



Európai Unió
Európai Szociális
Alap



BEFEKTETÉS A JÖVŐBE

SZÉCHENYI  2020

SOPRONI EGYETEM
ERDŐMÉRNÖKI KAR

TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

2020. NOVEMBER 30.

SOPRONI EGYETEM
ERDŐMÉRNÖKI KAR





Soproni Egyetem
Erdőmérnöki Kar

TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

Szerkesztette: **Facskó Ferenc, Király Gergely**



Soproni Egyetem
Kiadó

Sopron – 2020

A kötet megjelenését az „EFOP-3.6.1-16-2016-00018 – A felsőoktatási rendszer K+F+I szerep-vállalásának növelése intelligens szakosodás által Sopronban és Szombathelyen” című projekt támogatta.

A kötet publikációit lektorálták: Bartha Dénes, Bidló András, Brolly Gábor, Czimber Kornél, Czupy Imre, Faragó Sándor, Frank Norbert, Pájer-Gálos Borbála, Gribovszki Zoltán, Heil Bálint, Hofmann Tamás, Horváth Adrienn, Horváth Tamás, Jánoska Ferenc, Kalicz Péter, Király Angéla, Király Gergely, Kovács Gábor, Lakatos Ferenc, László Richárd, Szakálosné Mátyás Katalin, Rétfalvi Tamás, Tuba Katalin, Vityi Andrea, Winkler Dániel

Soproni Egyetem Kiadó, 2020
Felelős kiadó: Prof. Dr. Fábíán Attila általános rektorhelyettes
Kézirat lezárva: 2020. november 30.

ISBN 978-963-334-376-0 (on-line verzió)

On-line verzió elérhetősége: http://emk.uni-sopron.hu/images/dekani_hivatal/Kiadvanyok/TudomanyosKozlemenyek2020.pdf

Szerkesztette: Facskó Ferenc
Király Gergely

Ajánlott hivatkozás:

FACSKÓ F.– KIRÁLY G. (szerk.) (2020): Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar. Tudományos közlemények. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron.

Tartalomjegyzék

Előszó.....	5
Ács Norbert, Czímber Kornél: Webes földmérési alappontsűrítést végző alkalmazás	6
Báder Mátyás, Németh Róbert: Rostirányban tömörített faanyag zsugorodásának és dagadásának csökkentése	13
Balázs Pál, Király Géza, Nagy Dezső, Konkoly-Gyuró Éva: Az első katonai felmérés tartalmi ellenőrzése egy felső-rába-völgyi példán keresztül	19
Balázs Pál, Berki Imre, Konkoly-Gyuró Éva: Tájváltozással kapcsolatos kutatások a hazai és nemzetközi szakirodalomban	26
Barta Edit, Bakki-Nagy Imre Sándor: Vasúti felsővezeték elektromos terének mérése és számítása ...	33
Brolly Gábor, Bazsó Tamás: Oktatási fejlesztések az okleveles erdőmérnök szak Földmérés tantárgy gyakorlatain	40
Brolly Gábor, Király Géza: Földi lézerszkennelt pontthalmazok tájékozására alkalmas szoftverek összehasonlítása erdei fák térképezése szempontjából.....	45
Czímber Kornél, Burai Péter, Román András: Légi lézeres és hiperspektrális faállomány-felmérés első eredményei.....	51
Czupy Imre, Mészáros Imre, Vágvölgyi Andrea: A soproni szennyvíztisztító telep biogázüzemre vetített energiamérlege.....	61
Csáki Péter, Czímber Kornél, Király Géza, Kalicz Péter, Zagyvainé Kiss Katalin Anita, Gribovszki Zoltán: Erdőállományok vízháztartásának vizsgálata az Alföldön, leskálázott párolgástérképek segítségével	69
Csanády Viktória: Vízszennyezési adatok modell vizsgálata	74
Deák István György, Horváth Sándor: Pamo Mangala farm (Észak-Zambia) vadállományának állapota	81
Elekne Fodor Veronika, Biró Barbara, Horváth Adrienn, Polgár András : A közlekedés környezeti hatásainak lehetséges monitorozása az M85 gyorsforgalmi út tükrében.....	85
Fülöp Viktor Géza, Horváth Sándor: A tűzifa, az energetikai célú erdei apríték, valamint az ipari fakitermelési és piaci változásai 2007 és 2018 között	91
Gálos Borbála, Kiss Márton: Meteorológiai mérések a Soproni-hegységben.....	97
Gribovszki Zoltán, Kalicz Péter: Párolgás okozta napi ingadozás és annak információértelme (módszerek az evapotranszpiráció számítására).....	105
Gribovszki Zoltán: Vízpótlások erdőterületen, elmélet és esettanulmányok	112
Herceg András, Kalicz Péter, Primusz Péter, Gribovszki Zoltán: Az éghajlatváltozás hatása az útpályaszerkezetre	119
Hofmann Tamás, Visiné Rajczi Eszter, Albert Levente: Bükk (<i>Fagus sylvatica</i> L.) faanyag polifenol készletének folyadékkromatográfiás/tömegspektrometriás vizsgálata	127
Hofmann Tamás, Visiné Rajczi Eszter, Albert Levente : Bükk (<i>Fagus sylvatica</i> L.) levél antioxidáns kapacitásának és polifenol készletének vizsgálata.....	132
Hofmann Tamás, Visiné Rajczi Eszter, Albert Levente: Tölgyfajok levél-antioxidáns tartalmának összehasonlító vizsgálata	137
Horváth Attila László, Szakálosné Mátyás Katalin: A harveszteres fakitermelés teljesítményének javítási lehetőségei szimulátor segítségével	142
Horváth Attila László, Szakálosné Mátyás Katalin: A harveszteres gépkezelők szimulátoros képzésének hatása a munka gazdaságosságára	149
Horváth Attila László, Major Tamás, Szakálosné Mátyás Katalin: Harveszteres fakitermelési módszerek termelékenységeinek összehasonlítása	156
Horváth Bíbor Júlia, Németh Róbert, Báder Mátyás: A rostirányban tömörített faanyag zsugorodás-dagadásának vizsgálata.....	163
Kapocsi Gergely, Horváth Sándor, László Richárd: N agyvadállomány vagyon-kezelésének elemzése az Országos Vadgazdálkodási Adatbázis állománybecslési és elejtési adatainak tükrében	170
Katona Csaba, Bazsó Tamás, Péterfalvi József, Primusz Péter: BLK360 lézerszkennő alkalmazása vonalas létesítmények felmérésére: jelek és távolságok.....	177
Kovács Gábor, Heilig Dávid, Heil Bálint: Fás szárú energetikai ületvények technológiáját és ökonómiáját befolyásoló tényezők a gyakorlatban.....	187

Kovács Klaudia, Vityi Andrea, Horváth Attila László: Agroerdészeti erdei köztes termesztésű rendszerek technológiája.....	195
Major Tamás, Pintér Tamás, Szakálosné Mátyás Katalin: Gyökérsarj eredetű akác állományok összehasonlító vizsgálata a SEFAG Erdészeti és Faipari Zrt. területén.....	200
Major Tamás, Horváth Attila, Virág Vivien: Harveszteres gépi faanyagfelvételezés összehasonlító vizsgálata.....	205
Marcisin Tamás, Király Gergely: Az állomány záródása és az újulatszám összefüggéseinek vizsgálata nyírségi vörös tölgyesekben	210
Németh Zsolt István, Kiss Péter Áron, Rákosa Rita: Faanyagok FT-IR spektrum alapú osztályozása kemometriás módszerekkel	217
Nevezi Csenge, Bazsó Tamás, Csáki Péter, Gribovszki Zoltán, Kalicz Péter, Zagyvainé Kiss Katalin Anita: Hidrológiai és botanikai folyamatok összefüggéseinek vizsgálata egy patakmenti erdőállomány és nedves rét területén.....	221
Novák Dominik, Németh Róbert, Báder Mátyás: A jövő faimpregnáló polimerje. A tejsav tömörfában történő felhasználásának áttekintése	227
Papp Viktória, Szalay Dóra: Pirolízis korom és faanyag keverék pelletek energetikai és mechanikai vizsgálata.....	232
Péterfalvi József, Primusz Péter: Talajstabilizációk szerepe az erdészeti útépítésben	237
Polgár András, Jagodics Nóra, Horváth Adrienn, Elekné Fodor Veronika: Szántóföldi növénytermesztés környezeti hatásai	247
Polgár András, Antal Mária Réka: Faipari élzárési típusok környezeti hatásainak vizsgálata.....	254
Rákosa Rita, Pásztory Zoltán, Börcsök Zoltán, Németh Zsolt István: IR spektrometria a faanyag hőkezelésének monitorozására	263
Rákosa Rita, Szegleti Csongor, Németh Zsolt István: Műanyag hulladékok osztályozása FT-IR spektrumok alapján.....	268
Szakálosné Mátyás Katalin, Fekete György, Horváth Attila László: Lovak alkalmazása és jövője a hazai fahasználatokban	273
Szakálosné Mátyás Katalin, Gimesi Kristóf Szilárd, Major Tamás, Horváth Attila László: Kötélpályás közelítés vizsgálata a soproni hegyvidéken	278
Szakálosné Mátyás Katalin, Sudár Ferenc János, Horváth Attila László: A többműveletes fakitermelő gépek kíméletességének fokozása harveszter szimulátor segítségével.....	284
Szöke Előd, Csáki Péter, Kalicz Péter, Zagyvainé Kiss Katalin Anita, Gribovszki Zoltán: Hidrológiai vizsgálatok egy fás legelőn.....	291
Tari Tamás, Sándor Gyula, Náhlik András: A vaddisznó lakott-területi megjelenésének jellemzői kérdőíves felmérés eredményeinek tükrében.....	298
Tóth Mihály Zoltán, Németh Róbert, Báder Mátyás: Fahegesztés vízgőz és nyomás segítségével.....	305
Vadkerti Tóth Balázs, Németh Róbert, Báder Mátyás: Fahajlítás anatómiája – Áttekintés.....	311
Vágvölgyi Andrea, Szalay Dóra: Stratégiai elemzőmódszer alkalmazása az energetikai célú fás szárú ültetvények vizsgálatára.....	318
Vágvölgyi Andrea, Mészáros Imre, Czupy Imre: Szennyvíziszap komposztálás anyagmérlegére irányuló vizsgálatok	325
Vágvölgyi Andrea, Szigeti Nóra, Czupy Imre, Beszédes Sándor, Szalay Dóra: Fás szárú ültetvények technológiai és ökológiai szempontú siker-kudarcc tényezőinek vizsgálata.....	329
Vajda József, Horváth Sándor: A COVID-19 hatása az amerikai agrártámogatási rendszerre.....	336
Visiné Rajczi Eszter, Albert Levente, Hofmann Tamás: A fakéreg antioxidáns tulajdonságainak kiértékelése	342
Visiné Rajczi Eszter, Albert Levente, Bocz Balázs, Bocz Dániel, Hofmann Tamás: Tobozok antioxidáns tulajdonságainak vizsgálata	348
Zagyvainé Kiss Katalin Anita, Gribovszki Zoltán, Kalicz Péter, Szöke Előd, Varga Jenő, Csáki Péter: Agrárerdészeti rendszer talajnedvességének vizsgálata fertődi mintaterületen.....	354

A JÖVŐ FAIMPREGNÁLÓ POLIMERJE. A TEJSAV TÖMÖRFÁBAN TÖRTÉNŐ FELHASZNÁLÁSÁNAK ÁTTEKINTÉSE

NOVÁK DOMINIK, NÉMETH RÓBERT, BÁDER MÁTYÁS

Soproni Egyetem, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Faanyagtudományi Intézet.
bader.matyas@uni-sopron.hu

A faanyagokról általában

A faanyagra ma már egy jól ismert megújuló anyagként és megújuló energiaforrásként tekintünk, amelyre egyre nagyobb igény van. Hiszen a nem megújuló erőforrások már kifogyóban vannak és azok kitermelése, feldolgozása és felhasználása nagy környezetkárosító hatással bír. Azonban a megújuló energiaforrások, mint a fa, nem károsítják a környezetet és belátható időn belül újra termelődnek. Ezért rendkívül fontos a fenntartható erdőgazdálkodás és a már kitermelt faanyag megfelelő hasznosítása. A faanyagokat kiváló tulajdonságaik miatt széles körben használják. Energiaforrásként elsősorban hőerőművek által hasznosítják, míg ma már nem csak a kiváló fizikai tulajdonságai miatt, mint a könnyű megmunkálhatóság, mechanikai szilárdság és a tetszetős küllem, hanem a fenntarthatóságához hozzájáruló egyéb tulajdonságai miatt is, mint például a szén-dioxid semlegesség és újra felhasználhatóság, a fa az egyik legszélesebb körben felhasznált építőanyag. Annak ellenére, hogy a különböző faanyagok környezeti hatásokkal szembeni ellenállóképessége széles skálán mozog és akad közöttük kiemelkedő ellenálló képességekkel rendelkező fafaj, összességében azt mondhatjuk, hogy a faanyagok kémiai, rovar, gomba és UV álló képességei korlátozottak. Ezek mellett a faanyag dimenzióstabilitása és fahibái gondot jelentenek a felhasználása során. Ezen problémának minimalizálására próbálunk a mai napig is megoldást találni. A faanyag növekedéséből származó hibáit, mint a ferdeszalúság vagy a külpontosság, az erdőgazdálkodás hivatott megoldani, azonban a többi problémára a faiparnak kell megoldást találnia. Erre vonatkozóan már régóta folynak kutatások. Így kezdődött el a különböző faalapú termékek fejlesztése, annak érdekében, hogy egy kívánatos tulajdonságokkal rendelkező, ám mégis környezetbarát anyagot kapjunk. Azonban vannak olyan esetek, amikor a faanyagot tömör, természetes állapotban kell felhasználni, hiszen csak így őrizhetők meg kedvező fizikai és esztétikai tulajdonságai. Ezekben az esetekben, mint például a kültéri használat, szintén hasznos valamivel megelőzni a faanyag fizikai tulajdonságainak romlását, illetve a felhasználásuk előtt javítani ezeket a tulajdonságokat. Ezen tulajdonságok lehetnek a higroszkóposság, a szilárdság vagy a szín. Már számos módszer létezik ezen tulajdonságok javítására, mint például a különböző védőszeres kezelések. Ezek a kezelések néhány tulajdonságot a felhasználás szempontjából pozitív, míg néhányat negatív irányban befolyásolnak. A fő probléma ezen kezelésekkel pedig az, hogy a környezetre káros anyagok felhasználásával történnek. Így a felhasználás során vagy a felhasználási élettartam után kockázatot jelent a környezetére. Ezért fontos, hogy olyan anyagokkal végezzük a faanyag modifikációját, amely élettartama alatt és annak végén sem jelent veszélyt a környezetére. Mivel a környezetre káros anyagok felhasználására egyre szigorúbb előírások vannak, ezért olyan anyagokat és módszereket kell találni, amelyek környezetbarátok és mégis javíthatók velük a kívánt tulajdonságok. Ezen törekvés más területeken is fontos, hiszen a műanyagiparban is fejlesztenek olyan anyagokat, amelyek gyorsan lebomlanak és nem károsítják a környezetet. Ezért kézenfekvő egy olyan telítőszer alkalmazása a faanyag modifikációja során, amely már más iparágakban pozitív eredménnyel szolgált. A politejsav ezen elvárásoknak megfelel és már folynak a kutatások mind az önálló, mind más anyagokkal történő együttes felhasználását illetően. A faanyag modifikálása politejsavval megoldást jelenthet a fa kedvezőtlen tulajdonságainak javítására a környezetvédelmi szempontok figyelembe vétele mellett.

Tejsav

A tejsav kémiai neve: 2-hidroxi-propionsav, 2-hidroxi-propánsav, α -oxi-propionsav. Összegképlete $C_3H_6O_3$. Molekulatömege: 90,08 g/mol. A tejsav királis vegyület, vagyis egy aszimmetrikus szénatomot tartalmaz. Két eltérő sztereoizomer módosulatban létezik, melyek az erjesztéstől függően képződnek. A jobbra forgató tejsav (L-tejsav) és a balra forgató tejsav (D-tejsav) tulajdonságai azonosak, csak az optikai forgatás iránya különböző. Az L-(+)-tejsav fiziológiai alkotórésze a szervezetnek, a glikolízis melléktermékeként főleg az izomban van jelen, ezért nevezik hústejsavnak. A tiszta tejsav színtelen, azonban egy általában színtelen vagy gyengén sárgás színű, csaknem szagtalan, szirupsűrűségű folyadékként forgalmazzák. Sóit laktátoknak nevezzük, amelyek fontosak az ipar számára.

A tejsav szénhidrátokból (cukrokból) keletkezik a tejsavbaktériumok okozta erjedés következtében. A tejsavas erjedésnek fontos szerepe van az élelmiszerek tartósításában. Az egészségre ártalmatlan tejsavbaktériumok erjedés közben elszaporodnak, elnyomják a kórokozó baktériumokat, amelyekre a savanyúvá váló közeg amúgy is hátrányos. A szájjban, belekben képződő tejsav enyhe fertőtlenítő hatású, ezért távol tartja a baktériumokat. Az izmokban a glikogén lebontásának termékeként jön létre. Izommunka során az izmok tejsavtartalma megnő, fáradtság érzését kelti és csökkenti az izmok munkaképességét.

Szintetikus és biológiai előállítására is több évtizedes múltra tekint vissza, és egyre szélesebb körű felhasználása révén az utóbbi pár évtizedben egy alacsony árú, nagy mennyiségben előállított terméké vált (HETÉNYI 2010). Elsősorban élelmiszeripari alkalmazása fontos, de 2002 óta nagy ugrás tapasztalható a műanyag iparban történő felhasználásában is, és az elkövetkezendő 20 évben akár egy millió tonnás mennyiségben előállított biotermékké léphet elő (CHAHAL ÉS STARR 2006). Az 50 %-os vizes oldatát a kelmefestő iparban pácok készítésére, a cserzőiparban a mésznek a bőrtől való eltávolítására, továbbá fa pácolására használják. Az erjedési iparban az élesztőgyártásban a vajsavbaktérium kiküszöbölésére, az üdítőitalok készítésében esszenciák, kivonatok, szirupok előállítására használják. Nagy szerepe van a sajtgyártásban is. A kozmetikában vizes oldatban hajvizet, lemosószereket készítenek belőle, főleg a fejbőr kiütései és viszketettség ellen. A D,L-tejsav és főleg D-(–)tejsav a gyógyszerészetben a legáltalánosabban savanyító ágens. Szalicilsavval keverve alkalmas szemölcsök és tyúkszemek kezelésére. Fontos nőgyógyászati betegségekkel szembeni felhasználása, 5%-os oldatát alkalmazzák hüvelyöblítésre. Széles körben alkalmazzák különböző kozmetikumokban, mivel nem irritálja a bőrt, arra lágyító és kondicionáló hatást fejt ki (BODNÁR 2002).

Politejsav és alkalmazása

A politejsav napjainkban az egyik legelterjedtebb biopolimer. Más biopolimerekkel együtt évről évre növekszik az előállított mennyisége és alkalmazási területei is egyre bővülnek. A tejsav kukoricából és egyéb takarmánynövényekből való előállítása és a technológia költségének csökkenése lehetővé teszi, hogy nagy mennyiségben állítsák elő és így a politejsav alapú csomagolóanyagok és egyéb egyszerűhasználatos műanyagok fel tudják venni a versenyt a többi nem lebomló műanyaggal és várhatóan a biokompatibilitása miatt idővel háttérbe is szorítják őket. A politejsav gyártását két módszerre oszthatjuk (LUNT 1998; BOGAERT ÉS COSZACH 2000). Az egyik a Cargill cég által kifejlesztett technológia. Itt egy oldószermentes folyamat során új desztillációs technikával állítanak elő politejsavat. Az eljárás a tejsavból alacsony molekulatömegű oligomereket állít elő kondenzációs úton, melyből aztán depolimerizációval laktidot. A laktid gyűrűfelfnyitásával pedig nagy molekulatömegű politejsavat állít elő. A köztes termék laktidot nem kell külön kinyerni, így a technológia folyamatos. A másik eljárást a Mitsui Toatsu vállalat fejlesztette ki, amely segítségével nagy molekulatömegű politejsavat

állítottak elő, oldószeres közegben, azeotrop desztillációt alkalmazva a polikondenzáció során. A reakcióban keletkező vizet folyamatosan eltávolították.

Fizikai tulajdonságait tekintve számos befolyásoló tényező játszik szerepet, mint a szerkezet, molekuláris jellemzők, kristályosság, morfológia, láncorientáció mértéke, stb. A különböző tulajdonságok pedig különböző felhasználást tesznek lehetővé. A politejsav 2 különböző formáját különböztetjük meg. A poli-L-tejsavat (PLLA), amelyik kristályos és a poli-D,L-tejsavat (PDLLA), amelyik amorf. Mindkettő termoplasztikus, de egyéb fizikai és mechanikai tulajdonságaik különböznek. A forma mellett az előállítás módszere is jelentősen befolyásolja a tulajdonságaikat.

A politejsav alkalmazása a már az előbbieken említett tulajdonságai miatt széleskörűen használható. A lebonthatósága miatt az orvostudomány és a gyógyszerészet kezdte el használni. A gyógyászatban a többi biodegradális polimerrel együtt felszívódó anyagoknak nevezik.

A biopolimereknek számos fontos követelménynek meg kell feleljenek, hogy biztonságosan tudják őket alkalmazni (Pl: ne legyenek mérgezőek, fontos a hatékonyság és a tartósság, a sterilizálhatóság és az, hogy ne legyenek testidegenek). A gyógyászatban számos területen nyernek alkalmazást: megelőző kezelések, sebészeti eljárások, klinikai vizsgálatok, gyógyszerészeti kutatások. Sokféle eszközt készítenek a politejsavból: fecskendőt, vér tárolására alkalmas zsákokat, katétereket, sebészeti varrócérnát, implantátumokat, műszerveket, égési sérüléseket szenvedett betegeknél bőrpótló szövetet, valamint előnyösen használhatók a gyógyszerészetben, pl. gyógyszerhatóanyag kioldódásának szabályozására (BODNÁR 2002). Emellett fontos az ökológiai alkalmazása is. Számos iparág használja, mint a mezőgazdaság, erdészet, halászat, műanyagipar (csésze, palack), csomagolóipar (táskák, csomagolóanyagok, fóliák, stb.), higiéniai cikkek, sportszerek. A tejsav további műszaki felhasználására még számos mód mutatkozik. Kompozit formájában a merevséget, míg lágyítással illetve elasztomerekkel társítva a törési ellenállást növelhetjük. Ezen lehetőségek számos területen előnyösek, ám a fejlesztéshez mélyreható ismeretek szükségesek mind a politejsavat, mind a vele kapcsolatba lépő anyagokat illetően (IMRE 2013).

A faanyag tejsavval való telítésével kapcsolatos kutatások

A faanyag tejsavval való telítésével eddig nem sok kutatás irányult. Azonban a politejsavat már használták hosszú természetes szállakkal kombinálva, mint a len és a kender, extrudált és tömörített kompozitok készítéséhez, ahol az egymás közti kötés erősebb volt a hagyományos hidrofób polimereknél, mint a polietilén, poliptopilén vagy a polivinilklorid (ASHORI, 2008; FINK ÉS GANSTER 2006; MOHANTY 2000; PLACKETT 2003; VAN DE VELDE ÉS KIEKENS 2002; WOLLERDORFER ÉS BADER 1998; WONG 2004). Marion Noël többedmagával 2009-ben publikálta első tanulmányát a faanyag politejsavval való imprágnálásáról, amelyben két impregnálási ciklussal telíti a fát. Ez a két ciklus a kezelt fa két különböző fizikai állapothoz vezetett. A rövid hevítési ciklus lágyult anyagot eredményezett, míg a hosszú hevítési ciklus sűrített anyagot. A kémiai jellemzés szempontjából úgy tűnt, hogy a tejsav oligomerek a fasejtek falába polimerizálódnak, de úgy tűnik, hogy nem oltják be őket a fa hidroxilcsoportjaiba (NOEL 2009). Ez a munka megmutatta a két környezetbarát erőforrás ígéretes társulását. A tejsav-oligomer kezelés a fa esetében érdekes kémiai kölcsönhatásokkal és fizikai hatásokkal jár a lignocellulóz szerkezetére. Noël 2015-ben kiadott publikációjában, ahol a tejsav mellett már több biopolimerrel is kísérletezett, mint az oligo galakturonsav (OGA), oligo butilén szukcinát (OBS) és oligo butilén adipát (OBA). A kezelések nagyon magas dimenzióstabilitást adnak a kezelt mintáknak (kb. 95% dagadásgátló hatékonyság (ASE) magas relatív páratartalom mellett, vagy vízben), azonban ezt a hosszabb vízkioldódást követően nem sikerült megtartani (25% ASE). A politejsav sejtfalba való behatolása, valamint a csökkent polimerizációs állapot nagy rugalmas-

sági modulus (*MoE*) csökkenést idéz elő az ömlesztési kezelés során (NOEL 2015). Az alacsonyabb oligomer-felvétel és a magasabb kezelési hőmérséklet kombinációja csökkentheti az tejsavval kezelt faanyag nedvességfelvevő képességét. A kutatás arra is rámutatott, hogy magas kezelési hőmérsékletre van szükség a további faanyagon belüli polimerizáció indukálásához (NOEL 2015). Ugyanebben az évben Noel kiadott egy újabb tanulmányt, amelyben vizsgálta a fa és az előző részben említett biopolimerek polimerizációjának mértékét. TGA készülék segítségével meghatározta az oligoészterekkel kezelt fa relatív hőstabilitását és a hőkezelés során elért anyagon belüli polimerizáció mértékét. A minták mérsékelt hőmérsékleten történő impregnálása csökkentette az oligomer viszkozitását, lehetővé téve a mobilitást és a fasejtekbe való behatolást. Ezt magyarázat az impregnált minták duzzadására, amelyek csak a hevítési lépések során duzzadtak. A folyamatos hevítés indukálja az oligomerek polimerizációját a fa belsejében az oligomer tömegfelvételének megtartásával (NOEL 2015). Ez a tanulmány feltárta, hogy a polimer termogravimetrikus analízise könnyen alkalmazható a kezelt fán belüli polimerizált poliészterek relatív polimerizációs fokának és hőstabilitásának meghatározására (NOEL 2015). Marion Noël-en kívül Charlotte Grosse is foglalkozott a biopolimerek és a tőmörfa kapcsolatával. Ő részletesen vizsgálta a tejsav oligomerizációjának mértékét a kezelési hőmérséklet és a kezelési időtartam függvényében. Az ő vizsgálatai is megerősítették, hogy a hevítési lépés hőmérséklete és időtartama meghatározzák az oligomerizált tejsav (OLA) polimerizációjának mértékét a fa belsejében. OLA polimerizáció mértéke nagyobb lesz magasabb hőmérsékleten, hiszen a kezelési hőmérséklet 160 °C-ra történő emelése hosszabb tejsav-oligomereket eredményez, de befolyásolja a fa polimerek lebomlását is. Ez a hőmérséklet jelentősen befolyásolja a módosított fa higroszkópos viselkedését, amelyet az anyagon belüli polimerizáció és a fa polimerek részleges lebomlása idéz elő. A kezelés ideje pedig kevésbé van hatással a polimerizáció mértékére, mint a kezelés hőmérséklete (GROSSE 2019). Kezelés közbeni tömegveszteségek is felléptek, amelyek nőttek a hőmérséklet emelkedésével a kezelés felfűtési szakaszában. A tömegveszteséget valószínűleg három jelenség okozhatta: polikondenzáció során a víz elpárolgása, néhány kisebb tejsav-oligomer elpárolgása és a fa degradációja. Ezen 3 jelenség kombinációja együttesen járult hozzá a tömegveszteséghez. Ezenkívül az OLA kezeléseket jelentős biológiai ellenálló képességet biztosítanak a fával szemben, amelyet az OLA impregnálás és a hőkezelés együttes hatása okozott (GROSSE 2019).

Következtetések

A politejsav az egyik legígéretesebb anyag arra, hogy a faanyaggal szemben támasztott követelményeket kielégítsük. Más iparágakban való növekvő alkalmazása az előállítási költségét csökkentheti. Az előállított összmenyiségének növekedése megfelelővé teszi arra, hogy nagy mennyiségben felhasználjuk. A faanyag tejsavval való modifikációja eddig pozitív eredményekkel szolgált. A kutatások jelenleg is zajlanak és ha ebben a felgyorsult ütemben haladnak, akkor éveken belül az iparban is megjelenhet a tejsavval modifikált faanyag.

Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel - az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta a Széchenyi2020 program keretében. A projekt megvalósítását az Európai Unió támogatja, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával.

- ASHORI A. (2008): Wood–plastic composites as promising green-composites for automotive industries. *Bioresource Technology* 99: 4661-4667
- BODNÁR I. (2002): PLA szintézis. Debreceni Egyetem. Alkalmazott Kémiai Tanszék. Doktori disszertáció.
- BOGAERT C. – COSZACH P. (2000): Polylactic acids: New polymers for novel applications. *Nonwovens World* 9(1):83-91
- CHAHAL S. – STARR J. (2007): Lactic acid. *Ullmann's Encyclopaedia of Industrial Chemistry*. 7th edition, online version, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 1-8.
- ENOMOTO K. – AJIOKA M. – YAMAGUCHI A. (1994): US Patent. 5, 310, 865 (Mitsui Toatsu).
- FINK H.P. – GANSTER J. (2006): Novel thermoplastic composites from commodity polymers and man-made cellulose fibers. *Macromolecular Symposia* 244: 107–118
- GROSSE C. – GRIGSBY W. – NOËL M. – TREU A. – THÉVENON M. – GÉRARDIN P. (2019): Optimizing wood modification with OLA. *Journal of Wood Chemistry and Technology* 39(6): 385-398
- GROSSE C. – SPEAR M. – CURLING S. – NOËL M. – RAUTKARI L. – UIMONEN T. – GÉRARDIN P. (2018): Dynamic mechanical thermal analysis of wood modified with bio-polyesters. In: Creemers J (ed.) *Proceedings of 9th European Conference on Wood Modification* 17-18.09.2018 Arnhem, Netherlands
- GRUBER R. – HALL S. – KOLSTAD J. – IWEN M. – BENSON R. – BORCHARDT R. (1992): US Patent 5,142,023 (Cargill)
- HETÉNYI K. – NÉMETH Á. – SEVELLA B. (2011): Investigation and modeling of lactic acid fermentation on wheat starch via SSF, CHF and SHF technology. *Periodica Polytechnica* 55(1): 11-16
- IKADA Y. – TSUJI H. (2000): Biodegradable polyesters for medical and ecological applications. *Macromol. Rapid Comm.* 21(3): 117-132
- IMRE B. – RENNERT K. – PAKÁNSZKY B. (2013): A politejsav módosítása - PLA alapú társított rendszerek. *Műanyag és Gumi* 50(3): 108
- LUNT J. (1998): Large-scale production, properties and commercial applications of polylactic acid polymers. *Polymer Degradation and Stability* 59(1-3):145-152
- MOHANTY A.K. – MISRA M. – HINRICHSSEN G. (2000): Biofibres: Biodegradable polymers and biocomposites: an overview. *Macromolecular Materials and Engineering* 276: 1–24
- MOLNÁR S. (1999): *Faanyagismerettan. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó. Budapest.*
- NOËL M. – FREDON E. – MOUGEL E. – MASSON D. – MASSON E. – DELMOTTE L. (2009): Lactic acid/wood-based composite material. Part 1: synthesis and characterization. *Bioresource Technol.* 100: 4711–4716
- NOËL M. – GRIGSBY W. – VITKEVICIUTE I. – VOLKMER T. (2015): Modifying wood with bio-polyesters: Analysis and performance. *Int. Wood Prod. J.* 6(1): 14–20
- NOËL M. – GRIGSBY W. – 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
- VAN DE VELDE K. – KIEKENS P. (2002): Biopolymers: Overview of several properties and consequences on their applications. *Polymer Testing* 21: 433–442
- WOLLERDORFER M. – BADER H. (1998): Influence of natural fibres on the mechanical properties of biodegradable polymers. *Industrial Crops and Products* 8(2): 105–112
- WONG S. – SHANKS A. – HODZIC A. (2004): Mechanical behavior and fracture toughness of poly(L-lactic acid)-natural fiber composites modified with hyperbranched polymers. *Macromolecular Materials and Engineering* 289: 447–456