

Phellinus pini (THORE. EX FR.) PILÁT. - БИОЕКОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ, ЗНАЧАЈ И МОГУЋНОСТ КОРИШЋЕЊА У МЕДИЦИНСКЕ СВРХЕ (ЛЕКОВИТА СВОЈСТВА)

ЗЛАТАН РАДУЛОВИЋ¹ДРАГАН КАРАЏИЋ²ДУШАН ЈОВАНОВИЋ³ИВАН МИЛЕНКОВИЋ²

Извод: Врсте рода *Phellinus* врсте спадају међу најзначајније деструкторе дрвета у шумама. Највећи број врста проузрокује белу трулеж дрвета срчке живих стабала док мањи број изазива трулеж белџике. До сада је у свету описано 310 врста овог рода, 6 подврста, 42 варијетета и 69 форми (Randive, K. *et al.* 2012). У Србији и Црној Гори је констатовано 15 врста. У четинарским шумама посебно су значајне врсте *P. hartigii* (на јели) и *P. pini* (на боровима) док у лишћарским шумама највећи значај имају: *P. igniarius*, *P. robustus* и *P. torulosus*. *P. pini* се јавља као паразит на врстама рода *Pinus*. Gilbertson R.L. (1979) поред *Pinus* врста, као домаћине наводи и *Abies*, *Chamaecyparis*, *Larix*, *Libocedrus*, *Picea*, *Pseudotsuga*, *Taxus*, *Thuja* и *Tsuga*. У нашим шумама посебно је честа на црном бору, алепском бору и белом бору. Од свих гљива које се јављају на старим стаблима борова ова гљива има далеко највећи економски значај и често угрожава њихов даљи опстанак. Када је у питању црни бор напада углавном само стабла преко 100 година старости. Поред тога што изазива велике штете у старијим састојинама црног бора ова врста има и лековита својства па се у раду указује на могућност примене у медицинске сврхе.

Кључне речи: *Phellinus pini*, црвена прстенаста трулеж, бела цепна трулеж, значај, лековита својства

Phellinus pini (THORE. EX FR.) PILÁT.: BIOECOLOGICAL CHARACTERISTICS,
SIGNIFICANCE AND POSSIBLE USE FOR MEDICAL PURPOSES
(MEDICINAL PROPERTIES)

Abstract: Species of the *Phellinus* genus are some of the most serious wood-destroying agents in forests. Most species cause heartwood white rot in living trees, while a smaller number cause sapwood rotting. So far, the genus has had 310 species, six subspecies, 42 varieties, and 69 forms described worldwide (Randive, K. *et al.*, 2012). Fifteen species have been found in Serbia and Montenegro. Particularly important species in coniferous forests include *P. hartigii* (in fir) and *P. pini* (on pines), while the most common species found in

1 др Златан Радуловић, виши научни сарадник, Институт за шумарство, Београд

2 др Драган Караџић, ред. проф. у пензији; др Иван Миленковић, доцент; Универзитет у Београду Шумарски факултет у Београду, Србија

3 Душан Јовановић, мастер дигл. инж. шумарства, ЈП за газдовање шумама „Србијашуме“ Београд

broadleaved forests are *P. igniarius*, *P. robustus* and *P. torulosus*. *P. pini* occurs as a parasite on *Pinus* species. Besides *Pinus* species Gilbertson R. L. (1979) lists *Abies*, *Chamaecyparis*, *Larix*, *Libocedrus*, *Picea*, *Pseudotsuga*, *Taxus*, *Thuja* and *Tsuga* as hosts. In our forests, it is particularly common on Austrian pine, Aleppo pine and Scots pine trees. Of all the fungi occurring on old pine trees, this fungus has by far the greatest economic significance and often threatens their survival. As to Austrian pine, it mainly attacks trees over 100 years old. Although it causes extensive damage to old Austrian pine stands, this species has medicinal properties, so the paper points out the possibility of its application for medical purposes.

Keywords: *Phellinus pini*, red ring rot, white pocket rot, importance, medicinal properties

1. УВОД

Гљиве из рода *Phellinus* проузрокују белу трулеж дрвета и у највећем броју случајева јављају се још на живим стаблима углавном изазивајући деструкцију срчике, а много ређе и бељике. Гљиве рода *Phellinus* су познате пре свега по томе што проузрокују трулеж дрвета и наносе шумској привреди озбиљне штете. Заједно са гљивама из родова *Ganoderma*, *Inonotus*, *Trametes*, *Fomes*, *Fomitopsis* и *Stereum* то су главни деструктори дрвета лишћарских и четинарских врста. Неке врсте доводе и до сушења стабала. Поред гљива *Heterobasidion parviporum* и *Armillaria* spp. и две врсте рода *Phellinus* (*P. chrysoloma* и *P. pini*) могу при повољним условима да изазову масовно сушење дрвећа.

Phellinus pini у почетној фази изазива црвену трулеж или црвену прстену трулеж срчике а у напредујућој и завршној фази трулеж се назива бела цепна или корозивна трулеж. У почетној фази када је дрво црвено чврстоћа дрвета није значајније измењена. У каснијим стадијумима трулежи чврстоћа је опада са повећањем белих цепова. Трулеж изазвана овом гљивом је обично ограничена на срчику, али код стабала код којих је трулеж срчике у одмаклој фази, може бити нападнута и бељика (Lazarev, V., 2005).

Осим што изазивају трулеж дрвета и смањују вредност дрвне масе, велики број лигниколних гљива поседује лековита својства. Захваљујући садржају имуномодулирајућих полисахарида, протеина, полисахаридно-протеинских комплекса, полифенола, стероида, тритерпеноида, масних киселина, нуклеотида, пигмента и полиацетиленских компоненти, гљиве су почеле да се користе за добијање антибиотика и других лекова. Међу лековитим гљивама које расту у нашим шумама, најзначајније врсте су *Pleurotus* spp. (Караџић, Д., Миленковић, И., 2013; *Inonotus obliquus*, *Ganoderma lucidum*, *Fomes fomentarius*, већина врста рода *Armillaria* (Караџић, Д., Радуловић, З., Миленковић, И. (2022), *Trametes versicolor*, *Shizophyllum commune* и *Sparassis crispa* (Радуловић, З. et al., 2019/6

И врсте рода *Phellinus* поред штетног дејства показују и лековита својства. Тако се врсте *P. igniarius*, *P. nigricans* и *P. alni* у народној медицини користе као противотров код тровања, као седатив, стимуланс за варење, диуретик и антитуморно средство (Денисова, Н.П., 1990).

У својим истраживањима Власенко, В. А. et al. (2012) констатовали су антивирусна својства гљива *Phellinus igniarius* и *Phellinus conchatus*. Ови ауто-

ри као врсте које имају различите биолошке активности наводе и *P. hartigii*, *P. laevigatus*, *P. laricis*, *P. lundellii*, *P. punctatus* и *P. tremulae*.

Поред наведених врста рода *Phellinus* у последњих двадесетак година у свету је публикован велики број радова о могућности коришћења *P. pini* у медицинске сврхе.

Ова гљива је нашој стручној литератури веома мало проучавана, па смо желели да укажемо на њен значај, штете које изазива, као и на њена лековита својства.

2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Истраживања су вршена на територији Србије (изузев Косова и Метохије), у шумама на подручју Гоча, Сјенице, Власине и НП „Тара“. Одређивање врсте извршено је на основу изгледа плодноних тела (карпофора), типа трулежи и изгледа добијене чисте културе. Из трулих делова стабала извршена је изолација гљиве на одговарајућим хранљивим подлогама (PDA - кромпир декстроза агар; MEA - малц екстракт агар). Хранљиве подлоге су припремане према стандардним рецептима.

За испитивање ферментне активности гљиве коришћен је метод *B a v e n d a m a*, који је касније разрађен од Davidson, R.W. *et al.* (1938). Као подлога коришћен је малц агар коме је додавано 0,5% галне или танинске киселине. За оцењивање степена лучења оксидаза коришћени су: величина дифузионе зоне, боја и тон. Такође, према брзини раста колоније на подлози са додатком галне и танинске киселине одређено је којој групи гљива према кључу Davidson, R.W. *et al.* (1938), припада ова гљиве.

За испитивање утицаја температуре на пораст мицелије гљива постављен је оглед у политермостату на температурама 4, 5, 9, 15, 22, 25, 28, 30, 35 и 37°C. Испитивања су вршена на PDA и MEA подлози и пораст мицелије је праћен на 24 часа. Просечни дневни пораст је одређиван као средња вредност добијена мерењем два унакрсна пречника, који се секу под углом од 90°. Лековита својства гљива наведена су према доступној литератури.

За детерминацију врсте корисно су послужили и описи дати у публикацијама следећих аутора: Бондарцев, А. С. (1953); Breitenbach, J., Kranzlin, F. (1986); Караџић, Д. *et al.* (2016) и други.

3. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА И ДИСКУСИЈА

3.1. Род *Phellinus* QuéL.

(Kingdom FUNGI, Phylum *Basidiomycota*, Subphylum *Agaricomycotina*, Klasa *Agaricomycetes*, Red *Hymenochaetaes*, Fam. *Hymenochaetaceae*, Kirk P.M. *et al.*, 2008).

Карпофоре (плодоносна тела) вишегодишње (ређе и једногодишња), копитасте, конзоласте или у облику шкољке, седеће, обично са широком осовом, код неких врста прилегла уз супстрат или прилегла са одстојећим

крајевима, дебеле или танке, дрвенасте, кожасто-плутасте, или дрвенасто-плутаства. Површина плодносног тела са кором или без ње. Код врста са кором тамносмеђа до црна, риђа или океррђаста. Код врста без коре гола или длакава. Плодносна тела често браздаста, код старијих примерака радијално испуцала или испуцала налик на цреп. Хименофор изграђен из спојених цевчица. Цевчице у слојевима или нејасно слојевите (слојеви цевчица понекад одвојени слојем стерилног ткива). Поре су релативно ситне и округласте, жућкастосмеђа до пурпурносмеђа. Трама танка, жутосмеђа, црвенкастосмеђа или пурпурносмеђа, тврда (дрвенаста или плутаства). Систем хифа димитичан, псеудодимитичан или ређе мономитичан. Генеративне хифе најчешће хиалинске, танкозидне, уске, ретко мало шире, просто септиране, без везица („clamp-connexion“). Скелетне хифе дебелозидне, светло до тамносмеђе, нису разгранате или слабо разгранате, ретко преграђене. У зависности од врсте сеталне хифе присутне или одсутне. Хименијалне сете (стерилне, дебелозидне чекиње које се јављају и штрче из хименијума) присутне или одсутне. Базиди најчешће батинасти (или топузасти), на врху носе 4 (или ређе 2) базидиоспоре, најчешће без базалне везице. Базидиоспоре цилиндричне или округласте, са тањим или дебљим зидовима, хиалинске или благо обојене, неамилоидне (понекад декстроидне). Изоловане чисте културе ових гљива на подлогама са додатком галне и танинске киселине, показују позитивну оксидазну реакцију, тј. око инокулума се формира широка, тамносмеђа, непрозирна дифузиона зона.

Phellinus pini (Thore. Ex Fr.) Pilát.

(syn. *Porodaedalea pini* (Brot.: Fr.) Murrill)

Домаћини. Ова гљива се јавља као паразит на *Pinus* врстама. Gilbertson R.L. (1979) поред *Pinus* врста, као домаћине наводи и *Abies*, *Chamaecyparis*, *Larix*, *Libocedrus*, *Picea*, *Pseudotsuga*, *Taxus*, *Thuja* и *Tsuga*. Распрострањење. Европа, Северна Америка, Азија и Африка. У нашим шумама посебно је честа на црном бору, алепском бору и белом бору. У НП Дурмитор велике штете причињава на престарелим стаблима црног бора на локалитету „Црна пода“.

Макроскопске карактеристике. Карпофоре су вишегодишње (понекад могу опстати на стаблима и до 50 година), дрвенасте, копитасте до конзоласте, са горње стране рђастосмеђе или скоро црне (слике 1 и 2), зонирани и са концентричним браздама и радијалним пукотинама. Карпофоре се повећавају из године у годину, образовањем нових слојева хименофора и могу достићи димензије и преко 30 cm. Хименофор је састављен из цевчица. Поре су округласте, угласте или дедалоидне, 2-3/mm. Цевчице светло обојене, нејаснослојевите, сваки слој дебео до 6 mm. Трама је црвенкастосмеђа или жућкастосмеђа, плутаства, обично са једним или више танких, црних слојева.

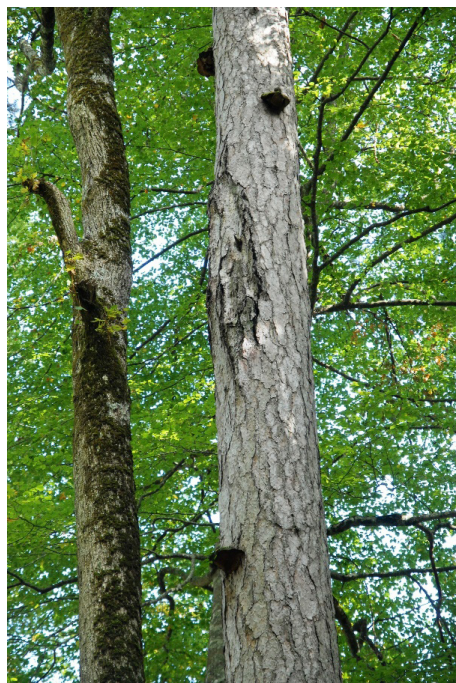
Микроскопске карактеристике. Базиди широко батинасти, са четири стеригмате, величине 12-14 x 5-6 μm . Базидиоспоре јајасте, хиалинске, глат-

ке, величине 4,5-7 x 3,5-5 μm . Чекиње („seta“) честе, према врху сужене и зашиљене (шиласте), величине 40-50 x 10-14 μm . У ткиву се јављају два типа хифа. Танкозидне хифе су хиалинске, понекад разгранате, пречника 2-3 μm , а дебелозидне хифе су ретко разгранате, пречника 3,5-7,5 μm .

Карактеристике колоније (чисте културе): Култура на хранљивим подлогама врло споро расте и после 6 месеци достиже пречник 5-8 cm, у почетку је бела, а касније постаје крем обојена или жућкаста. На подлогама са додатком галне и танинске киселине показује позитивну оксидазну реакцију. После 7 дана колонија гљиве на подлози са галном киселином не расте, а на подлози са танинском киселином само у траговима и на основу тога је, према кључу Davidson, R.W. *et al.* (1938), сврстана у 7. групу. Мицелија ове гљиве показује физиолошку активност у температурном дијапазону од 10 до 35°C, а оптимална температура за раст мицелије је између 20–27°C док на температурама 30–35°C престаје са растом.



Слика 1. *Phellinus pini*: карпофора на стаблу црног бора
Figure 1 *Phellinus pini*: conk (fruiting body) on a standing Austrian pine tree



Слика 2. *Phellinus pini*: карпофора на стаблу црног бора
Figure 2 *Phellinus pini*: conk (fruiting body) on a standing Austrian pine tree

Значај. Од свих гљива које се јављају на старим стаблима борова ова гљива има далеко највећи економски значај и често угрожава њихов даљи опстанак. Када је у питању црни бор напада углавном само стабла преко 100

година старости. Отпорност млађих борова се објашњава њиховом већом способношћу лучења смоле. Смола брзо затвара озлеђена места на кори и тиме се спречавају инфекције јер је онемогућен продор мицелије до дрвета. Уколико је дрво старије утолико је зараза лакша. Заразу остварују базидиоспоре које проклијају на каквом озлеђеном месту на кори. Преко оштећених ткива коре мицелија допире до дрвета, а затим се даље шири у правцу срчике. У почетној фази захваћени део срчике добија црвенкасту боју, чији се интензитет временом појачава, тако да заражено дрво на крају постаје загасито црвено. Напредовање мицелије иде брже по дужини него по ширини. Такође се показало да се мицелија брже развија у пролећном него у јесењем делу года. У првој фази заражена срчика садржи више смоле него обично и има нормалну тврдоћу. У даљем процесу настају промене карактеристичне за корозивну трулеж. У завршној фази долази до спајања појединачних јамица и до образовања већих шупљина (посебно у централном делу стабла), а пролећни део года у целој маси бива скоро потпуно разорен. Дешава се понекад да се натруло дрво распада у бела влакна. Према нашим запажањима процес трулежи у вертикалном правцу напредује око 15 cm годишње. Највише страдају доњи и централни део стабла. Када је трулеж захватила знатне делове срчике и на местима где је допрла до коре, образују се карпофоре гљиве. Сматра се да у моменту када се образују карпофоре од места на коме су се оне појавиле, срчика је већ захваћена трулежи на дужини од 1,5 до 3,5 m по дужини стабла. Практично од момента када се остваре прве инфекције па до тренутка када се почињу појављивати карпофоре протекне 10 до 20 година. У обрађеном дрвету гљива брзо изумире, те се сматра да се дрво може употребити ако се не тражи његова максимална отпорност. У почетној фази трулежи може се употребити у грађевинарству под условом да се смањи влага дрвета и изложи хемијском третману.

У свету се врсте рода *Phellinus* јављају на 287 биљних родова из више од 90 биљних фамилија. Најосетљивија је фамилија *Fabaceae* (32 врсте ове фамилије су домаћини *Phellinus* врстама), а затим према осетљивости следе фамилије: *Rosaceae*, *Myrtaceae*, *Cupressaceae*, *Caesalpiniaceae*, *Ericaceae*, *Euphorbiaceae*, *Lauraceae*, *Meliaceae*, *Pinaceae*, *Rubiaceae*, *Arecaceae*, *Fagaceae* и *Oleaceae*. До сада је у свету описано 310 врста овог рода, 6 подврста, 42 варијетета и 69 форми (Randive, K. et al., 2012).

Према Kirk, P.M. et al., (2008), овај род спада у фамилију *Hymenochaetales* Donk, ред *Hymenochaetales* Oberwinkler у оквиру класе *Agaricomycetes*. У оквиру фамилије *Hymenochaetales*, близак роду *Phellinus* је род *Inonotus* Karst., који се карактерише углавном једногодишњим, ређе и вишегодишњим плононосним телима (Караџић, Д., Миленковић, И., 2014).

Узимајући у обзир пораст броја врста у оквиру овог рода, као и забележене изразите разлике у погледу анатомске грађе, морфологије, еколошких особина и других карактеристика, више истраживања током прошлог века је указало да род *Phellinus* није хомоген, већ да се ради о скупу неколико блиско повезаних родова.

Према истраживањима Wagner, T., Ficher, M. (2001), на основу nLSU rDNA секвенцирања 43 различите врсте, извршена је ревизија реда *Hymenochaetales* и дефинисана је природна подела фамилије *Hymenochaetaceae* са посебним освртом на врсте у оквиру родова *Inonotus sensu lato* и *Phellinus sensu lato*. Наиме, представници рода *Phellinus sensu lato* су према овим истраживањима распоређени у оквиру шест мањих родова, укључујући *Phellinus sensu stricto* (представници: *P. hartigii* (Allesch. & Schnabl) Pat., *P. igniarius* и *P. pomaceus* (Pers.) Maire), *Porodaedalea* Murrill (представник: ***P. pini*** (Brot.) Murrill), *Fomitiporia* Murrill (представници: *F. punctata* (P. Karst.) Murrill и *P. robusta* (P. Karst) Fiasson & Niemelä), *Fuscoporia* Murrill (представници: *F. ferruginosa* (Schrad.) Murrill и *F. torulosa* (Pers.) T. Wagner & M. Fisch.), *Phellinidium* (Kotl.) Fiasson & Niemelä (представници: *P. ferrugineofuscum* (P. Karst.) Fiasson & Niemelä и *P. sulphurascens* (Pilát) Y.C. Dai) и *Phylloporia* Murrill (представници: *P. parasitica* Murrill и *P. ribis* (Schumach.) Ryvarden).

Током истраживања Караџић, Д. *et al.* (2016) у Србији и Црној Гори констатовали су 15 врста рода *Phellinus* и то: *P. conchatus*, *P. ferrugineofuscus*, *P. ferruginosus*, *P. hartigii*, *P. igniarius*, *P. nigricans*, *P. pini*, *P. pomaceus*, *P. punctatus*, *P. ribis*, *P. robustus*, *P. torulosus*, *P. tremulae*, *P. trivialis* и *P. viticola*.

Истражујући биокологију *P. pini* Парамонова, Т. А. (2015) установила је да појачана рекреативна активност човека у шуми повећава степен инфекције дрвећа. Поред тога инфекције су чешиће у старијим састојинама. Највећи број карпофора на стаблу налази се у средњем делу дебла (од 4 до 8 м) – у просеку 3,1 карпофора. На испитиваним стаблима (стабла са формираним карпофорама) просечна дужина дебла захваћеног трулежи је износила 10,69 м (45,76% од укупне дужине). Прираст инфицираних стабала смањен је за 28%.

Изглед карпофоре *P. pini* је веома разнолик. Могу бити копитасте, конзоласте, у облику чвора или чак спљоштене (уз супстрат). Веома су дуговечне па Вишневский, М., (2014) наводи да су нађене карпофоре старости више од 30 година.

3.2. Медицинска (лековита) својства *P. pini*

Хемијским анализама из карпофора ове гљиве изолован је велики број једињања: пет ароматичних кадинанских сесквитерпеноида, од којих су 4 нова, названа пинитерпеноиди (А, Б, Ц и Д), као и три позната лигнана, кампестерол, ергоста-7,24(28)-диен-3 β -ол, диоктил фталат, ергостерол пероксид, пинорезинол и 4-(3,4-дихидроксифенил) бут-3-ен-2-он, полисахариди EP-AV1 и EP-AV2 и пинилидин (Li, X. *et al.*, 2021; Devesi, E. *et al.*, 2019; Lee, S.M. *et al.*, 2010; Вишневский, М., 2014). Преглед најважнијих лековитих својстава приказан је у табели 1.

Табела 1. Медицинска својства гљиве *P. pini*
Table 1 Medicinal properties of *P. pini*

Гљива / Fungus	Биолошка активност / Biological activity	Био-активна компонента или део гљиве са лековитим својствима / Bioactive component or the part of a fungus with medicinal properties	Референце / References
<i>P. pini</i>	Хиполипидемијско и хипохолестеролемијско дејство	Метанолски екстракт	Im, K. H. <i>et al.</i> , (2018)
<i>P. pini</i>	Антивирусно (SARS-CoV-2)	Сесквитерпеноиди плодносног тела	Li, X. <i>et al.</i> , (2021)
<i>P. pini</i>	Антиоксидантско и цитотоксично дејство против рака дојке (MCF-7).	Метанолски екстракт (једињење 4-(3,4-дихидроксифенил) бут-3-ен-2-он и пинорезинол)	Deveci, E. <i>et al.</i> (2019)
<i>P. pini</i>	Цитотоксично дејство против DLD-1 (колоректални канцер)	Метанолски екстракт	Deveci, E. <i>et al.</i> (2021)
<i>P. pini</i>	Антивирусно дејство против херпес симплекс вируса 1 (HSV-1).	Полисахариди воденог екстракта топле воде	Lee, S.M. <i>et al.</i> (2010)
<i>P. pini</i>	Против гихта и бактерицидно дејство	Пинилидин	Вишневский, М. (2014)
<i>P. pini</i>	Алцхајнерова болест	Метанолски екстракти и екстракти топле воде	Im, K. H. <i>et al.</i> (2016)
<i>P. pini</i>	Имуномодулаторно дејство	Егзополимери растворљиви у води	Jeong, S.C. <i>et al.</i> (2004)

У својим *in vitro* и *in vivo* истраживањима Im, K. H. *et al.* (2018) проучавали су хиполипидемијски и хипохолестеролемијски ефекат гљиве *Phellinus pini* на пацове. Метанолски екстракт гљиве је показао инхибиторне активности на липазе панкреаса (99,14%) и на холестерол естеразу (67,23%) у концентracији 1.0 mg/mL. При концентracији од 2.0 mg/mL инхибирао је и активност α -глукозидазе (81,81%) и α -амилазе (55,33%). Храњење пацова плодносним телима гљиве изазива смањење гојазности, лошег холестерола, триглицерида и глукозе у крви. Добијени резултати показују да прашкасти облик плодносног тела може бити добро природно, профилактичко средства против хиперлипидемије и хиперхолестеролемије.

Епидемија COVID-19 изазвана вирусом SARS-CoV-2 довела је до великог броја истраживања за развој ефикасних инхибитора за блокирање интеракције шилака вируса SARS-CoV-2 и ангиотензин-конвертујућег ензима (ACE2) на мембрани људске ћелије. На овај начин се омета или блокира улазак вируса у ћелију. Хемијском анализом плодносних тела *P. pini* изоловано је пет ароматичних кадинанских сесквитерпеноида, од којих су 4 нова, названа пинитерпеноиди (А, Б, Ц и Д), као и три позната лигнана. Сви арома-

тични кадинански сесквитерпеноиди инхибирали су интеракцију шиљака SARS-CoV-2 - ACE2, са вредностима IC_{50} у интервалу од 64,5 до 99,1 μ M. Ови резултати су показали да ароматични сесквитерпеноиди *P. pini* могу бити корисни у развоју агенаса за сузбијање вируса SARS-CoV-2 (Li, X. et al., 2021).

Испитујући хемијски састав *P. pini*, Devesi, E. et al., (2019) изоловали су кампестерол, ергоста-7,24(28)-диен-3 β -ол, диоктил фталат, ергостерол пероксид, пинорезинол и 4-(3,4-дихидроксифенил) бут-3-ен-2-он. Кампестерол, диоктил фталат и 4-(3,4-дихидроксифенил) бут-3-ен-2-он први пут су изолована из *P. pini*.

Тестирали су антиоксидантске, антихолинестеразне и цитотоксичне активности против ћелија рака дојке (MCF-7). Највећа антиоксиданску и цитотоксичну активност показао је метанолски екстракт. Такође је утврђено да је једињење 4-(3,4-дихидроксифенил) бут-3-ен-2-он активно у свим антиоксидантским тестовима. Екстракт хексана ($38,15 \pm 1,50\%$) показао је највећу активност против ензима AChE (ацетилхолинестераза), док је екстракт ацетона ($48,75 \pm 0,13\%$) показао највећу активност према ензиму BChE (бутилхолинестераза). Пинорезинол има највећу цитотоксичну активност (IC_{50} : $21,08 \pm 1,01$ mg/mL).

Метанолски екстракт *P. pini* и изолована једињења из метанолног екстракта Devesi, E. et al., (2021) тестирали су на цитотоксичне активности против DLD-1 (колоректални канцер) као и утицај на ћелијску линију CCD-18Co. Цитотоксична активност на DLD-1 је смањена по следећем редоследу: метанолски екстракт > 4-(3,4-дихидроксифенил)бут-3-ен-2-он > пинорезинол > ергоста-7,24 (28)-диен 3 β -ол. Ови резултати показују да метанолски екстракт има значајну цитотоксичну активности против DLD-1 (колоректални канцер) што се може користити за даља истраживања која би могла довести до развој нових природних лекова у лечењу колоректалног карцинома.

Из воденог екстракта (топла вода) *P. pini* Lee, S.M. et al. (2010) изоловали су једињења EP-AV1 и EP-AV2. Установили су да су то полисахариди који се састоје од глукозе као главног остатка шећера, као и других споредних шећера, као што су галактоза, ксилоза и маноза. Представљају варијанте β -1,3-глюкана, са високим молекулским масама. Поред тога ови полимери садрже и до 10% фенолних једињења. Ови полисахариди су у даљим истраживањима показали антивирусну активност у односу на херпес симплекс вирус 1 (HSV-1).

Према наводима Вишневский, М. (2014) плоносна тела *P. pini* садржи дериват фенилпропаноида под називом пинилидин. Пинилидин инхибира ензим ксантин оксидазу који изазива кристализацију мокраћне киселине у зглобовима, што изазива гихтни артритис. Тренутно се развијају лекови против гихта на основу пинилидина. Присуство пинилидина је највероватније резултат потребе да се смањи производња заштитних супстанци дрвета домаћина, које оно производи као одговор на инфекцију гљиве у његова ткива. Поред тога, екстракт плоносних тела има бактерицидну активност.

Гљива *P. pini* коришћена је у народној медицина у азијским земљама за лечење канцера и гастроинтестиналних болести. Испитујући хемијски сас-

тав плодноносних тела методом течне хроматографије Im, K. H. *et al.* (2016) утврдили су присуство 11 фенолних једињења. Метанолски екстракти и екстракти топле воде показали су умерену ихнибицију ацетилхолинестеразе и бутирилхолинестеразе, сличну галантамину, стандардном леку који се користи за лечење раних стадијума Алцхајмерове болести.

Егзополимери растворљиви у води изоловани из мицелије *P. pini* показали су имуномодулаторну активност. Молекулска тежина ових полимера била је испод 5 кДа. Укупни садржај шећера био је 89,7%, а 10,3% (Jeong, S.C. *et al.*, 2004).

4. ЗАКЉУЧЦИ

На основи спроведених истраживања дошли смо до следећих закључака:

- *P. pini* је једна од најзначајнијих паразитних гљива које се јављају на старим стаблима борова и често пута угрожава њихов даљи опстанак. Када је у питању црни бор напада углавном само стабла преко 100 година старости. Отпорност млађих борова се објашњава њиховом већом способношћу лучења смоле;
- у почетној фази изазива црвену трулеж или црвену прстенасту трулеж срчике а у напредујућој и завршној фази назива белу цепну или корозивну трулеж. У овој фази када је дрво црвено, чврстоћа дрвета није значајније измењена па се може се употребити у грађевинарству под условом да се смањи влага дрвета и изложи хемијском третману. У обрађеном дрвету гљива брзо изумире, па се дрво може употребити ако се не тражи његова максимална отпорност;
- на подлогама са додатком галне и танинске киселине показује позитивну оксидазну реакцију. После седам дана на подлози са галном киселином гљива не расте, а на подлози са танинском само у траговима, па је на основу тога према кључу Davidson, R. W. *et al.* (1938), сврстана у 7 групу;
- култура на хранљивим подлогама врло споро расте и после 6 месеци достиже пречник 5-8 cm, у почетку је бела, а касније постаје крем обојена или жућкаста. Мицелија ове гљиве је физиолошки активна у интервалу од 10-35°C, док је оптимална температура за њен пораст 25°C;
- *P. pini* има лековита својства и може се користити као антивирусно средство (SARS-CoV-2 и херпес симплекс вирус 1), за смањење нивоа холестерола у крви, у лечењу рака дојке (MCF-7) и колоректалног канцера (DLD-1), против гихта и Алцхајмерове болести а поседује и антиоксидантско и имуномодулаторно дејство.

Напомена: Рај је реализован у оквиру Ујовора о финасирању научно-истраживачкој рада НИО у 2021, евиденциони бројеви 451-03-9/2021-14/200169 и 451-03-9/2021-14/200027 од 05.02.2021, које финасира Министарство просвете, науке и технолошкој развоја Републике Србије.

ЛИТЕРАТУРА

- Бондарцев, А.С. (1953): Трутовые грибы европеейской части СССР и Кавказа. Издательство АН СССР, (стр. 1-1106).
- Breitenbach, J., Kränzlin, F. (1986): Champignons de Suisse. Tome 2. Edition Mycologia, CH-6000 Lucerne 9, 1-412.
- Davidson, R. W., Campbell, W. A., Blaisdell, J. D. (1938): Differentiation of wood- decaying fungi by their reaction on gallic or tannic acid medium. Journal of Agricultural Research, Vol.57, no.9, Washington, 683-695.
- Денисова, Н.П. (1990): Лечебные свойства грибов. Этномикологический очерк. Издательство СПБГМУ, 59 с.
- Deveci, E., Tel-Cayan, G., Öztürk, M., Dur, M.E. (2019): Chemical constituents of *Porodaedalea pini* mushroom with cytotoxic, antioxidant and anticholinesterase activities. Journal of Food Measurement and Characterization, Vol.13, No 6, p.
- Deveci, E., Tel-Cayan, G., Karakurt, S., Dur, M.E. (2021): Cytotoxic Activities of Methanol Extract and Compounds of *Porodaedalea pini* Against Colorectal Cancer. International Journal of Secondary Metabolite, Vol. 8, No. 1, p.40–48.
- Gilbertson, R.L. (1979): The Genus *Phellinus* (Aphylophorales: Hymenochaetaceae) in Western North America. Mycotaxon 9, p.51-89.
- Im, K. H., Choi, J., Baek, S. A., Lee, T. S. (2018): Hyperlipidemic Inhibitory Effects of *Phellinus pini* in Rats Fed with a High Fat and Cholesterol Diet. Mycobiology, Vol. 6, No 2, p.159–167.
- Im, K. H., Nguyen, T.J., Kim, J.K., Choi, J., Lee, T. S. (2016): Evaluation of Anticholinesterase and Inflammation Inhibitory Activity of Medicinal Mushroom *Phellinus pini* (Basidiomycetes) Fruiting Bodies. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, Vol. 18, Iss 11, p. 1011-1022.
- Jeong, S.C., Cho, S.P., Yang, B.K., Jeong, Y.T., Ra, K.S., Song, C.H. (2004): Immunomodulating activity of the exopolymer from submerged mycelial culture of *Phellinus pini*. Journal of Microbiology and Biotechnology, Vol. 14, No. 1, p. 15-21.
- Караџић, Д., Миленковић, И., Радуловић, З., Милановић, С., Вемић, А. (2016): Најчешће *Phellinus* врсте у шумама Србије и Црне Горе. Шумарство, бр.1-2, УШИТС и Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Београд, (1-26).
- Караџић, Д., Миленковић, И. (2014): Најчешће *Inonotus* врсте у шумама Србије и Црне Горе. Шумарство бр. 3-4, Београд, 1-18.
- Караџић, Д., Радуловић, З., Миленковић, И. (2022): Неке честе лигниколне гљиве у шумама Србије и њихова лековита својства. Универзитет у Београду Шумарски факултет, Београд. (1-282).
- Kirk, P.M., Cannon, P.F., Minter, D.W., Stalpers, J.A. (2008): Dictionary of the FUNGI. 10th Edition, CABI International, Wallingford, Oxon, UK, 1-771.
- Lazarev, V. (2005). Šumska fitopatologija. Univerzitet u Banjoj Luci, Šumarski fakultet - Banja Luka, Banja Luka, str. 1-595.
- Lee, S.M., Kim, S.M., Lee, Y.H., Kim, W.J., Park, J.K., Park, Y.I., Jang, W. J., Shin, J.D., Synytsya, A. (2010): Macromolecules isolated from *Phellinus pini* fruiting body: Chemical characterization and antiviral activity. *Macromolecular Research*. Vol. 18, Iss. 6, p. 602–609.
- Li, X., Gao, J., Li, M., Cui, H., Jiang, W., Tu, Z. C., Yuan, T. (2021): Aromatic Cadinane Sesquiterpenoids from the Fruiting Bodies of *Phellinus pini* Block SARS-CoV-2 Spike-ACE2 Interaction. Journal of natural products, Vol.84, No 8, p.2385–2389.
- Парамонова, Т. А. (2015): Биоэкологичке аспекте влияния сосновой губки *Phellinus pini* (Brot.) Bondartsev & Singer на сосновые древостои. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук, Ульяновск, 1-24.
- Радуловић, З., Караџић, Д., Миленковић И., Младеновић, К., (2019): *Trametes versicolor* (L.:Fr.)Pit., *Schizophyllum commune* (Fr.) Fr. и *Sparassis crispa* (Wulf.: Fr.) Fr. – економски значај и лековита својства. Шумарство бр. 1-2, УШИТС и Универзитет у Београду Шумарски факултет, Београд, (стр.19- 36).

- Ranadive, K., Jagtap, N., Vaidya, J. (2012): Host diversity of genus *Phellinus* from world. *Elixir Appl. Botany* 52, p. 11402-11408.
- Вишневский, М. (2014): Лекарственные грибы. Большая энциклопедия. Издательство Эксмо Москва, (1-400).
- Власенко, В.А., Теплякова, Т.В., Мазуркова, Н.А., Косогова, Т.А., Бердашева, А.В., Псурцева, Н.В. (2012): Изучение противовирусной активности лекарственных грибов рода *Phellinus* s.l. в Западной Сибири. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета* № 4 (90), 29-31.
- Wagner, T., Fischer, M. (2001): Proceedings towards a natural classification of the worldwide taxa *Phellinus* s.l. and *Inonotus* s.l. and phylogenetic relationships of allied genera. *Mycologia* 94 (6), 998-1016.

Phellinus pini (THORE. EX FR.) PILÁT.: BIOECOLOGICAL CHARACTERISTICS, SIGNIFICANCE AND POSSIBLE USE FOR MEDICAL PURPOSES (MEDICINAL PROPERTIES)

Zlatan Radulović
 Dragan Karadžić
 Dušan Jovanović
 Ivan Milenković

Summary

Phellinus pini occurs as a parasite on *Pinus* species. Besides *Pinus* species Gilbertson R.L. (1979) lists *Abies*, *Chamaecyparis*, *Larix*, *Libocedrus*, *Picea*, *Pseudotsuga*, *Taxus*, *Thuja* and *Tsuga* as hosts. In our forests, it is particularly common on Austrian pine, Aleppo pine and Scots pine trees. Of all the fungi occurring on old pine trees, this fungus has by far the greatest economic significance and often threatens their survival. As to Austrian pine, it mainly attacks trees over 100 years old. The resistance of younger pines is explained by their greater ability to secrete resin. In the initial stage, it causes red rot or red ring rot of the heartwood, and in the advancing and final stages, white pocket or corrosive rot. In the stage when the wood is red, its strength has not changed significantly and it can be used for construction, provided that the moisture content is reduced and the wood has undergone chemical treatment. After the wood has been processed, the fungus dies out quickly, so the wood can be used unless its maximum resistance is required. According to our observations, the rotting process in the vertical direction advances about 15 cm per year. The lower and central tree portion suffers the most. When the rot has affected a considerable portion of the heartwood, carpophores form in the places where it has reached the bark. It is considered that by the time carpophores form, the rot has already affected 1.5 to 3.5 m of the heartwood, from the spot where they occur along the length of the tree. Virtually, it takes 10 to 20 years from the moment when the first infections occur to the moment when carpophores become visible. The fungus culture grows quite slowly on nutrient media and reaches a diameter of 5-8 cm in 6 months. At first, it is white, and later it becomes cream-coloured or yellowish. On media with the addition of gallic or tannic acid, it is oxidase positive. After 7 days on the medium with gallic acid, the fungal colony stops growing, while on the medium with tannic acid, it occurs only in traces. Based on this, it is classified in the 7th group according to the identification key of Davidson, R.W. *et al.* (1938). The mycelium of this fungus shows physiological activity at a temperature ranging from 10 to 35°C, and the optimal temperature for its growth is 25°C. The literature related to *Phellinus pini* fungus mainly stresses its harmful effect and the losses it causes to the forest economy. However, it should be noted that this fungus has medicinal properties. It can be used against viruses (SARS-CoV-2 and herpes simplex virus 1), to reduce blood cholesterol levels, and to treat breast cancer (MCF-7), colorectal cancer (DLD-1), gout, and Alzheimer's disease. It also has antioxidant and immunomodulatory effects.