

Doktori (PhD) értekezés tézisei

**NÖVÉNYI OLAJOKBAN HŐKEZELT NYÁR
FAANYAG TULAJDONSÁGAINAK VIZSGÁLATA**

Bak Miklós

Nyugat-magyarországi Egyetem
Faipari Mérnöki Kar
Sopron
2012

Doktori (PhD) értekezés tézisei
Nyugat-magyarországi Egyetem, Faipari Mérnöki Kar
Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskola
Vezető: Dr. Tolvaj László DSc.

Doktori program: Faanyagtudomány
Programvezető: Dr. Molnár Sándor DSc.

Tudományág:
Anyagtudományok és technológiák

Témavezető:
Dr. habil. Németh Róbert

1. Bevezetés és célkitűzés

A különböző hőkezelő eljárások lehetőséget teremtenek olyan fajok felhasználhatóságának növelésére, amelyeket a mai napig csak szűk felhasználási területen alkalmaznak. Magyarországon elsősorban a különböző ültetvényes fajok sorolhatók ide, mint például az akác (*Robinia pseudoacacia*) és a különböző nemesnyár fajták (*Populus × euramericana*). Különösen ez utóbbiak érdemelnek nagyobb figyelmet, hiszen nagy mennyiségben állnak rendelkezésre, felhasználásuk azonban csak néhány területre korlátozódik (elsősorban láda- és raklapgyártás, rétegeltlemez gyártás, farost- és forgácslapgyártás, fatömegcikkek). Tulajdonságaik javításával azonban felhasználási területük bővíthet, értékesebb faanyagok kiváltására is alkalmassá válhatnak. Dolgozatom témájául éppen ezért választottam a hazai nyártermesztésben talán legfontosabb Pannonia-nyár (*Populus × euramericana* cv. Pannonia) faanyagának nemesítését növényi olajokban végzett hőkezeléssel. A különböző olajok vizsgálatát az indokolja, hogy a faanyagban rendkívül változatos kémiai átalakulások mennek végbe az eljárás során. Ezekkel kapcsolatban felmerült, hogy a részben eltérő kémiai összetételű olajok eltérő módon befolyásolhatják őket.

A faanyagok különböző módokon végzett hőkezelésével kapcsolatos szakirodalom részletes és átfogó képet nyújt az egyes hőkezelő eljárások faanyagra gyakorolt hatásáról, azonban több előnyös tulajdonsága ellenére feltűnően kevés információ áll rendelkezésre a faanyagok növényi olajban végzett hőkezelésével kapcsolatban. Ez azért is érdekes, mert az eljárás ipari alkalmazása is megvalósult már Németországban. A rendelkezésre álló kevés irodalmi adat és az alább részletezett előnyös tulajdonságok indokolták, hogy ezt az eljárást válasszam dolgozatom témájául. Az eljárás egyik fő előnye, hogy rendkívül intenzív, és ennek köszönhetően gyors eljárásról van szó. A különböző irodalmakban említett, és az iparban alkalmazott más eljárások egyaránt hosszú lefolyású felfűtési és hűtési ciklusokat alkalmaznak, az általam alkalmazott eljárás során azonban a faanyag közvetlenül a forró olajba kerül, majd onnan hűtés nélkül kerül ki szobahőmérsékletre. A hosszú felfűtési és hűtési ciklusokat a faanyag kímélése miatt alkalmazzák, hogy elkerüljék a repedések kialakulását, valamint a különböző deformációkat. Nyár faanyagnál, annak egyenletes szövetszerkezete, magas pórusterfogata miatt nem szükséges a fent említett ciklusok alkalmazása, mivel tapasztalataim alapján semmilyen károsodás nem jelentkezik. Fent említett okoknak köszönhetően a hőkezelés teljes ideje jelentősen lerövidíthető. A választott eljárás további előnye, hogy folyamatos üzem alkalmazása esetén a fűtőközeg és annak hője újrahasznosítható, így nem szükséges a teljes felfűtés minden ciklus során,

elegendő az olaj folyamatos hőntartása. Más eljárásoknál a fűtőközeg és hője minden ciklus végén elveszik.

A megfelelő felhasználási területek kiválaszthatóságának érdekében, a dolgozat keretein belül olyan tulajdonságok vizsgálatát helyeztem előtérbe, amelyek ezt a későbbiekben elősegítik. Természetesen szükséges a különböző szilárdsági jellemzőkre gyakorolt hatás feltárása, valamint a színjellemzők változásának leírása. Ezen információk ismeretében a műszaki illetve az esztétikai felhasználás alapjai biztosítottak. Faanyagról lévén szó mindenképpen szükséges a vízzel szembeni jellemzők részletes feltárása. A hőkezelő eljárások egyik alapvető célja minden esetben, hogy javítsa a gombakárosítókkal szembeni tartósságot, így érintőlegesen ennek vizsgálatát is elvégeztem. Mivel felhasználási területként elsősorban kültéri alkalmazások jöhetnek szóba, fontosnak tartottam kültéri kitettség vizsgálatok elvégzését. A dolgozat tehát egy átfogó képet nyújt a növényi olajokban hőkezelt nyár faanyag fontosabb tulajdonságairól. Ennek szükségességét az indokolja, hogy a hőkezelés megváltoztatja a faanyag kémiai felépítését, ezáltal egy teljesen új anyaggal állunk szemben. A növényi olajokban végzett hőkezelésekre, ezen belül is a nyárra vonatkozó eredmények meglehetősen ritkák. Ennek megfelelően, az általam feltárt eredmények hasznosak lehetnek a későbbiekben, a gyakorlati felhasználás elősegítésében. Konkrét felhasználási példák kidolgozására, termékek tervezésére nem kerül sor, de a bemutatott eredmények ezt már lehetővé teszik a későbbiekben.

2. Felhasznált anyagok és módszerek

A vizsgálatokhoz Pannónia nyár (*Populus × euramericana* cv. Pannónia) faanyagot használtam, amelyet a Kisalföldi Erdőgazdaság kapuvári fűrészüzeméből szereztem be. A hőkezelt próbatestek 50mm vastag szélezetlen pallókból készültek. A pallókból előzetes szárítás után alakítottam ki a próbatesteket, így a hőkezelés előtt a kezdeti nedvességtartalom $10\pm 2\%$ volt. A kiindulási próbatestek mérete a berendezés méretéhez igazodva $18\times 40\times 220$ mm volt, amit a hőkezelés után daraboltam tovább a különböző vizsgálatoknak megfelelő méretekre. Minden menetrend során egyszerre 20 kiindulási próbatest kezelésére volt lehetőség. Az egyes menetrendekhez úgy válogattam össze a kiindulási próbatesteket, hogy több feldolgozott palló anyaga kerüljön minden menetrendbe, ezáltal az eredmények a törzsek közti változatosságot is magukban foglalják.

A vizsgálatok során háromféle olajat alkalmaztam hőkezelő közegként. A különböző olajok alkalmazásának célja, hogy kiderüljön, befolyásolja-e az olaj fajtája a hőkezelés végeredményét. Éppen ezért három különböző típusú olajat választottam a vizsgálathoz. A lenolaj beszáradó (linolensav csoport), a napraforgó olaj félig beszáradó (linolsav csoport), míg a repceolaj nem- vagy gyengén beszáradó olajként (erukasav csoport) jellemezhető. Alkalmazásukat az is indokolja, hogy mindhárom könnyen beszerezhető, általánosan alkalmazott növényi olaj. A lenolajat már régóta alkalmazzák a faiparban felületkezelési célokra, a napraforgóolajnak elsősorban étkezési felhasználása ismert, a repceolajat pedig elsősorban bioüzemanyag (biodízel) előállítására használják.

Irodalmi adatok, valamint saját előkísérletek alapján, kétféle hőmérsékleten végeztem a kezelést. A 160°C -os hőmérsékletet az indokolja, hogy ez alatt nem hajtható végre hatékonyan a hőkezelés, vagyis ez tekinthető egyfajta alsó határnak. A 200°C -os hőmérsékletet jelölik meg általában a gombaállóság hatékony növelésére alkalmas alsó határként, a szilárdságok azonban efelett túlzott mértékben csökkenhetnek, ami a nyár faanyag amúgy is csekély szilárdsági értékeit figyelembe véve, nem lenne szerencsés. Három kezelési időt alkalmaztam (2, 4 és 6 óra), így ezek variációjaként, figyelembe véve a három különböző olajfajtát, 18 menetrend, illetve kezelési metódus alakult ki (1. táblázat).

1. Táblázat Alkalmazott hőkezelő menetrendek

Olaj	Napraforgó						Len						Repce					
T [°C]	160			200			160			200			160			200		
Idő [h]	2	4	6	2	4	6	2	4	6	2	4	6	2	4	6	2	4	6

A próbatestek a kezelések során közvetlenül a forró olajba kerültek, majd a kezelési idő lejártával normál klímán tároltam őket (T=20°C; φ=65%). A statikus mechanikai vizsgálatokhoz (rostírányú nyomó- és húzószilárdság, hajlítósilárdság) Instron 4208 típusú általános anyagvizsgáló gépet használtam, a dinamikus hajlítóvizsgálathoz Charpy-féle ütőművet (100 Joulos). A színjellemzők vizsgálata a CIELab színrendszerben történt, Konica Minolta CM-2600d típusú spektrofotométerrel.

Vizsgáltam a hőkezelés sűrűsége és fa-víz kapcsolatokra (dagadás, egyensúlyi nedvesség, párafelvételi jellemzők) gyakorolt hatását. Meghatároztam a hőkezelés okozta, valamint a kültéri kitettség során bekövetkezett színváltozásokat a CIELab színrendszerben. Meghatároztam továbbá a hőkezelés gombaállóságra gyakorolt hatását a fehérkorhasztó kései laskagombával (*Pleurotus ostreatus*) és a vöröskorhasztó házi kéreggombával (*Poria placenta*) szemben.

A vizsgálatokat a vonatkozó szabványok szerint hajtottam végre, amennyiben az adott vizsgálatra kidolgozásra kerültek.

3. Az eredmények összefoglalása

A hőkezelés hatására, a faanyagban lejátszódó különböző folyamatokra, átalakulásokra minden paraméter jelentős hatással van, ezért szükséges minden esetben a faanyagjellemzők pontos feltárása. Az általam alkalmazott eljárás során a levegő oxigénjének kizárása a hőátadó közeg jellegéből adódóan megoldott volt.

A faanyag mechanikai jellemzői szoros összefüggésben állnak a sejtfalat alkotó fő összetevők minőségi és mennyiségi összetételével, illetve a struktúrával. Ez az összetétel és struktúra azonban megváltozik az alkalmazott magas hőmérséklet hatására. Bár ez a változás többnyire roncsolódást jelent, a mechanikai jellemzők mégsem mutatnak minden esetben egyértelmű csökkenést, ellenkezőleg, gyakran egyes mechanikai jellemzők javulása tapasztalható. Ilyen például a rostirányú nyomószilárdság, valamint a hajlítószilárdság is kismértékű növekedést mutatott 160°C-os kezeléseket követően. A rostirányú húzószilárdság, valamint a dinamikus hajlítószilárdság ezzel szemben egyértelműen csökkent.

A faanyag tömegcsökkenése általában fontos tényező a hőkezelő eljárások hatékonyságának megítélése során. Az általam alkalmazott hőkezelési mód során azonban ennek meghatározása több okból kifolyólag nem volt lehetséges, köszönhetően az olajfelvételnek, amelynek mennyisége nem határozható meg pontosan, hiszen egy időben játszódik le a tömegveszteséggel. A vizsgálatok eredménye azonban rámutatott, hogy nyár faanyag esetében a 160°C-os hőkezelések során jelentős olajfelvétel történik, míg a 200°C-os kezeléseket során az olajfelvétel ehhez képest kismértékű. Az eltérő olajfelvételnek köszönhetően az alacsonyabb hőmérsékleten hőkezelt faanyag légszáraz sűrűsége jelentős növekedést mutat, a magasabb kezelési hőmérséklet azonban nem módosította a sűrűséget.

A faanyag vízzel való kapcsolatáról régóta ismert, hogy a sejtfalalkotó óriásmolekulák felszínén található hidroxil-csoportok felelősek a víz megkötéséért. Az általam alkalmazott hőkezelő eljárás minden esetben jelentősen csökkentette a faanyag vízfelvételét, ami minden vizsgált klímaállapot mellett be is bizonyosodott, az egyensúlyi nedvességtartalmak csökkenése által. A nedvességfelvétel mérséklődéséből következik, hogy a hőkezelt faanyag dagadása is jelentősen csökkent mind húr, mind pedig sugárirányban, ami természetesen a dimenzióstabilitás növekedését eredményezte. A húrirányú dagadás csökkenésének mértéke meghaladta a sugárirányúét. Ennek megfelelően a hőkezelés kismértékben csökkentette ugyan a dagadási anizotrópiát, azonban nem szüntette meg a jelenséget. Bár

a dagadás mértéke minden esetben alacsonyabb volt a hőkezelt faanyagoknál, az 1%-os nedvességtartalom változásra jutó méretváltozási % (a dagadási együttható) nem változott a hőkezelés hatására.

A faanyag felhasználása során nagyon ritka, hogy állandó klimatikus viszonyok állnak fenn a felhasználás helyén. Épp ellenkezőleg, a beépített faanyag környezetében többnyire folyamatosan változik a klímaállapot, és ez a változás gyakran rövid idejű, ciklikus. Az alkalmazott hőkezelő menetrendek mindegyike csökkenti a nedvességfelvétel sebességét, és az egyensúlyi nedvességtartalmat. Ennek megfelelően adott idő alatt kevesebb nedvességet vesz fel a hőkezelt faanyag, mint a természetes. Ez a csökkenés azonban csak látszólagos, mivel az egyensúlyi nedvességtartalmat ugyanannyi idő alatt éri el az általam vizsgált összes hőkezelt és természetes nyár faanyag. Eszerint a faanyag telítődésének sebességét nem csökkenti a hőkezelés, a látszólagos csökkenést a nedvességfelvétel sebességében a víz megkötésére alkalmas pontok (funkciós csoportok) számának csökkenése okozza. Ez az eredmény rámutat arra, hogy a hőkezelés hatására a faanyagoknak csupán a víztároló kapacitása csökken, vízfeltevő képessége nem.

A faanyag fő alkotóinak módosulása jelentős hatással van a színre is. A nyár faanyag hőkezelése minden esetben jelentős színváltozást eredményezett, ami elsősorban a faanyag színének sötétedésében mutatkozott meg. A természetes állapotában nagyon világos, sárgásfehér színű nyárfa színezetében a hőkezelések hatására jelentősen erősödött a vörös színezet, valamint az eredetileg is nagyobb mértékben jelen lévő sárga színösszetevő is. Ennek megfelelően a faanyag színtelítettsége is nőtt, elsősorban az alacsonyabb kezelési hőmérsékleten. Ezzel párhuzamosan megjelent a nyár faanyag eredetileg alig észrevehető, finom rajzolata, ami tovább növelte az esztétikai értéket. A hőkezelt nyár faanyag, a színe alapján minden esetben jól elkülöníthető a természetes faanyagtól, hiszen a teljes színváltozás jelentős volt.

A hőkezelés egyik fontos célja, hogy a kültéri alkalmazási területeken hasznosítható faanyagot kapjunk, mindemellett sok esetben nagy jelentősége van a színnek is. Az, hogy az egyébként jellegtelen, homogén megjelenésű nyár faanyagnál elért színbeli, esztétikai javulás megőrizhető-e, befolyásolhatja a felhasználás módját. A kültéri kitétségek során egyöntetű tapasztalat volt minden kihelyezett faanyagnál, hogy jelentősen sötétedett a vizsgálat 3 éve alatt. A különbözőképpen hőkezelt és természetes nyár faanyagok vörös és sárga színösszetevője egyaránt jelentősen csökkent, ami megfelel a faanyagok színében kültéri kitétségek során általában tapasztalható beszűkülés jelenségének. Ennek megfelelően a színtelítettség is jelentősen csökkent. A teljes színváltozás mértéke eltérő volt az egyes hőkezeléseknél.

Összességében a hőkezelt nyár faanyagok színe nem mondható tartósabbnak a kezeletlenénél, mivel a színváltozás azonos idő alatt végbemegy minden esetben, a különböző menetrendekkel hőkezelt nyár faanyagok éppúgy beszürkülnek, mint a kezeletlen, vagyis a nyár faanyag kültéri színtartóssága nem változik a hőkezelés hatására. Bár a színtartósság nem javul, a 200°C-on hőkezelt faanyagok kezeletlen faanyaghoz képest kisebb teljes színváltozása mindenképpen előnyös a kültéri felhasználás során, a 160°C-os kezelés azonban egyértelműen hátrányos ilyen tekintetben, hiszen a teljes színváltozása ezeknek a faanyagoknak nagyobb, mint a természetes nyár anyagé.

A gombaállóság nyár faanyag hasznosításánál általában problémát jelent, hiszen a legkevésbé tartós faanyagok közé tartozik, a legtöbb gomba- és rovarkárosító megtámadja a faanyagot. Az általam vizsgált egy-egy fehér- és barnakorhasztó gombafajjal szemben eltérő volt az ellenálló képessége a nyár faanyagnak. Mindkét gombafaj esetében kijelenthető azonban, hogy a 160°C-os kezelések nem javították a gombaállóságot, sőt, még a 200°C-on 2 órán át végzett kezelés sem javította azt. Jelentős, 30-35%-os javulást egyedül a két legintenzívebb menetrenddel (200°C, 4 és 6 óra) lehetett csak elérni mindkét gombafajjal szemben.

A hőkezelő közegként alkalmazott olaj fajtája nem volt hatással a vizsgált jellemzőkre. Ez alapján egyéb tényezők figyelembe vétele szükséges a felhasználandó olaj kiválasztásához. Legfontosabb tényezők az ár illetve a beszerzési lehetőségek lehetnek, amelyek mindenkor alakulása alapján eldönthető, hogy melyik olaj alkalmazása célszerű gazdaságossági szempontból. A hőkezelt anyag további feldolgozása, valamint a belőle készült termékek felhasználása során nem szerencsés, ha folyékony halmazállapotú olaj van a felületen, ezért fontos tényező az alkalmazott olaj száradó képessége. Ez alapján egyértelműen a lenolaj részesítendő előnyben, mivel ez kifejezetten beszáradó olajfajta, míg a napraforgóolaj félig-, a repceolaj pedig gyengén beszáradó. Ha a hőkezelt faanyagból lakóköznyezetbe, vagy annak közelébe kerülő termékek készülnek, fontos lehet a szag is, ami a lenolaj alkalmazását korlátozhatja, annak kellemetlen, erős szaga miatt. Kültéri felhasználás során a hőkezelés okozta szag rövid időn belül elmúlik.

4. Az értekezés tézisei

1. Vizsgálataimmal igazoltam, hogy a mechanikai jellemzők, a sejtfalalkotók roncsolódása ellenére, nem minden esetben csökkentek Pannonia nyárnál. A rostirányú nyomószilárdság az alkalmazott menetrendtől függően 15-25%-kal nő a hőkezelés hatására. A hajlítószilárdság szintén 5-10%-kal növelhető 160°C-os kezelési hőmérsékleten, 200°C-os kezelési hőmérsékletet alkalmazva azonban 5-20%-kal csökken. A rostirányú húzószilárdság 15-55%-kal, a dinamikus hajlítószilárdság 10-55%-kal csökkent az alkalmazott menetrendtől függően. A nyomószilárdság egyértelmű növekedése azzal magyarázható, hogy azt elsősorban a lignin jellemzői határozzák meg, amely viszonylag stabil hővel szemben, így jelentős roncsolódás nem történik a szerkezetében, ezért érvényesülni tud az egyensúlyi nedvességtartalom csökkenésének szilárdságnövelő hatása. A másik három szilárdsági jellemző elsősorban a poliózok és a cellulóz állapotától függnnek, amelyek jelentősebb roncsolódása ellensúlyozza a nedvességtartalom csökkenésének pozitív hatását.
2. Kísérletileg igazoltam, hogy a növényi olajokban végzett hőkezelés minden klímaállapot mellett alacsonyabb egyensúlyi nedvességtartalmat biztosít a Pannonia nyár faanyagának. A növényi olajokban végzett 160°C-os kezelések klímaállapottól függetlenül 40-50%-kal, míg a 200°C-os kezelések 50-60%-kal csökkentik az egyensúlyi nedvességtartalmat. Így a hőkezelt Pannonia nyár egyensúlyi nedvességtartalma az alkalmazott hőkezelő menetrendtől függően 4-6% közötti értékre csökken normál klímán ($T=20^{\circ}\text{C}$; $\varphi=65\%$).
3. Feltártam, hogy a növényi olajokban végzett hőkezelés jelentősen csökkenti a Pannonia nyár faanyag dagadását. Az alkalmazott menetrendtől függően a hűrirányú dagadás 30-45%-kal, a sugárirányú dagadás 20-40%-kal csökkent. Az eredmények igazolták, hogy a dagadási anizotrópia kismértékben csökkent ugyan, de nem szűnt meg. A Pannonia nyár dagadási együttthatójára nem volt hatással a növényi olajokban végzett hőkezelés.

4. Megállapítottam, hogy a növényi olajokban végzett hőkezelés látszólagosan csökkenti a nedvességfelvétel sebességét Pannonia nyár faanyagánál. Ennek alátámasztására bevezettem az egyensúlyi nedvességtartalom (ENT)-hányados fogalmát, amely megadja, hogy a faanyag nedvességtartalma abszolút száraz állapotról indulva, állandó klímaállapot mellett, egy adott időpontban, hány százaléka az adott klímaállapothoz tartozó egyensúlyi nedvességtartalomnak. Az ENT-hányados meghatározása a következő összefüggéssel lehetséges:

$$S_{ENT} = \frac{U_T}{U_{ENT}} \cdot 100[\%]$$

ahol: S_{ENT} : ENT-hányados [%]
 U_T : adott időponthoz tartozó nedvességtartalom [%]
 U_{ENT} : ENT normál klímán ($T=20^{\circ}\text{C}$; $\varphi=65\%$) [%]

Vizsgálataimmal igazoltam, hogy a kezeletlen és a növényi olajokban hőkezelt Pannonia nyár faanyagok ENT-hányadosa az egyensúlyi nedvességtartalom eléréséig végig egyenlő, vagyis az egyensúlyi nedvességtartalmat azonos idő alatt éri el. Ebből következik, hogy a relatív nedvességfelvételi sebesség azonos, vagyis a hőkezelés hatására csak a víztároló kapacitása csökken a faanyagban, a víztároló képessége nem. Ez alátámasztja azt a feltevést, amely szerint a nedvességfelvétel mérséklődése legfőképpen a víz megkötésére alkalmas funkciós csoportok számának csökkenéséből következik.

5. Kimutattam, hogy a növényi olajokban végzett hőkezelés, a kezelési paramétereiktől függően jelentősen csökkenti a Pannonia nyár faanyag világosságát ($\Delta L^*=15-45$), valamint növeli a vörös ($\Delta a^*=5-10$) és a sárga ($\Delta b^*=4-15$) színezetet. A kezelés hőmérsékletének és idejének növelésével a színtelítettség egyre kisebb mértékben növekszik ($\Delta C^*=5-18$). Ezzel szemben a teljes színváltozás egyenletesen növekszik a kezelési idő és hőmérséklet emelésével ($\Delta E^*=20-45$). Mivel a természetes nyár faanyagok alig tartalmaznak járulékos anyagokat, így a színváltozás elsősorban a hemicellulózok degradációjának, valamint a keletkező degradációs termékeknek köszönhető.

6. Kültéri kitétségvizsgálatokkal igazoltam a kezeletlen faanyagokkal kapcsolatban különböző irodalmakból jól ismert megfigyelést, hőkezelt Pannonia nyár faanyag esetében is, miszerint a színváltozás nagyrészt az első 12 hónap során lejátszódik, a felület beszürkül és sötétebbé válik. Az eredmények azt mutatják, hogy a hőkezelt nyár faanyagok színe nem tartósabb a kezeletlenénél, mivel a színváltozás azonos idő alatt végbemegy minden esetben, a különböző menetrendekkel hőkezelt nyár faanyagok azonos idő alatt szürkülnek be a kezeletlennel. A mérések alapján feltártam, hogy 3 év kültéri kitétség hatására a 200°C-on hőkezelt Pannonia nyár faanyagoknak kisebb a teljes színváltozása ($\Delta E^* = 21-42$) a kezeletlen faanyaghoz ($\Delta E^* = 45$) képest, a 160°C-on kezeltfaanyagé ($\Delta E^* = 47-60$) azonban nagyobb.
7. Laboratóriumi vizsgálatokkal feltártam, hogy a Pannonia nyár hőkezelése 160°C-on növényi olajokban, nem csökkenti sem a fehérkorhasztó kései laskagomba (*Pleurotus ostreatus*), sem pedig a vöröskorhasztó házi kéreggomba (*Poria placenta*) károsításának mértékét a 16 hetes inkubációs idő alatt. A 200°C-on végzett kezelések csak akkor javítják a gombaállóságot (30-35%-kal), ha legalább 4 óra hosszú a kezelés.

A dolgozat témájához kapcsolódó publikációk

Idegen nyelvű lektorált tudományos folyóiratban megjelent szakcikkek

1. Németh, R.; Bak, M.; Tolvaj, L.; Molnár, S. (2009): The effect of thermal treatment using vegetable oils on physical and mechanical properties of Poplar and Robinia wood. *Pro Ligno*, **5**(2), pp. 33-37. ISSN 1841-4737
2. Bak, M.; Németh, R. (2012) Changes in swelling properties and moisture uptake rate of oil-heat-treated poplar (*Populus × euramericana* cv. Pannonia) wood. *BioResources*, **7**(4), pp. 5128-5137.
3. Németh, R.; Bak, M.; Csordós, D. (2012) Thermische Modifizierung von Buche und Pappel mittels Paraffin. *Holztechnologie*, **53**(3), megjelenés alatt

Idegen nyelvű konferencia kiadványban megjelent szakcikkek

4. Bak, M.; Németh, R.; Tolvaj, L.; Molnár, S. (2009): The Effect of Thermal Treatment using Vegetable Oils on Selected Properties of Poplar and Robinia wood. *Proceeding of The Fourth European Conference on Wood Modification 2009. Stockholm, Sweden, SP Technical Research Institute of Sweden*. pp. 201-204. ISBN 978-91-86319-36-6
5. Németh, R.; Bak, M.; Tolvaj, L.; Molnár, S. (2009): The effect of thermal treatment using vegetable oils on physical and mechanical properties of Poplar and Robinia wood. *PROCEEDINGS OF International Conference "WOOD SCIENCE AND ENGINEERING IN THE THIRD MILLENNIUM" – ICWSE 2009. "Transilvania" University of Brasov, Romania, 04-06 June 2009*. pp. 77-80. ISSN 1843-2689
6. Bak, M.; Németh, R.; Tolvaj, L.; Molnár, S. (2009): (orosz nyelvű) A különböző növényi olajokban végzett hőkezelés hatása a nyár és az akác kiválasztott tulajdonságaira. *Konferenciakiadvány: "Az orosz erdő a XXI. században" 2009. Szentpétervár, Oroszország, Szentpétervári Állami Műszaki Egyetem*. pp. 63-68.

7. Bak, M.; Németh, R. (2010) The colour change of Oil-Heat-Treated timber during weathering. *In: Proceedings of The 4th Conference on Hardwood Research and Utilisation in Europe, Sopron, 2010. május 17-18.*, pp. 170-177., ISBN 978-963-9883-52-9
8. Németh, R.; Bak, M.; Tolvaj, L. (2012) Properties of Thermally Modified Poplar Wood in Open and Closed Systems. *In: Parviz Navi (szerk.) COST FP0904 Workshop „Current and Future Trends of Thermo-Hydro-Mechanical Modification of Wood.: Opportunities for new markets?“, March 26-28, 2012, Nancy, Franciaország, 2012.03.26-28.*, pp. 98-101.
9. Bak, M.; Németh, R. (2012) Modification of wood by Oil Heat Treatment. *In: Neményi, M.; Heil, B.; Kovács, J.A.; Facskó, F. (szerk.) International Scientific Conference on Sustainable Development & Ecological Footprint, The Impact of Urbanization, Industrial and Agricultural Technologies on the Natural Environment. Sopron, 2012.03.26-27.* Paper 11., pp. 1-5., (ISBN:978-963-334-047-9)

Magyar nyelvű folyóiratban megjelent szakcikkek

10. Bak, M.; Németh, R.; Tolvaj, L.; Molnár, S. (2008) Ültetvényes természetből származó fafajok anyagának hőkezelése növényi olajban. *Faipar*, **56**(különszám), pp. 22-26.
11. Németh, R.; Ábrahám, J.; Bak, M.; Molnár, S. (2011) Faanyagok modifikálása az NymE Faipari Mérnöki Karán. *Magyar Asztalos és Faipar*, **20**(1) pp. 64-65.

Poszter

12. Molnár, S.; Fehér, S.; Németh, R.; Horváth, N.; Komán, Sz.; Bak, M. (2008) Ültetvényes faanyagok hasznosításának új módszerei és termékei. *Az Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Napja 2008.11.07.*
13. Bak, M.; Németh, R.; Molnár, S. (2011) The colour change of Oil-Heat-Treated poplar during weathering. *Annual meeting of IAWS, Stockholm, Svédország, 2011.06.31-09.02.*

14. Bak, M.; Németh, R.; Csordós, D. (2012) Modification of wood by heat treatment in paraffin. 7. *Thermowood Workshop, Drezda, 2012.04.26-27.*
15. Horváth. N.; Bak, M.; Németh, R. (2012) Modification of poplar wood by different heat treatments. 7. *Thermowood Workshop, Drezda, 2012.04.26-27.*

Egyéb publikációs tevékenység

Könyvrészletek

1. Németh, R.; Tolvaj, L.; Molnár, S.; Bak, M.; Alpár, T.; Takáts, P. (2008): Input Wood Processing Strategy, Hungary. *In: A European Wood Processing Strategy: Country Reports. Ghent University, Ed: Joris Van Acker, Ghent University, Belgium, ISBN 9789080656543, pp. 135-146.*
2. Németh, R.; Tolvaj, L.; Molnár, S.; Horváth, N.; Ábrahám, J.; Bak, M. (2008): Új eljárások az ültetvényes faanyag minőségének javítására, fanemesítés. *In: Az ültetvényes fagazdálkodás fejlesztése. Ed: Molnár, S.; Führer, E.; Tóth, B.; NyME, ISBN 978-963-9883-21-5, pp. 61-66.*

Idegen nyelvű konferencia kiadványban megjelent szakcikkek

3. Bak, M.; Mbouyem Yimmou, B.; Csupor, K.; Németh, R.; Csóka, L. (2012) Enhancing the durability of wood against wood destroying fungi using nano-zinc. *In: Neményi, M.; Heil, B.; Kovács, J.A.; Facskó, F. (szerk.) International Scientific Conference on Sustainable Development & Ecological Footprint, The Impact of Urbanization, Industrial and Agricultural Technologies on the Natural Environment. Sopron, 2012.03.26-27. Paper 9., pp. 1-6., (ISBN:978-963-334-047-9)*
4. Bak, M.; Németh, R.; Horváth. N. (2012) Wood modification at the University of West Hungary. *In: Proceedings of The 5th Conference on Hardwood Research and Utilisation in Europe, Sopron, 2012. szeptember 10-11., pp. 135-143., ISBN 978-963-9883-97-0*

Magyar nyelvű folyóiratban megjelent szakkikkek

5. Molnár, S.; Bak, M. (2010) Az ezüst hárs faanyagának jellemzői. *Erdészeti Lapok*, **145**(10), pp. 342-343.
6. Bak, M.; Bartha, D.; Frank, N.; Molnár, S. (2010) Fafaragók álomfája (Az év fája, az ezüst hárs). *Élet és Tudomány*, **50**(52-53), pp. 1668-1671.