

# HOSSZIRÁNYBAN TÖMÖRÍTETT FAANYAGOK KEZELÉSE TEJSAVVAL

## LACTIC-ACID TREATMENT OF LONGITUDINALLY COMPRESSED WOOD

Báder Mátyás <sup>1\*</sup>, Németh Róbert <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Faanyagtudományi Intézet, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Soproni Egyetem, Magyarország

---

### **Kulcsszavak:**

famodifikáció  
hosszirányú tömörítés  
méretstabilitás  
nedvességtartalom  
telítés

### **Keywords:**

dimensional stability  
impregnation  
longitudinal compression  
moisture content  
wood modification

### **Cikktörténet:**

Beérkezett 2019. június 21.  
Átdolgozva 2019. június 26.  
Elfogadva 2019. október 15.

---

### **Összefoglalás**

A természetes faanyagok nedvességváltozás hatására dagadnak és zsugorodnak, mely mozgás problémát okozhat a felhasználás során. Különösen igaz ez a hosszirányban tömörített faanyagokra. Tejsavas telítéssel és a tejsav polimerizációjával jelentős javulást sikerült elérni a tömörítetlen és a hosszirányban tömörített bükk faanyag dimenzióstabilitásának javítása terén.

### **Abstract**

Natural wood swells and shrinks as a result of the change of its moisture content, which can cause problems during the utilization of wood. This is especially true for longitudinally compressed wood. With the impregnation and polymerization of lactic acid, significant improvement has been achieved in the increase of dimensional stability of both uncompressed and longitudinally compressed beech wood.

---

## 1. Bevezetés

A faanyagok thermo-hidromechanikus kezelésének két fő változata ismert, a rostokkal párhuzamos hosszirányú- és a hosszirányra merőleges préseles. A hosszirányra merőleges, sugár- és hűrirányban elvégzett tömörítés magasabb sűrűségű faanyagot eredményez, míg a hosszirányú tömörítés eredménye a nagymértékben hajlítható faanyag. A mechanikus faanyagmodifikációs eljárások nem hajthatók végre rostlágylítás nélkül, ami a legtöbb esetben gőzölést jelent. A hő és a víz együttes hatására a sejtek közti kötőszövet meglágyul éppúgy, mint a sejtalkotók közti kötőanyagok és a hosszirányú összenyomás során ezek az összetevők el tudnak mozdulni egymáshoz képest. A változások jól tetten érhetők a sejtfalak harmonikaszerű gyűrődéseiben, mely kiválóan demonstrálja a faanyagban bekövetkezett változásokat.

A fa hosszirányú tömörítéséhez és annak bármely irányban elvégezhető hajlításához magas minőségű, egységes évgűrűszerkezetű és károsodásoktól mentes alapanyag szükséges. Eddigi ismereteink alapján kizárólag közepes- vagy magas sűrűségű keménylombos fafajok modifikálhatók ilyen módon. Csak nedves faanyag használható fel alapanyagként, melynek a tömörítési folyamat alatt teljes keresztmetszetében legalább 80 °C hőmérsékletűnek kell lennie. A hosszirányú tömörítés akkor valósítható meg, ha a munkadarab egyenes állapotban marad a préselesi folyamat során. Ehhez egy egyedi tervezésű berendezés áll rendelkezésre, mellyel biztosíthatók a megfelelő minőségű rostirányú tömörítés [1]. A tömörítési műveletet követően a

---

\* Kapcsolattartó szerző. Tel.: +36 99 518 187; fax: +36 99 518 647  
E-mail cím: bader.matyas@uni-sopron.hu

faanyag lehül és a kötőszövet újból megszilárdul, ennek ellenére lényegesen kisebb erővel és nagyobb mértékben válik hajlíthatóvá a munkadarab. Utóbbi nem csak a kezeletlen faanyaghoz viszonyítva értendő, hanem a gőzöléssel kezelt faanyagokhoz viszonyítva is. A hatásos tömörítési arány az eredeti hosszhoz viszonyított 10-30% [2], de jellemzően 20%-ot alkalmaznak [3]. A tömörítési műveletet követően kétféle utókezelés alkalmazható és ennek megfelelően kétféle terméktípus készíthető a bemutatott eljárással. Egyrészt az összenyomás befejeztével a tömörítő berendezésből azonnal kivéve a tömörített faanyag visszarusog, és az eredeti hosszhoz viszonyított 3-5% maradandó rövidülést szenved. Amíg 20% fölött van a nedvességtartalma, megtartja alakíthatóságát, és csak a szárítás során rögzül a forma. Másrészt a hosszú ideig összenyomott állapotában tartott (szárított és hűtött) faanyagok 15-20% között lesz a maradandó deformációja és a kezelés mechanikai tulajdonságokra gyakorolt hatásai sokkal jelentősebb mértékben jelentkeznek. Jellemzően e két utókezelés kombinációját alkalmazzák, mely eredményeként a faanyag rugalmassági modulusa a harmadára, hajlítószilárdsága felére csökken. A hajlító vizsgálat során elviselt behajlás többszörösére növekszik és a dinamikus törési munkaigény másfél-kétszeresére javul, tehát egy dinamikus terhelésekkel szemben ellenállóbb, nagyobb alakváltozásokat elviselni képes anyagot kapunk végtermékként. A hajlítási viszonyszám meghaladhatja az 1/4 értéket, azaz egy 2 cm vastagságú lécet egy 8 cm sugarú, vagy kisebb biztonsággal annál kisebb ívű sablonra is rá lehet hajlítani [4]. Az eljárás további előnye, hogy hagyományos (Thonet-féle) gőzöléses hajlításhoz viszonyítva nagyságrendileg meghosszabbodott a hajlíthatóság időtartama, ezzel az alapanyag készletezése leegyszerűsödött. Bővült a felhasználási lehetőségek köre az elérhető kisebb sugarú ívek és az alakítás kis szerszámigénye miatt. Lehetővé vált egyedi bútorok készítése hajlított faanyagból gőzölő kapacitással nem rendelkező üzemekben, műhelyekben is.

A természetes faanyag nedvességtartalma követi a levegő páratartalmát, emellett a pillanatnyi hőmérséklet és légnyomás is hatással van rá. A maximális relatív légnedvességhez tartozik a faanyag rosttelítettségi állapota, amikor a faanyag sejtfaiban található mikroszkopikus rések telítődnek kémiaiilag kapcsolódó vízzel, de a sejtfa által határolt sejtüregben szabad víz még nem jelenik meg [1]. Az abszolút száraz és a rosttelítettség közti nedvességtartalmi állapotokban a faanyagok fizikai-mechanikai tulajdonságai változnak [5]. Ez jellemzően gyengébb mechanikai tulajdonságokat jelent magasabb nedvességtartalom mellett, továbbá fizikai aspektusban legfontosabbnak a méretnövekedést. A faanyag dagadási értékei nulla és rosttelítettségi nedvességtartalom között hűvösben 10-12%, melegben 5-6%, míg hosszirányban 0,1-0,3%. Hosszirányban tömörített faanyagok esetében utóbbi 4-6-szoros értéket vesz fel, ami nagyon jelentős dimenzióstabilitási problémát jelent [4]. Ebből következik, hogy csakis beltéri, viszonylag szűk tartományban ingadozó relatív páratartalmú helyiségekben használható fel. Amennyiben sikerülne a nedvességfelvételi képességét csökkenteni a hosszirányban tömörített faanyagok, lényegesen javulna a méretstabilitása. Léteznek megoldások, például a különböző műgyantákkal való kezelése és egyéb eljárások, de egy biotermék előnyeit is magában hordozó modifikált faanyagok alkalmazása nem célszerű. A hőkezelés levegős közegben sokkal előnyösebbnek tűnik, valamint a faanyag tejsavval való telítését követően annak faanyagban belüli polimerizációja, mely a vízmolekuláknak a faanyagba jutását és a kémiai kötések megakadályozását hivatott elérni. E publikáció célja, hogy bemutassa a politejsavas kezelési eljárást és rávilágítson annak hatásaira.

## 2. Vizsgáló módszer

### 2.1. Faanyag-előkészítés, tömörítés

Kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.) és bükk (*Fagus sylvatica* L.) minták kerültek felhasználásra a kísérletek során, mert hosszirányú tömörítéshez a keménylombos fajok a legalkalmasabbak [4] magas, minimum 16% nedvességtartalommal. Ennek megfelelően kivágás után a rönkök rövid időn belül fel lettek dolgozva 30x20x200 mm méretű (sugar-, húr- és hosszirány, rendre radial, tangential, longitudinal, *R*, *T*, *L*) mintákká és le lettek fagyasztva. A kísérleteket megelőzően további feldolgozás során mindegyikből egy 15x20x200 mm (*R*, *T*, *L*) és egy 12x20x200 mm (*R*, *T*, *L*) méretű minta készült, melyek nedvességtartalma a rosttelítettségi határ felett volt. Utóbbi mintaméret alkalmas tömörítetlen kontrollként való felhasználásra, míg a tömörítő berendezés befogadóképességéhez igazodva 2 db 15x20x200 mm (*R*, *T*, *L*) méretű minta

lett tömörítve egyidejűleg. A procedúra menete Báder és Németh [6] kísérleteit alapul véve történt: minimum 45 perc gőzölést követően a dupla-minták 15 m/(m·h) relatív tömörítési sebességgel [7] 20% mértékben lettek tömörítve az eredeti hosszukhoz képest, majd egy perc fixálás következett a feszültségek részbeni relaxációja érdekében. Klímaszobában 20 °C és 65% relatív páratartalom mellett száradtak az egyensúlyi tömegállapot eléréséig, végül fokozatosan emelkedő hőmérsékleten abszolút száraz állapotra lettek szárítva.

## 2.2. Tejsav-előkészítés, faanyag telítése

Az Acros Organics b.v.b.a. (Belgium) L(+)-tejsav monomerének vizes oldatát (töménység  $\geq 90\%$ ) használtuk a kísérletekhez. Az alkalmazott monomer híg folyadék, melynek meg kell oldani a faanyagba jutását és azon belül a rögzítését, célszerűen polimerizációval. Így az összekapcsolódó monomerek hosszú polimer láncokat alkotva és a faanyag összetevőivel is kapcsolatot létesítve a faanyagba épülnek. Tekintettel arra, hogy a faanyag, a tömörítési technológia és a tejsav-monomer egyaránt kizárólag természetes és természetre káros összetevőktől mentes, környezetbarát anyagok és technológia, az iparban katalizátorként használt kiegészítők alkalmazását igyekeztünk elkerülni. Noél és tsai. [8] tanulmányát alapul véve egy hosszabb, de katalizátoroktól mentes főzési folyamattal tejsav-oligomereket képeztünk, mely szobahőmérsékleten átlátszó, méz állagú anyaggá vált. A monomert Witeg MSH-20D típusú (Witeg GmbH, Németország), mágneses keverővel ellátott főzőlapon 175 RPM fordulatszámú folyamatos keverés közben, 150 mbar vákuumon tartva kezeltük egy Memmert VO-400 típusú vákuumkamrában (Memmert GmbH+Co KG, Németország). Először a víz eltávolítása történt meg 70 °C hőmérsékleten 90 perc alatt, majd 100 °C-on 125 percig és további főzéssel 130 °C-on 200 percig kezelve tejsav-oligomer keletkezett.

Minden tömörítetlen és tömörített faminta-csoport ketté lett osztva és egyik fele kontrollként, míg másik fele tejsav-oligomerrel kezelve lett felhasználva. A telítésre szánt, abszolút száraz faminták az előkészített tejsav-oligomerbe kerültek, fémlapokkal lesúlyozva és 90 °C hőmérsékleten 30 percig 100 mbar vákuumban kezelve. A ciklus végén a rendszer a vákuum fokozatos csökkentésével 20 perc alatt elérte a légköri nyomást, majd a telített minták szárazra törölve és alufóliába csomagolva egy Memmert 100-800 típusú szárítószekrénybe kerültek (Memmert GmbH, Németország), ahol 6 órán keresztül 120 °C hőmérsékleten ment végbe a faanyagban lévő oligomerek polimerizációja.

## 2.3. Vizsgálati módszerek

A kezelés elsődleges célja a faanyag zsugorodásának és dagadásának csökkentése, azaz a méretstabilitás javítása. Ennek megfelelően a tömegnövekedést vizsgáltuk a telítés hatására (weight percentage gain,  $WPG$ ), valamint a tömegcsökkenést az áztatás során (weight percentage loss,  $WPL$ ), minden esetben abszolút száraz állapotú faanyagot felhasználva. Az áztatás desztillált vízben történt 10 napon keresztül, a zsugorodás-dagadási képesség vizsgálatához a három anatómiai főirány ( $R$ ,  $T$ ,  $L$ ) méretei rögzítésre kerültek áztatást megelőzően, áztatás után és az ismételt szárítást követően. A dagadás és a zsugorodás az ISO 13061 szabványoknak megfelelően lettek kiszámítva [9]–[12]. A telítés előtti és utáni, valamint az áztatás előtti és utáni két abszolút száraz állapot közti tömegkülönbség adta a százalékos tömegcsökkenést (1. egyenlet):

$$WPG = \frac{m_{0 \text{ telített}} - m_{0 \text{ kezeletlen}}}{m_{0 \text{ kezeletlen}}} \cdot 100; WPL = \frac{m_{0 \text{ telített}} - m_{0 \text{ áztatott}}}{m_{0 \text{ telített}}} \cdot 100 \quad (1)$$

A dagadás-csökkentési hatékonyság (anti-swelling efficiency,  $ASE_{\alpha}$ ) és a zsugorodási-csökkentési hatékonyság javulásának (anti-shrinkage efficiency,  $ASE_{\beta}$ ) meghatározásához a következő képleteket használtuk (2. egyenlet):

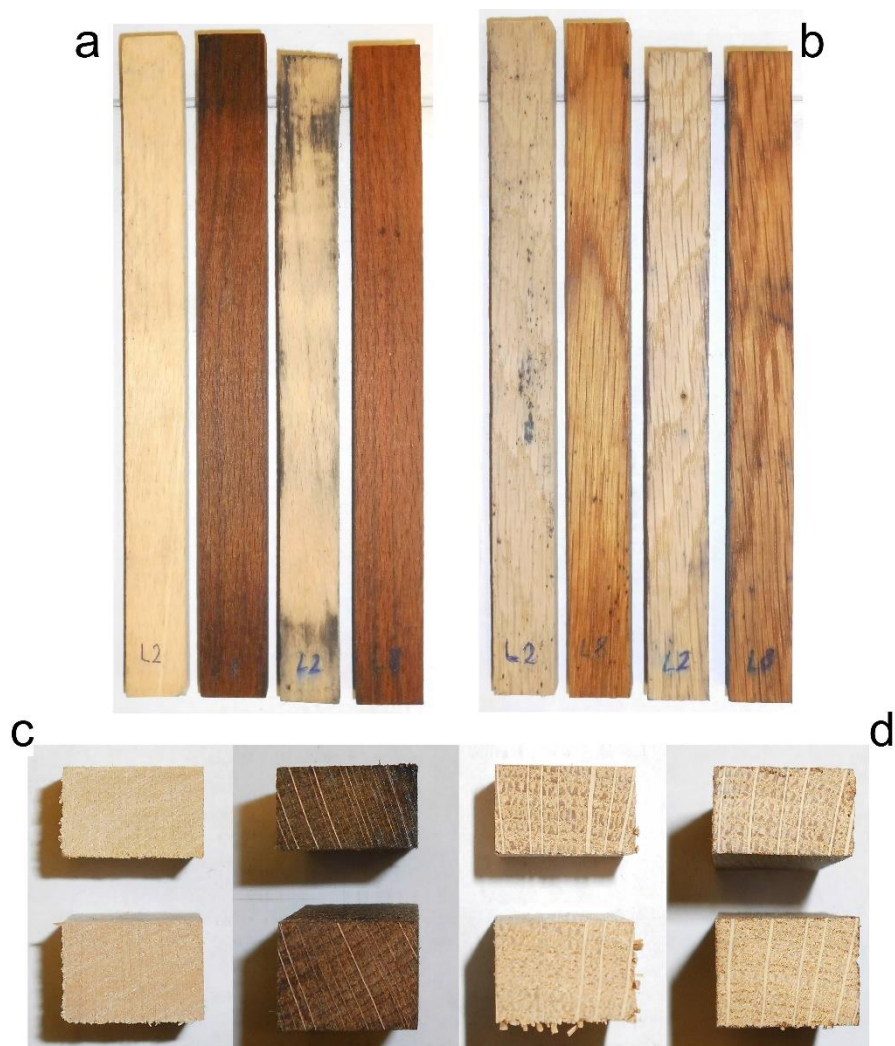
$$ASE_{\alpha} = \frac{\alpha_{ut} - \alpha_t}{\alpha_{ut}} \cdot 100; ASE_{\beta} = \frac{\beta_{ut} - \beta_t}{\beta_{ut}} \cdot 100 \quad (2)$$

ahol  $\alpha_{ut}$ ,  $\beta_{ut}$ : kezeletlen faanyag dagadási és zsugorodási együtthatója százalékban, valamint  $\alpha_t$ ,  $\beta_t$  kezelt faanyag dagadási és zsugorodási együtthatója százalékban.

A mikroszkópos képek pásztázó elektronmikroszkóppal készültek (Hitachi S-3400N, Japán). A képképzés során a mintát 60 mbar vákuumba helyeztük és az elektronsugár gyorsítófeszültsége 20 kV-ra, míg a detektor távolsága 10 mm-re lett beállítva. A megfelelő pozíció és nagyítás megtalálása után a mikroszkóp szoftvere automatikusan konfigurálta a kontrasztot, a fényerőt és a fókuszt. Az alkalmazott Hitachi szoftver verziója 1.24 (sorozatszám: 340632-01), a képek felbontása 2560×1920 képpont.

### 3. Eredmények, tárgyalás

A telítés első fázisában - a vákuum alkalmazása során - buborékként megfigyelhető volt a bükk faanyagban tárolt levegő eltávoztása, ami előrevetítette a folyamat sikerességét. A kezelés hatására a faanyag színe jelentősen sötétedett, ezzel egy, az emberi szemnek még kellemesebb felületű faanyag jött létre (1. ábra).

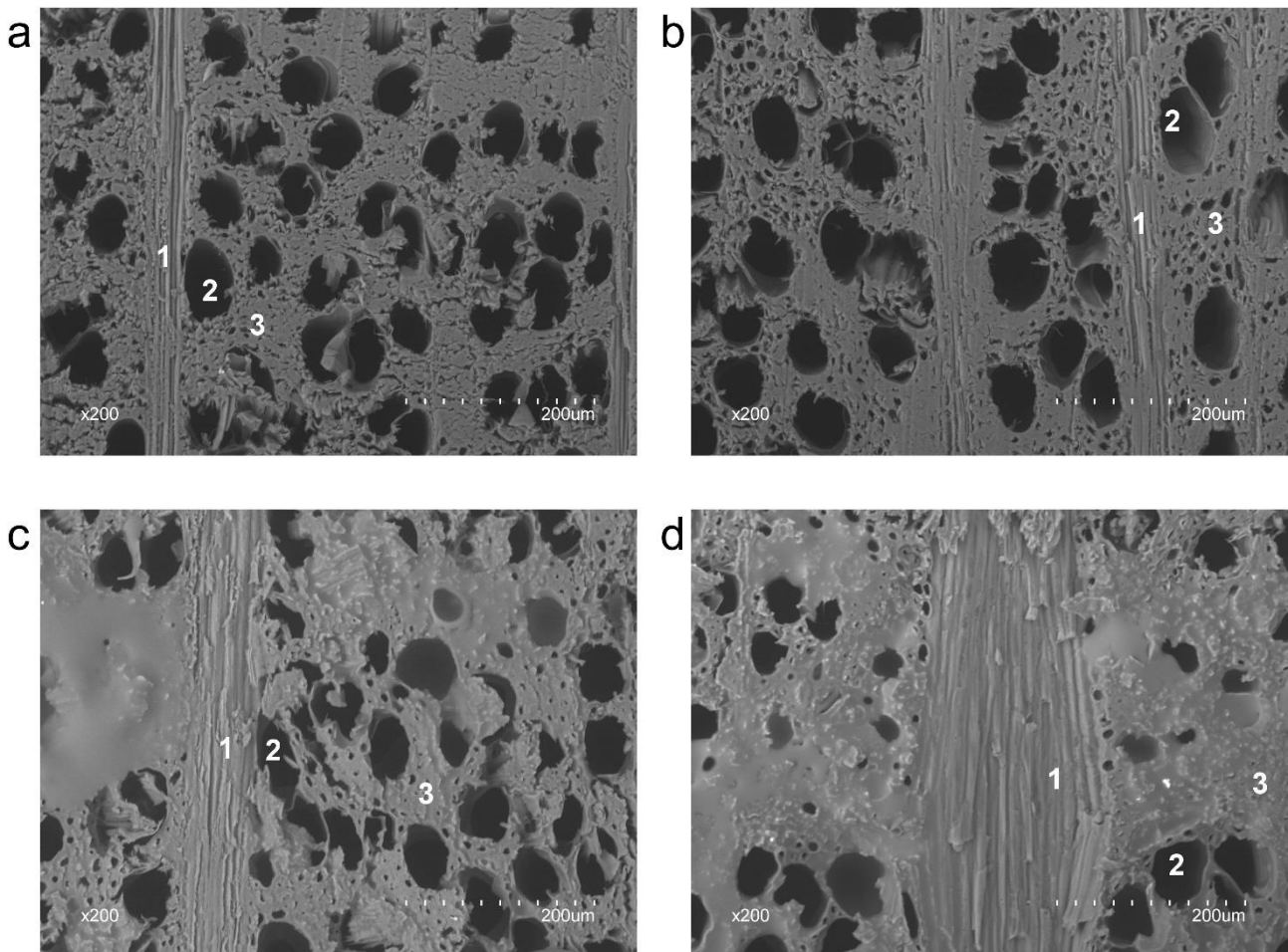


1. ábra. Kezeletlen (világos színű) és tejsavval kezelt (sötét színű) bükk (a) és tölgy (b) minták. Először a tömörítetlen párok, majd a tömörítettek, valamint ezek keresztmetszeti képei ugyanebben az elrendezésben (c és d)

Az 1. ábrán bemutatott képek alapján valószínűsíthető volt, hogy míg a bükk minták teljes keresztmetszetben telítve lettek, addig a tölgy minták telítése sikertelen volt, csupán a felületükre rakódott a tejsav-oligomerből. Mindezt a tömegméréssel meghatározott tejsavfelvételi számítások igazolták, továbbá kimutatták, hogy a tölgy minták telítést megelőzően nem voltak abszolút száraz

állapotban. Ennek oka, hogy a tölgy faanyag lassabban szárad a sejtüregeiben található sok tömítőanyag (tilisz) miatt. A tölgy mintákban megmaradt minimális vízmennyiség ugyan csökkenthette valamelyest a tejsav-oligomer felvételi képességet, azonban nem akadályozhatta azt olyan jelentős mértékben, hogy az 1.d ábrán láthatóan egyáltalán ne legyen képes a telítőanyag a faanyagba jutni. Ez a jelenség tipikus a nagymértékben tiliszesedő fafajokra. A nedvességszállító járatokban a már említett tömítő hártályk zárják el a folyadékok útját, ezzel téve a faanyagot időjárásállóvá és egyúttal gyakorlatilag telíthetetlenné. A vizsgálatok alapján tehát a tejsav-oligomerek molekulamérete túl nagy ahhoz, hogy még jelentős vákuum alkalmazása mellett is a tiliszes tölgybe bejuthassanak. Bükk esetén ez a probléma nem áll fenn, melyet az 1.c ábra felvételein felül a tömegmérési és a telítés során bekövetkezett méretváltozási adatok is igazolnak. A telítés hatására bekövetkezett teljes tömegnövekedés tömörítetlen bükkfa esetében 73%, míg tömörített bükkfa esetében 64% volt. A faanyag mérete vízzel való telítés során növekszik, bükk esetében a legnagyobb átlagos növekedés a három fő anatómiai irányban (*R*, *T*, *L*) Molnár [13] szerint rendre 5,8% 11,8% és 0,3%, míg az elvégzett vizsgálataink alapján rendre 4,4% 10,9% és 0,2%. A nagymértékű tejsavfelvétel hatására a tömörítetlen faanyag méretei a vízzel való telítéshez hasonló mértékben növekedtek, 4,6% 13,5% és 0,2%-kal, míg a tömörített faanyag 4,9% 13,6% és 1,1%-kal. Természetesen a faanyag sűrűsége is jelentősen magasabb lett: tömörítetlen faanyag esetén 43%, míg tömörített faanyagnál 36% sűrűségnövekedés következett be, amivel mindkét bükk mintacsoport elérte a  $0,94 \text{ g/cm}^3$  sűrűségi értéket.

Pásztázó elektronmikroszkóppal vizsgálva megállapítható, hogy a telítő anyagból a bükk faanyag nedvességszállító edényeibe jutott nagyobb mennyiség, de a rostüregekbe is került (2. ábra).



2. ábra. Pásztázó elektronmikroszkóppal készült képek a 4 vizsgált bükk faanyag-típusról: kezeletlen (a), hosszirányban tömörített (b), tejsavval telített (c), tömörített és tejsavval telített (d). Keresztmetszeti képek, rajtuk a struktúra fő alkotói láthatók: 1: bélsugarak; 2: edények; 3: farostok

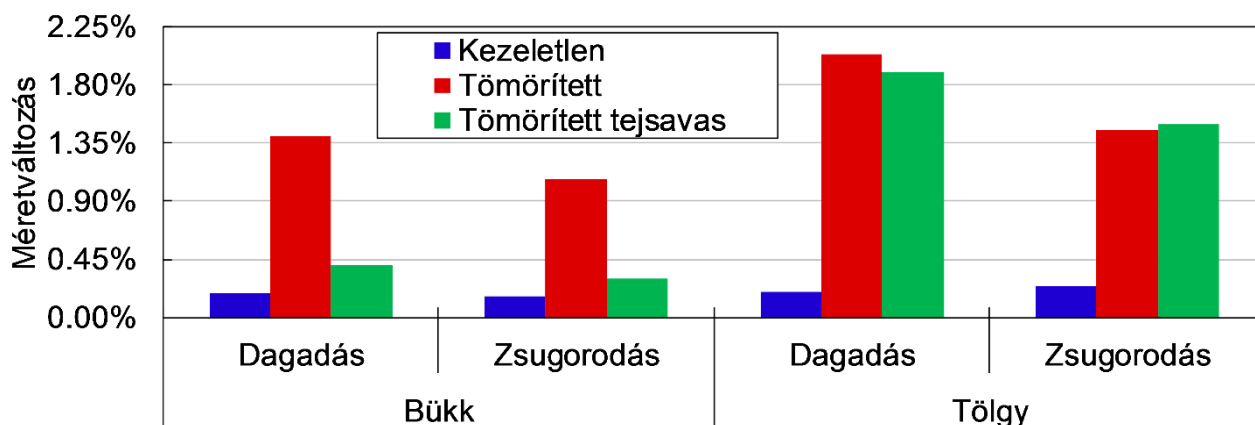
Továbbá megállapítható, hogy a polimerizáció nem ment végbe a teljes tejsav-oligomer anyagmennyiségnél, mert a felvételek készítésekor alkalmazott erős vákuum a faanyag üregeiből szabad folyadékcspepeket juttatott a bütüfelszínre, mely buborékokat alkotott, vagy szétterült a felületen (2.c és 2.d ábra). A tejsavval telített faanyag érintése ugyan kissé műanyagos hatású, de az optikai javulás mellett ezt a problémát kiküszöböli a felületkezelés, ami szinte minden esetben megtörténik a késztermékek gyártása során. A bükk és a tölgy faanyagok rendre 35,6% és 24,5% nedvességtartalom mellett érik el rosttelítettségi állapotukat [5], ezen értékeket a bemutatott kezelés csökkentette. Ennek eredménye, hogy szűkebb nedvességi tartományban képes a kezelt fa méretváltozásokra, tehát a méret- és alakváltozási képessége romlik.

Áztatás során a telítő anyag kimosódása következett be, ami nincs hatással a bemutatott eredményekre, az  $ASE_\alpha$  és az  $ASE_\beta$  javulására. Ennek az az oka, hogy a kimosódás a telítést követően polimerizált tejsav-frakciókat csupán minimálisan érinti [8] és a nem polimerizálódott részeket mossa ki a víz. Utóbbi elemek viszont sem fizikai, sem kémiai kötással nem kapcsolódnak sem a faanyaghoz, sem egymáshoz, tehát a minták tulajdonságaira nem gyakorolhatnak szignifikáns hatást. A bemutatott áztatási metódus eredményeit az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat. Dagadási és zsugorodási vizsgálatok eredményei bükk és tölgy faanyagok esetében a három fő anatómiai irányban (sugár - R, húr - T és hossz - L) és térfogatiilag (V). Rövidítések:  $\alpha$  – dagadási együttható;  $\beta$  – zsugorodási együttható

		Dagadás				Zsugorodás			
		$\alpha_R$	$\alpha_T$	$\alpha_L$	$\alpha_V$	$\beta_{R2}$	$\beta_{T2}$	$\beta_{L2}$	$\beta_{V2}$
Bükk	Kezeletlen	4.4%	10.9%	0.2%	15.9%	4.6%	10.6%	0.2%	14.9%
	Tömörített	4.9%	12.0%	1.4%	19.1%	5.0%	11.4%	1.1%	16.7%
	Tömörített tejsavas	2.2%	5.1%	0.4%	7.5%	2.0%	5.1%	0.3%	6.1%
Tölgy	Kezeletlen	6.1%	14.0%	0.2%	21.2%	6.2%	12.2%	0.2%	17.9%
	Tömörített	6.3%	13.1%	2.0%	22.7%	6.3%	11.6%	1.5%	18.4%
	Tömörített tejsavas	6.2%	12.8%	1.9%	22.5%	6.1%	11.8%	1.5%	18.2%

Az 1. táblázat adatai közül érdemes külön kiemelni a hosszirányú méretváltozásokat. A hosszirányú tömörítéshatására meggyűrődött sejtfaalak a nedvességváltozás következtében a memória-effektusnak megfelelően megpróbálnak kiegyenesedni, ahogy eredeti állapotukban voltak. Ennek köszönhető a nagymértékű, közel nagyságrendi változás a dagadási és a zsugorodási értékekben, valamint ez okozza a hosszirányban tömörített faanyag megbízhatatlanságát változó nedvességtartalmi körülmények között (3. ábra).



3. ábra. Dagadási és zsugorodási vizsgálatok eredményei bükk és tölgy faanyagok hosszanti irányában

A következő kutatások során érdemes lesz kipróbálni a tölgy minták telítése érdekében alacsonyabb nyomást, magasabb hőmérsékletet, hosszabb telítési időt és több telítési ciklust, melyek hatására nagyobb folyadékfelvétel valósulhat meg. Továbbá a kisebb molekulaméretű telítőanyag faanyagba jutása szintén nagyobb eséllyel következik be.

Kémia szempontból a leglényegesebb változás a faanyagba jutó tejsav mennyisége és ennek az áztatás után is a faanyagban maradó hányada. Mivel a nem polimerizálódott tejsav jelentős része nem tud a faanyagban maradni a vízben áztatás során és a faanyag tulajdonságaira sincs kimutatható hatással, ezért célszerű a polimerizálódott részt hatékony mennyiségnek tekinteni, azaz az áztatás után megmaradt tejsav-polimer tömeggel számolni, mint funkcionáló összetevő. További kémiai vizsgálatok folyamatban vannak, a faminták szabad tejsavtartalmának meghatározása nagy-hatékonyágú folyadékkromatográfiával történik. A bükk faanyag irodalmi adatok szerint három fő összetevőből, 33,7-46,4% cellulózból, 17,8-25,5% hemicellulózból és 11,6-22,7% ligninből áll [13]. E vegyületeket tovább bontva 48,9% szén, 44,5% oxigén, 5,4% hidrogén és 1,2% egyéb anyagok a bükk faanyag elemi összetevői [14]. A tömörítetlen faanyag elemi összetétele a tejsav-polimeres kezelés következtében a következőképpen változott: 41,2% szén, 35,5% oxigén, 22,6% hidrogén és 0,7% egyéb anyagok. Az áztatás eredményeként jelentős mennyiségű tejsav mosódott ki a faanyagból, így a kompozit összetétele: 46,4% szén, 40,9% oxigén, 11,8% hidrogén és 1,0% egyéb anyagok lett. Elmondható, hogy a faanyag kémiai összetétele a kezelés során többször megváltozott, de a végeredményként egy környezetbarát terméket kaptunk.

#### 4. Következtetések

A tejsavas kezeléssel a további használatra való alkalmasság szempontjából egy kiváló terméket sikerült létrehozni. Ez a fa-műanyag kompozit rendszer kizárólag biológiai úton lebomló összetevőkből épül fel, tökéletesen környezetbarát az alkalmazása. A hosszirányban tömörített bükk faanyag sikeres telítése következtében annak dagadási és zsugorodási képessége jelentősen lecsökkent, azaz a komoly problémákat okozó dimenzióstabilitási problémákon nagymértékben sikerült javítani. Az eljárás alkalmas lehet ipari méretekben a legkülönbözőbb faanyagok kezelésére a dimenzióstabilitásuk és egyúttal fizikai tulajdonságaik esetleges javítása érdekében. Az eljárás és a felsorolt lehetőségek további kísérleteket igényelnek a nagyobb volumenű felhasználhatóság elérése érdekében.

#### Köszönetnyilvánítás

A munka az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-18-3-IV kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült (pályázati azonosító: ÚNKP-18-3-IV-SOE-10). Köszönet illeti Horváth Bíbor Júlia és Vadkerti Tóth Balázs faipari mérnök BSc szakos hallgatókat egyes mérések során végzett munkájukért, valamint Dr. Bak Miklósnak a teljes kutatási folyamatban nyújtott segítségéért.

#### Irodalomjegyzék

- [1] M. Báder and R. Németh, "Research conditions of the wood's longitudinal compression - Part 1 (Faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 1. rész)," *Gradus*, vol. 4, no. 2, pp. 403–411, 2017.
- [2] J. Buchter, J. Adelhoej, J. Ljoerring, and O. Hansen, *Introducing Compressed Wood*. Taastrup, Denmark: Danish Technological Institute, Department of Wood and Furniture, 1993.
- [3] B. Sparke, "Procedure for the production of wood with continued flexibility, especially for use as edge strips, furniture parts and similar purposes, where stringent demands are made on the flexibility of the wood (Fremgangsmåde til fremstilling af træ med blivende fleksibilitet, især til anvendelse som kantlister, møbeldele og lignende formål, hvor der stilles store krav til træets bøjelighed)," 170364 B1, 16-Aug-1989.
- [4] M. Báder and R. Németh, "Production technology and properties of longitudinally compressed wood," in *Proceedings of the 29th International Conference on Wood Science and Technology*, Zagreb, Croatia, 2018, pp. 35–43.
- [5] M. Báder and R. Németh, "Hygroscopicity of longitudinally compressed wood," *Acta Silv. et Lignaria Hungarica*, vol. 13, no. 2, pp. 135–144, Dec. 2017.
- [6] M. Báder and R. Németh, "Influence of longitudinal compression rate on the properties of wood," in *Proceedings of the 5th International Conference on Processing Technologies for the Forest and Bio-based Products Industries*, Freising/Munich, Germany, 2018, pp. 62–68.

- [7] M. Báder and R. Németh, "Research conditions of the wood's longitudinal compression - Part 2 (Faanyagok rostirányú tömörítésének kísérleti körülményei - 2. rész)," *Gradus*, vol. 4, no. 2, pp. 412–418, 2017.
- [8] M. Noël, W. J. Grigsby, and T. Volkmer, "Evaluating the extent of bio-polyester polymerization in solid wood by thermogravimetric analysis," *Journal of Wood Chemistry and Technology*, vol. 35, no. 5, pp. 325–336, 2015.
- [9] *ISO 13061-13: Physical and mechanical properties of wood - Test methods for small clear wood specimens - Part 13: Determination of radial and tangential shrinkage*. 2016, p. 4.
- [10] *ISO 13061-14: Physical and mechanical properties of wood - Test methods for small clear wood specimens - Part 14: Determination of volumetric shrinkage*. 2016, p. 5.
- [11] *ISO 13061-16: Physical and mechanical properties of wood - Test methods for small clear wood specimens - Part 16: Determination of volumetric swelling*. 2017, p. 4.
- [12] *ISO 13061-15: Physical and mechanical properties of wood - Test methods for small clear wood specimens - Part 15: Determination of radial and tangential swelling*. 2017, p. 3.
- [13] R. Wagenführ, *Atlas of Wood*, 6., neu Bearb. und erw. Aufl. Leipzig: Fachbuchverl. Leipzig im Hanser Verl, 2007.
- [14] S. Molnár, I. Peszlen, and A. Paukó, *Wood anatomy*. Budapest, Hungary: Szaktudás Kiadó Ház Zrt., 2007.