

FAANYAGOK GOMBAÁLLÓSÁGÁNAK VÁLTOZÁSA ROSTIRÁNYÚ TÖMÖRÍTÉST ÉS TOVÁBBI MODIFIKÁCIÓS ELJÁRÁSOKAT KÖVETŐEN

CHANGES IN FUNGAL RESISTANCE OF WOOD AFTER LONGITUDINAL COMPRESSION AND FURTHER MODIFICATION PROCEDURES

Horváth Fruzsina¹, Bak Miklós¹, Báder Mátyás^{1*}

¹Faipari és Műszaki Intézet, Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar, Soproni Egyetem, Magyarország
<https://doi.org/10.47833/2021.2.ENG.003>

Kulcsszavak:

famodifikáció
politejsav
keménylombos faanyag
elektronmikroszkóp
biotikus károsítás
környezetbarát

Keywords:

wood modification
polylactic acid
hardwood
electron microscope
biotic damage
environmentally friendly

Cikktörténet:

Beérkezett 2021. aug. 31.
Átdolgozva 2021. szept. 10.
Elfogadva 2021. szept. 15.

Összefoglalás

A cikkben ismertetjük a rostirányban tömörített, továbbá hőkezeléssel, valamint tejsavas telítéssel modifikált faanyagok fehér- és barnakorhadást okozó gombafajokkal szembeni ellenálló képességét. Azon tejsavas bükk (*Fagus sylvatica*) minták ellenállóbbnak bizonyultak, melyeket telítést megelőzően tömörítettünk is. A modifikáción átesett kocsánytalán tölgy (*Quercus petraea*) minták mindegyike nagyobb gombaállóságot mutatott lepketaplóval (*Trametes versicolor*) szemben, mint a kezeletlenek.

Abstract

The paper describes the resistance of longitudinally compressed wood as well as heat-treated wood and wood impregnated with lactic acid to white and brown rot fungi. Beech (*Fagus sylvatica*) samples impregnated with lactic acid that were also compressed before impregnation proved to be more resistant. All modified sessile oak (*Quercus petraea*) samples showed greater fungal resistance to Turkey Tail (*Trametes versicolor*) than the untreated ones.

1. Bevezetés

A faanyagok biotikus károsítókkal szembeni ellenálló képessége fontos kérdés felhasználás során. Célunk az volt, hogy olyan környezetbarát, gombakárosítóknak ellenálló faanyag-modifikációs módszereket teszteljünk, melyekkel kiválthatóak a különféle ártalmas védőszeres kezelések. A rostirányú tömörítés egy termo-hidromechanikus eljárás, mely során a faanyag rostlágúvá tétele után a rosttengellyel párhuzamos nyomásnak tesszük azt ki, így a sejtek elcsúszhatnak egymáshoz képest, illetve sejtfaluk harmonika-szerűen gyűrődik [3][9]. A modifikációs kezelés végén egy megnövekedett sűrűségű, minden irányban könnyebben hajlítható környezetbarát anyagot kapunk [1]. Rostirányban tömörített faanyagok farontó gombákkal szembeni ellenálló képességét ismereteink szerint sem itthon, sem külföldön nem vizsgálták még. Ahhoz, hogy szélesebb körű képet kapjunk az így kezelt faanyagról, a vizsgálatokat kiegészítettük hőkezelt, valamint tejsavval telített mintákkal. Hőkezelés hatására negatív és pozitív változások is történnek a faanyagban. Javul

* Kapcsolattartó szerző. Tel.: +36 99 518 187
E-mail cím: bader.matyas@uni-sopron.hu

a faanyag ellenálló képessége a biotikus károsítókkal szemben, a kezelés folyamán végbemenő kémiai változásoknak köszönhetően [11]. Tejsavval történő telítésnek köszönhetően javul a faanyag dimenzió- és hőstabilitása [7][12]. Ezen kezelések is környezetbarát eljárásnak számítanak. A gombabontási vizsgálatokat fehér- és barnakorhasztó gombafajokkal végeztük el. Mindkét gombafaj bontja a lombos fafajokat. A fehérkorhadást okozó fajok a fa minden alkotóját károsítják, míg a barnakorhadást okozók a faanyagban található cellulózt és pentozánokat bontják le enzimeik segítségével. A lepketapló az erdei tuskókon, fatelepi rönkökön és beépített faanyagokon is megtalálható, a házi kéreggomba elsősorban a pincékbe, nedves helyekre beépített faanyagokat károsítja [8].

2. Anyagok és módszerek

2.1. Felhasznált fafajok

Mivel rostirányú tömörítéshez a magasabb sűrűségű lombos fafajok alkalmasak [1], a fő csoportok képviselőjeként szórtlikacsú közönséges bükköt (*Fagus sylvatica* L.) és gyűrűslikacsú kocsánytalan tölgyet (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) használtunk a vizsgálatok kivitelezéséhez, tűlevelűeket és lágylombosokat nem volt lehetőségünk gombabontás szempontjából tesztelni. Mindkét fafaj hazánkban elterjedt, közkedvelt keménylombos. A próbatesteket ugyanazon rönkből alakítottunk ki a laboratóriumi tömörítő-temperáló berendezéshez méretezve 200 × 20 × 30 mm-es méretűre (rostirány × sugárirány × húrirány; R × S × H). Az eljárás jó minőségű, egyenletes sűrűségű, rostkifutás- és göcsmentes alapanyagot igényel [13].

2.2. Tömörítés

A két fafaj előzetesen kimunkált próbatesteit -30 °C hőmérsékleten fagyasztóban tároltuk tömörítésig, hogy megőrizték nedvességtartalmukat. 45 perces telített vízgőzben [2] történő gőzölés után az előmelegített laboratóriumi tömörítő-temperáló berendezésbe helyeztük, ahol az Instron 4208 (Instron Corporation, USA) univerzális anyagvizsgálógép által biztosított 50 mm/perces előtolással rostirányban tömörítésre kerültek. A tömörítés folyamán a faanyag legalább 80 °C hőmérsékletűnek kell lennie, amit a fűtött berendezés biztosított. A tömörítést követte a fixálási folyamat (a minta összenyomott állapotban, állandó méreten tartása), mely során a faanyagban fellépő feszültségek fokozatosan csökkentek [3][5]. Kétféle fixálási időtartamot alkalmaztunk: a gazdaságossági szempontból előnyösebb 1 perc hosszúságút [3], valamint a 3 óra hosszúságút, melynek hatására a faanyag hosszirányban kevésbé rugózott vissza, kihűlés után jobban megtartotta alakíthatóságát [6]. Mindkét esetben a berendezésben maradt a próbatest a fixálás időtartama alatt. A tömörítést és fixálást követően a próbatestet klímakamrába kerültek, ahol 20 °C hőmérséklet és 65% páratartalom volt.

2.3. Hőkezelés

Klimatizált kezeletlen és tömörített, 1 perccel fixált próbatesteket hőkezeltünk 180 °C hőmérsékleten normál légköri körülmények között. A hőkezelés során először felfűtöttük 40 °C-ra a berendezést, majd 10 min/°C felfűtési sebességgel elértük a 180 °C hőmérsékletet, ahol 10 órán keresztül hőkezeltük a próbatesteket. A lehűlés lefutása 4 min/°C sebességű volt.

2.4. Tejsavval telítés

L(+) -tejsav 90%-os vizes oldatát mágneses keverővel vákuumszáritóban víztelenítettük 150 mbar vákuum alatt, 75 °C-on 175 RPM fordulatszám mellett 75 percig. Ezt követően oligomerizáltuk két lépésben a tejsav monomereket, azonos nyomáson és fordulatszám mellett először 100 °C-on 100 percig, majd 130 °C-on 160 percig. A tejsav oligomerbe belehelyeztük és lesúlyoztuk a kezeletlen és tömörített, 1 perccel fixált próbatesteket úgy, hogy mindenhol ellepte a telítőanyag, majd 100 mbar vákuum alatt, 90 °C-on 60 percig tartottuk őket a vákuumszáritóban. Ezt követte egy hirtelen nyomásnövelés. A kezelés utolsó lépése a sütés, mely folyamán a tejsav polimerizálódik a faanyagban. A telítőanyagból eltávolított, letörölt próbatesteket alumínium fóliába csomagolva szárítószekrénybe helyeztük 120 °C hőmérsékletre 360 percig.

2.5. Gombaállósági vizsgálat, gombák

A fent említett különböző kezelések után a próbatesteket normál körülmények között klimatizáltuk 20 °C-on, 65% páratartalom mellett. Az eredetileg 200×30×20 mm méretű (R × S × H), rostirányban tömörített és nem tömörített próbatestekből egyenként 3 darab 50×15×25 mm-es (R × S × H) mintát alakítottunk ki az MSZ EN 113 szabványnak megfelelően. A tejsavval kezelt próbatestek kiinduló keresztmetszete a korábbi kezelések következtében nem felelt meg a szabványban foglaltaknak. Ebben az esetben igyekeztük a lehető legnagyobb méretű mintákat kialakítani (36×12×20 mm; R × S × H).

A 16 hét időintervallumú gombaállósági vizsgálatokat az MSZ EN 113 szabvány szerint végeztük el fehérkorhasztó lepketaplóval (*Trametes versicolor* (L.) Lloyd) és barnakorhasztó házi kéreggombával (*Antrodia sinuosa* (Fr.) P. Karst). A mikrobiológiai táptalajon felszaporodott gombamicéliumos kolle-lombikokba üvegpálcákra ráhelyeztünk egy kezeléseken átesett mintát, valamint egy azonos fafajú kezeletlent (1. ábra). A mintákat minden esetben leszárítottuk előtte 103 °C hőmérsékleten abszolút száraz nedvességtartalmúra, ezzel fertőtleníttük őket. Az így elkészített lombikokat 22 °C-os, 70% páratartalmú inkubátorszekrénybe helyeztük a vizsgálat végéig.



1. ábra Lepketaplóra helyezett tejsavval telített (alul) és kezeletlen (felül) bükk minták alatt látható sárgás kondenzfolyadék

Mindkét gombafajon vizsgáltuk bükk és tölgy fafaj tömörített és 1 percet fixált; tömörített és 3 órát fixált; hőkezelt; hőkezelés előtt tömörített és 1 percet fixált mintáit. Bükk fafaj esetében tejsavval telített és tejsavval telítés előtt tömörített, majd 1 percet fixált mintákat is vizsgáltunk. A tölgy mintákon módszertani hiba miatt nem adott értékelhető eredményt a házi kéreggomba, így azt nem áll módunkban ismertetni. A gombabontási vizsgálatokat azonban fa- és gombafajonként elkülönítve végeztük és a többi csoport eredményeivel nem adódott probléma. Bemutatásra kerül tehát a következőkben a lepketapló és a házi kéreggomba hatása a bükk mintákra, valamint a lepketapló hatása a tölgy mintákra.

2.6. Elektronmikroszkópos vizsgálat

A gombaállósági vizsgálat után a faanyagba bejutó gombafonalak jelenlétét Hitachi S-3400N elektronmikroszkóppal vizsgáltuk (Hitachi, Japán). A Hitachi szoftver verziója 1.24 volt (sorozatszám: 340632-01), a képek felbontása 2560×1920 képpont. Az alkalmazott vákuum 60 mbar, az elektronsugár gyorsítófeszültsége 8 kV volt. A mintákat 10 mm detektortávolságból vizsgáltuk. Automatikus kontrasztot, valamint fényerőt és fókuszt használtunk a felvételek rögzítése előtt, alkalmanként manuális utánállítással tovább javítva a képminőségen.

2.7. Eredmények kiszámítási módja, képletek

A gombabontás mértékét (ML) százalékosan a tömegveszteségekből ($m/m\%$) kapjuk meg az (1) képlet alapján, mely az MSZ EN 113 szabványban található [9]:

$$ML = \frac{m_0 - m_{g0}}{m_0} \cdot 100 (\%) \quad (1)$$

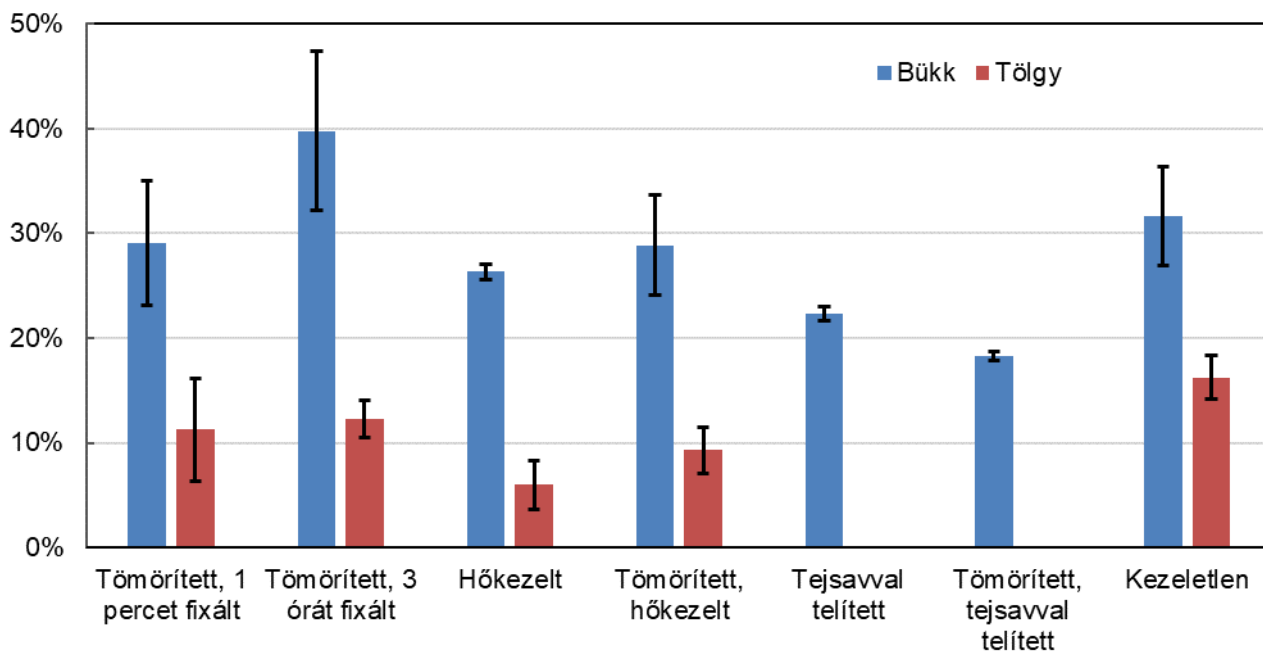
ahol m_{g0} a gombabontás utáni abszolút száraz tömeg; m_0 a gombabontás előtti abszolút száraz tömeg.

Az adatok értékelésénél fontos szempont volt a minták nedvességtartalma (MC) a vizsgálat során, melyet a (2) képletből számítottunk ki a minták gombabontás utáni nedves tömege (m_{gn}) segítségével:

$$MC = \frac{m_{gn} - m_{g0}}{m_{g0}} \cdot 100 (\%) \quad (2)$$

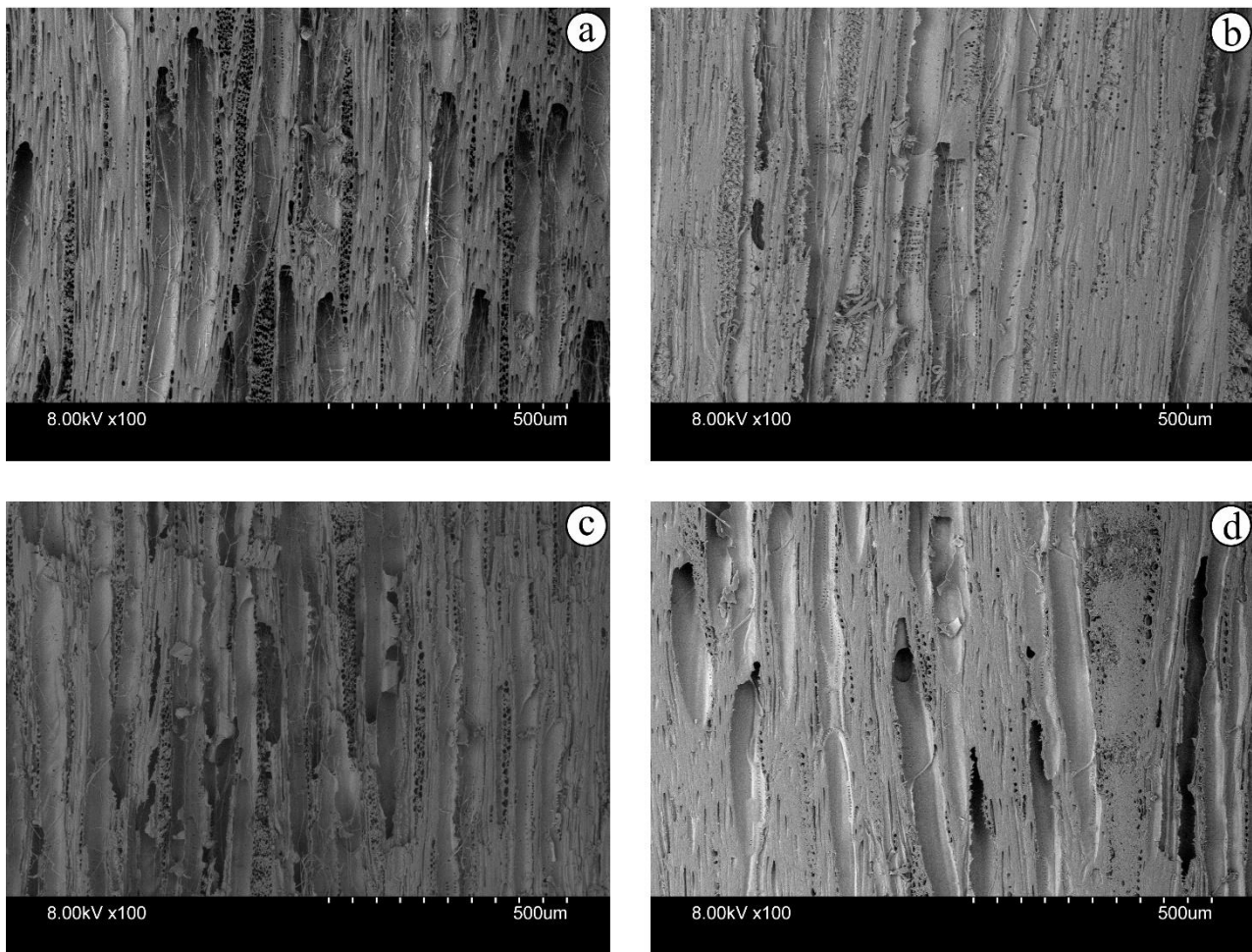
3. Eredmények, tárgyalás

A lepkeapló okozta fehérkorhadás hatására bekövetkező tömegveszteségek százalékos értékei fafajonként és kezelésenként láthatóak a 2. ábrán. A hőkezelt, a tejsavval telített, valamint a tejsavval való telítés előtt tömörített bükk minták tömegveszteségének átlaga kisebb a kezeletlen társaikénál, tehát ellenállóbbak a gombafajjal szemben.



2. ábra Bükk és tölgy minták tömegveszteségei lepkeapló bontása után

Elektronmikroszkópos vizsgálat során a tömörített és 1 percet fixált, valamint a tömörített és 3 órát fixált mintákban a kezeletlen mintához hasonló mennyiségű gombafonal volt látható. A hőkezelt mintákban kevés helyen, kis mennyiségben; míg a tejsavas kezelésnek alávetett mintákban egyáltalán nem volt látható gombafonal (3. ábra).



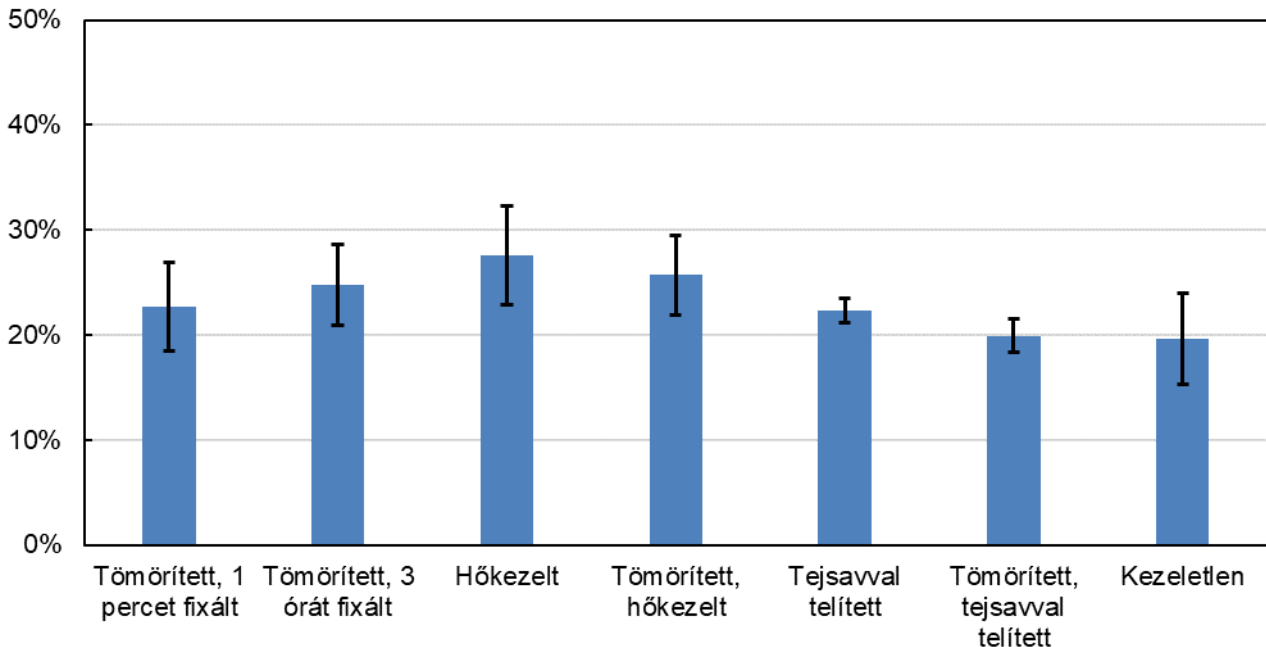
3. ábra Kezeletlen (a), tömörített és 1 percet fixált (b), tömörített-hőkezelt (c) és tömörített-tejsavval telített (d) bükk minták lepketapló bontása után sugár-rostirányú felületen készült pásztázó elektronmikroszkópos képe.

A tejsavas minták nedvességtartalma minden esetben a szabványban meghatározotton felüli volt (94,95%). A tejsav nem polimerizálódott 100%-ban [4], ezért maradtak a mintákban erősen hidrofil monomerek/oligomerek. A gombára helyezés utáni 2-4. héten sárgás kondenzfolyadék távozott belőlük, foltokban betérítve a gomba micélium felszínét (1. ábra), mely később felszívódott. A tejsavas minták ellenálló képessége tehát az által nőtt a gombakárosítókkal szemben, hogy azok nedvesség optimumát jelentősen felülmúlták, melynek jele a mintából távozó nedvesség is. A lombikon belül így kialakult inkubált környezetben viszont jobban tudott a lepketapló terjeszkedni a kezeletlen faanyagon, 36,36% tömegvesztést okozva, jóval az átlagos felett. A tömörített, 3 órát fixált bükk minták mutatkoztak a legkevésbé ellenállónak a károsítóval szemben, bár a tömegvesztési értéke szignifikánsan nem tér el a kezeletlenétől. Ennek oka a rostirányú tömörítés hatására létrejövő nagyszámú mikrorepedés és a megnövekedett sejtüregfelület lehet.

Bár a mikroszkópos vizsgálat során látszódtak gombafonalak az edényekben, a különféle módon kezelt tölgy minták mégis minden esetben nagyobb ellenálló képességet mutattak a kezeletlen mintákhoz képest. A magas extraktanyag tartalmáról ismert kocsánytalan tölgy jelentős részben a csersavtartalmának, valamint a tiliszesedett sejtüregeinek köszönheti jó időjárásállóságát. Az elvégzett kezelések közül a rostirányú tömörítés vélhetően a csökkent sejtüregátmérő miatti kiemelkedő tiliszes sejtüreg-eltömődések és a felszabadult plusz extraktanyagok okán javíthatja a gombával szembeni ellenálló képességet. A hőkezelés a redukált szénhidrátmennyiséggel képes rontani a biotikus károsítók életfeltételeit. A tömörített, 3 órát fixált tölgy minták bizonyultak a legkevésbé ellenállónak a kezelt minták közül, de ezek is nagyobb ellenálló képességgel rendelkeztek a kezeletleneknél. A hőkezeltékhez képest a tömörített-hőkezelt tölgy minták minimálisan gyengébb gombaállóságot mutattak. Ennek oka a hőkezelés és tömörítés közben

fellépő feszültségek összeadódása lehet, mely hatására a mikrorepedések száma növekedhetett, ezzel több fertőzési kaput hagyva a gombakárosítóknak. A másik ok a tömörítés közben felszabadult extraktanyagok részleges degradációja lehet a hőkezelési eljárás során.

Házi kéreggombán vizsgált bükk esetében bár a hőkezelt minták valamivel magasabb gombabontást szenvedtek el, jelentős különbséget mégsem tapasztaltunk a kezelt és kezeletlen minták tömegveszteségi értékei között (4. ábra).



4. ábra Bükk minták tömegveszteségei házi kéreggomba bontása után

A mikroszkópos vizsgálat során a tejsavval telített és a tömörített-tejsavval telített mintákban nem volt látható gombafonal. A házi kéreggombán végzett kezelések gombabontási vizsgálatairól elmondható, hogy minimálisan ellenállóbb az a tejsavval telített minta, amely a kezelés előtt tömörítésre került.

4. Következtetések

Környezetbarát eljárásokkal modifikált bükk és tölgy faanyagok gombaállóságát vizsgáltuk fehérkorhadást okozó gombafajon, illetve bükk minták gombaállóságát barnakorhadást okozón is. Célunk a mechanikai és fizikai tulajdonságokat megváltoztató modifikációs eljárások hatásvizsgálata volt a gombakárosítókkal szembeni ellenálló képességre (rostirányú tömörítés, hőkezelés és tejsavas telítés).

Tejsavval történő telítés előtt tömörítésen és 1 perces fixáláson átesett bükk faanyag lényegesen ellenállóbb a barnakorhasztó gombafajokkal szemben (gombabontás mértéke: 18,31%), mint tömörítetlen társaik (gombabontás: 31,62%). A hőkezelt, valamint a tejsavval telített minták szintén ellenállóbbnak bizonyultak. A tejsavval telített faanyag a hidrofíl molekulái miatt jelentős mennyiségű nedvességet köt meg (94,95%), amely felülmúlja a gombakárosítók nedvességoptimumát, így gátolva azok terjedését. A különféle módon kezelt tölgy minták mindegyike nagyobb ellenálló képességet mutatott a kezeletlenekhez képest. A hőkezelt tölgy minták mutatkoztak a legjobbnak gombaállóság szempontjából (5,98%). A tömörítés utáni hosszabb fixálási idő negatívan hat a gombákkal szembeni ellenálló képességre.

Köszönetnyilvánítás

Az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-20-1-I kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült. Pályázati azonosító: ÚNKP-20-1-I-SOE-9.

Irodalomjegyzék

- [1] Báder M (2015) A faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. I. rész: Az alapanyagok és előkészítésük, a tömörítés elmélete. FAIPAR 63(1): 1-9. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.1.8
- [2] Báder M, Németh R (2017) Faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei – 1. rész. Gradus 4(2): 403-411
- [3] Báder M, Németh R (2018) The effect of the relaxation time on the mechanical properties of longitudinally compressed wood. Wood Research 63: 383-398
- [4] Báder M, Németh R (2019) Hosszirányban tömörített faanyagok kezelése tejsavval. Gradus 6(3): 59
- [5] Báder M, Németh R (2020) Spring-back of wood after longitudinal compression. In: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 505, IOP Publishing Ltd, Hanoi, Vietnam, pp. 1-7. DOI: 10.1088/1755-1315/505/1/012018
- [6] Báder M, Németh R, Ábrahám J (2015) Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. II. rész: Történelem és szabadalmak. A tömörítési folyamat tulajdonságai és a tömörítést követő eljárások. FAIPAR 63(1): 17-19. DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.1.13
- [7] Grosse C, Grigsby WJ, Noël M, Treu A, Thévenon MF, Gérardin P (2019) Optimizing chemical wood modification with oligomeric lactic acid by screening of processing conditions. Journal of Wood Chemistry and Technology 39(6): 385-398. DOI:10.1080/02773813.2019.1601739
- [8] Gyarmati B, Igmándy Z, Pagony H (1975) Faanyagvédelem. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- [9] MSZ EN 113:2001 (2001) Faanyagvédő szerek. A farontó bazídiumos gombák elleni megelőző hatásosság meghatározásának vizsgálati módszere. A hatásosság határértékének meghatározása.
- [10] Navi P, Girardet F (2000) Effects of thermo-hydro-mechanical treatment on the structure and properties of wood. Holzforschung 54(3): 287–293.
- [11] Németh Róbert (2009) Faanyagok modifikációja 6; Faanyagok módosítása hőkezeléssel – kémiai változások a faanyagban a hőkezelés hatására. Oktatási segédanyag, Szárítás és modifikáció tantárgy.
- [12] Noël M, Grigsby WJ, Volkmer, T (2015) Evaluating the extent of bio-polyester polymerization in solid wood by thermogravimetric analysis. Journal of Wood Chemistry and Technology, 35(5): 325-336. DOI: 10.1080/02773813.2014.962154
- [13] Szabó I (2002) A fa hajlítása. Faipari kézikönyv II. (szerk. Molnárné Posch P.), Faipari Tudományos Alapítvány, Sopron