. Oficyna Wydawnicza Rytm, Warszawa
- Sułkowska-Ziaja K., Szewczyk A., Galanty A., Gdula-Argasińska J., Muszyńska B. 2018. Chemical composition and biological activity of extracts from fruiting bodies and mycelial cultures of *Fomitopsis betulina*. Molecular Biology Reports 45, 2535–2544
- Kaczor J., Klecha I. M., Rzeski W., Paduch R., Zdzisińska B., Pożarowski P., Kandefer-Szerszeń M.: Ekstrakt z poroka brzożowego (*Piptoporus betulinus* Bull. Fr.) jako inhibitor wzrostu ludzkich komórek nowotworowych. Postępy Fitoterapii 2004, 2, 62-66.
- Harbatsevich H.I.: Antimicrobial Activity Of The *Piptoporus Betulinus* Water-Alcohol Extract. Medical Scientific Bulletin of Central Chernozemye (Naučno-medicinskij vestnik Central'nogo Černozem'ja) 2022, 89, 34-38.
- Sułkowska-Ziaja K., Motyl P., Muszyńska B., Firląg A.: *Piptoporus betulinus* (Bull.) P. Karst. – bogate źródło związków aktywnych biologicznie Postępy Fitoterapii 2015, (16)2: 89-95

Dr Marcin SZYMAŃSKI – Wykształcenie: 2009 r. – uzyskanie tytułu doktora nauk rolniczych w zakresie technologii żywności i żywienia, Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu; 2004 r. – uzyskanie tytułu magistra w zakresie chemii środowiska, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Wydział Chemii, kierunek chemia środowiska;

Doświadczenie zawodowe: 01.05.2018 – nadal, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Centrum Zaawansowanych Technologii na stanowisku Starszego Specjalisty; 16.01.2011 – 17.12.2017 Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu, Katedra i Zakład Farmakognozji na stanowisku adiunkta; Liczba publikacji: 56; doniesień konferencyjnych: 43; recenzji artykułów naukowych: 68; zainteresowania naukowe: fitochemia, fitoterapia, mykochemia, toksykologia e-mail: marcin.szymanski@amu.edu.pl; tel. 618291978