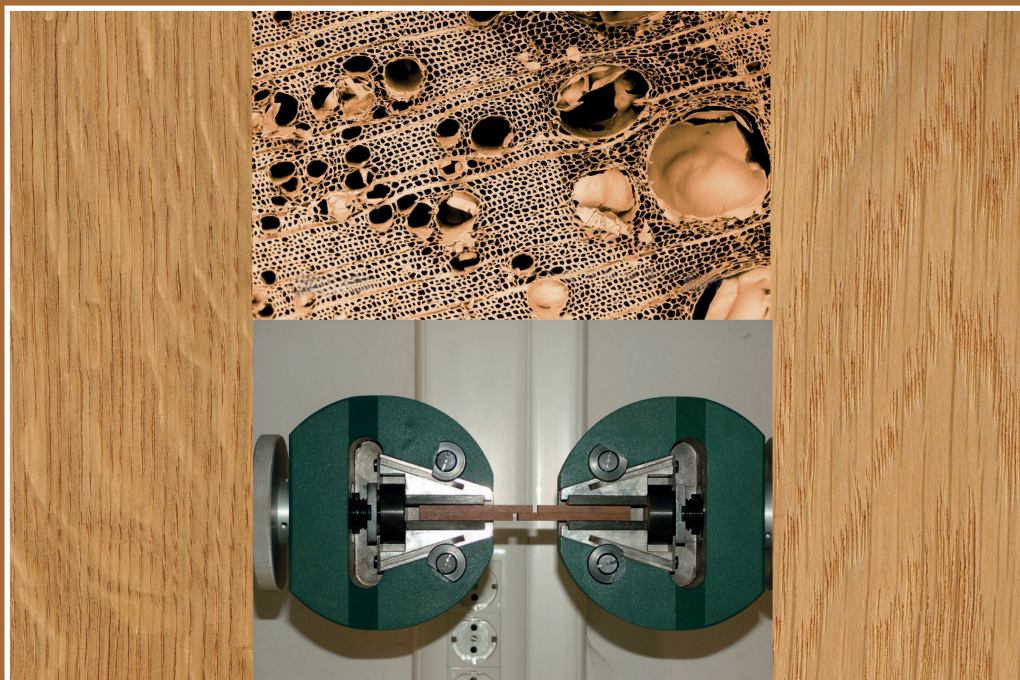


A faanyagtudományok története Magyarországon



Az MTA Erdészeti Tudományos Bizottságának
tanulmánykötete III.



2024

Az MTA Erdészeti Tudományos Bizottságának
tanulmánykötete III.

**A faanyagtudományok története
Magyarországon**

Az MTA Erdészeti Tudományos Bizottságának
tanulmánykötete III.

A faanyagtudományok története Magyarországon

Szerkesztette:

NÉMETH RÓBERT



SOPRONI EGYETEM KIADÓ
Sopron, 2024

A kiadvány a Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományok Osztálya Erdészeti Tudományos Bizottságának kezdeményezésére és irányításával valósult meg.



Jelen kiadvány a Soproni Egyetem Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kara anyagi támogatásával jött létre.

Az egyes fejezeteket lektorálta:
Németh Róbert

Kiadó:
Soproni Egyetem Kiadó

Felelős kiadó:
Prof. Dr. Fábíán Attila, a Soproni Egyetem rektora



Creative Commons license: CC BY-NC-SA 4.0 DEED



Nevezd meg! - Ne add el! - Így add tovább! 4.0 Nemzetközi
Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International

Borítókép:
Báder Mátyás, Bak Miklós, Németh Róbert

ISBN 978-963-334-512-2 (nyomtatott)

ISBN 978-963-334-513-9 (pdf)

DOI szám: <https://doi.org/10.35511/978-963-334-513-9>

Nyomdai kivitelezés:



INFORM
Kiadó & Nyomda

1149 Budapest, Angol u. 34.
www.informstudio.hu

Budapest, 2024/10

TARTALOM

<i>Beköszöntő</i>	6
<i>Előszó</i>	7
Faanatómia	8
Faanyagvizsgálatok	17
Roncsolásmentes faanyagvizsgálatok	29
Faanyagok szárítása és modifikálása	39
Faalapú kompozitok	54
A faanyag színe és színváltozásai	79
A fa mechanikai megmunkálása	90
A fa, mint építőanyag	132
Faanyag ökomérlege	151
Faenergetika	157
Faanyagok ragasztása és felületkezelése	168
Fejezetek a fakémia magyarországi történetéből	202
Faanyagvédelem	233
<i>A kötet szerzői</i>	251

A FAANYAG SZÍNE ÉS SZÍNVALTOZÁSAI

Tolvaj László és Preklet Edina

Bevezetés

A szín érzet egy nagyon összetett folyamat eredménye. A tárgyak a rájuk eső „fehér” (a szivárvány mindegyik színét tartalmazó) fényt részben elnyelik, a maradék részt pedig visszaverik, ami a szemünkbe jut. A szemünk szelektíven érzékeny a különböző hullámhosszú (színű) fénysugarakra. A szemünkben keletkező ingerületeket az agyunk alakítja színéretté. A színmérésnél ezt az összetett folyamatot kell mérőműszerekkel követni. Nem véletlen, hogy az első (készülékfüggetlen) jól működő színmeghatározó rendszert csak 1931-ben alkották meg. Annak ellenére, hogy Newton a fény- és színelméletét már 1672-ben bemutatta a Royal Society-ben. A bemutatott elmélet olyan nagy vitát generált a Tudós Társaságban, hogy a publikálásra csak 1704-ben szánta rá magát a neves tudós.

A faanyag színével foglalkozó első publikációk az 1900-as évek elején jelentek meg Schramm és Wislicenus tollából (Schramm 1906 a, b; Wislicenus 1910). Az összehasonlítható színmérési adatok létrehozásához szükséges egységes rendszert 1931-ben hozta létre a Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság (CIE) az X, Y és Z színinger összetevők meghatározásának rögzítésével. Ezen színinger összetevők felhasználásával lehet létrehozni színtereket. A Magyarországon szabványosított szintér a CIE $L^*a^*b^*$ szintér. A benne szereplő L^* , a^* és b^* színkoordinátákat bonyolult, köbgyökös képletek adják meg az X, Y és Z színinger összetevők felhasználásával (Csanády et al. 2015). Ezek a bonyolult képletek voltak az okozói, hogy az elektronikus számoló- és számítógépek megjelenéséig számottevő szakirodalmat nem találunk a színmérés területén.

A faanyag színvilága a természet egyik csodálatos alkotása. Az európai faanyagok színe a vörös és a sárga színtartományok között helyezkedik el, barnás színárnyalatú. Ez a meleg-barna tónus nyugalmat sugároz, ezért az emberek szívesen veszik körül magukat fából készült tárgyakkal. A fák többségének gesztje sötétebb, mint a szíjács, továbbá az az átmetezett pásztahatárok különleges rajzolatot képeznek a fából készült tárgyak felületén.

A színméréses faanyag-vizsgálatok múltja és jelene

A faanyag színének vizsgálata és mérése Magyarországon a huszadik század nyolcvanas éveiben kezdődött. Az ember színlátásának műszeres követése bonyolult, köbgyökös képletek alkalmazását kívánja meg, ezért a rendszeres színméréshez szükség volt a számoló- és számítógépek használatának elterjedésére. A faanyag színmérésével foglalkozó első magyarországi publikációk Németh Károly nevéhez fűződnek (Németh 1981 a, b, c, 1982, 1984; Németh & Faix 1988). A szerző bemutatta a faanyagok színjellemzőit és azok változását a felületkezelések során. Javaslatokat tett a CIE $L^*a^*b^*$ színmérő rendszer

alkalmazási lehetőségeire a faiparban. A tapasztalat szerint a világos faanyagok színezete sárgás árnyalatú, míg a sötét faanyagok színezete barnás árnyalatú. A színmérés igazolta, hogy a világosság és a színezet (színezeti szög) között egyenes arányosság áll fenn (Tolvaj et al. 2013). A későbbi vizsgálatok kimutatták, hogy a faanyag ezen tulajdonsága megmarad akkor is, ha színváltoztató termikus kezelés vagy fotodegradáció történik (Tolvaj & Németh 2008; Tolvaj & Mitsui 2010; Tolvaj et al. 2012; Kánnár et al. 2018).

A tárgyak színét a kémiai szerkezetükben lévő konjugált kettős kötések határozzák meg. A faanyagban ilyen kötések a ligninben és az extrahálható anyagokban találhatóak. Az extrakt anyagok határozzák meg a faanyag színét. A késői pászta általában több extrakt anyag van, ezért a késői pászta rendszerint sötétebb, mint a korai pászta. Az extrakt anyagok érzékenyen reagálnak a termikus kezelésekre és a fényhatásra. A frissen felfűrészelt akác és éger faanyag színe a vörös irányába tolódik el már 1–2 órás napsugárzás hatására. Németh Károly (1998) kutatásaiban összehasonlította a faanyagok termikus hatásokra bekövetkező színváltozásait extrakt anyagok kivonása előtt és után. Megállapította, hogy a színváltozást is döntően az extrakt anyagok okozzák. Oxidatív és nem oxidatív közegben elvégezve a kísérleteket azt tapasztalta, hogy oxigén jelenlétében erőteljesebben változik a szín.

A kedvezőtlen vagy jellegtelen színű faanyagok színét termikus kezeléssel célszerű módosítani. Ilyen kezelés a gőzölés, amikor 80–120 °C hőmérsékleten, telített vízgőzben módosítjuk a faanyag színét. A faanyag gőzölése fél évszázados múltra tekint vissza. A gőzölés színváltoztató hatásának leírásával először a magyar szakirodalomban találkozunk. A Faipari Kutató Intézetében a gőzölésnek az akác faanyag fizikai-mechanikai tulajdonságaira gyakorolt hatását vizsgálták. A gőzölési vizsgálatok középpontjában azóta is az akác faanyag található, mert a magas extrahálható anyagtartama miatt intenzív színváltozás érhető el. Az ipari méretű gőzölőben történt akácnesesítés eredményeiről Molnár Sándor (1976) számolt be. Az ipari gőzölőknél gondot jelentett, hogy nem tudták reprodukálni a kívánt színt akác esetében, de a bükk gőzölésénél ez a probléma nem jelentkezett. Az eltérések okának feltárása, egy nemzetközi projekt keretében szisztematikus laboratóriumi mérésekkel, a Soproni Egyetem laboratóriumában valósult meg. A projekt az 1996–2000 évek között futó nemzetközi INCO-COPERNICUS Program volt. A programban a partnereink voltak a Hamburgi Egyetem, a Zólyomi Egyetem és a delfti TNO Centre for Timber Research kutatóintézet. A projekt célja az akác faanyag ipari hasznosításának kiterjesztése volt. A natúr akác nem tetszetős, sárgás színének módosítása kedvezőbb barnás árnyalatra a projekt fontos alapeleme volt.

A műszeres színmérés kimutatta, hogy az akác színváltozása nagyon érzékeny az alkalmazott gőzölési hőmérsékletre. A leggyakrabban alkalmazott 100 °C alatti hőmérsékletek esetében, 4 napos gőzölésnél jól megfigyelhető ez az érzékenység. A laboratóriumi vizsgálatok megmutatták, ha a hőmérsékletet mindössze 5 °C-kal növeljük (95 °C-ról 100 °C-ra), akkor a vörös színezet 37%-kal növekszik, a sárga színezet értéke pedig 12%-kal csökken, a gőzölés előtti állapothoz viszonyítva. A szemünk ennél sokkal kisebb színváltozásokat is észrevesz, ezért az akác gőzölésénél pontosan tartani kell a beállított hőmérsékletet (Tolvaj et al. 2000). Erre a feladatra a 60–80-as évek gőzölő berendezései még nem voltak alkalmasak. Ezért nem működött az adott szín reprodukálása.

A 100 °C fölötti hőmérsékleteken a színváltozás akác esetében rövid idő alatt végbemegy és itt érhetők el a „csokoládébarna” színárnyalatok. Ezeken a hőmérsékleteken a gőzöléshez nyomásálló gőzölő berendezés szükséges. Magyarországon egyetlen ilyen berendezést állítottak üzembe Nyírbátorban.



A nyírbátori nagynyomású gőzölőhenger. A betolásra előkészített faanyag mennyisége jól mutatja a gőzölőhenger méretét. 2007. október 6., avatóünnepség. (Fotó: Molnár Sándor, 2007)

A kétezres évek elején tovább folytattuk az akác faanyag gőzölési tulajdonságainak vizsgálatát és az újabb eredményeket 2010-ben adtuk közre (Tolvaj et al. 2010). Az akác faanyag gőzöléssel történő színváltoztatásáról PhD dolgozat is készült (Horváth 2000). A dolgozat készítése során matematikai képletek születtek, melyek megadják az akác faanyag színváltozását a gőzölési hőmérséklet és gőzölési idő függvényében.

A barna színárnyalatok széles skálája hozható létre az akác faanyag gőzölésekor. Megállapításra került, hogy ezek a színárnyalatok hasonló színhatást keltenek, mint a sötét egzóta faanyagok. Sok esetben a különbség alig látható volt, vagy a gőzölt akác kedvezőbb rajzolatot mutatott, mint a hasonló egzóta faanyag. (Banadics et al. 2016).

A korai gőzölési tapasztalatok alapján az a mondás járta, hogy csak az élőnedves faanyagot lehet eredményesen gőzölni (Kollmann et al. 1951). A nagy térfogatú kamragőzölő faanyaggal való feltöltésénél általában nem lehet garantálni, hogy a berakott faanyag azonos nedvességtartalmú legyen. Különösen igaz ez olyan cégek esetében, akik több helyről szerzik be a gőzölendő faanyagot. A szállítások és a közbülső tárolások során a faanyag jelentősen száradhat. Ezért megvizsgáltuk, hogy a fent idézett régi megállapítás mennyiben helytálló. Az eredmények azt mutatták, hogy 95 °C fölötti hőmérsékleten már nincs lényeges különbség a szárazan és a nedvesen gőzölt faanyag színváltozása között. A kellően

magas gőzölési hőmérsékleten a gőzben lévő vízmolekulák sebessége elég magas ahhoz, hogy a faanyagot feltöltsék a színváltozáshoz szükséges vízmennyiséggel.

Két európai (akác és tölgy) és két trópusi (mearbau és sapupira) fafaj gőzölési tulajdonságait vizsgálta Varga & van der Zee (2008). A színváltozás mellett a mechanikai tulajdonságok változását is nyomon követték a gőzölési paraméterek függvényében (Varga 2008).

Bükk és cser faanyag gőzölésénél a színváltozás mértéke sokkal kevésbé függ az alkalmazott hőmérséklettől, mint az akácnál. A bükk faanyag gőzölési tulajdonságait egy ER-FARET program keretében vizsgáltuk részletesen. Bükk esetében a jellegtelen szürkés-fehér szín vörös irányú eltolása a cél. Ehhez a folyamathoz elegendő az egy napos gőzölés 100 °C alatt. Ezért a bükk faanyagot nem szokták 100 °C fölötti hőmérsékleten gőzölni. Ha 100 °C alatt gőzölünk, akkor a vörös színezet változásának eltérése a 80 °C-os és a 100 °C-os gőzölésnél egy nap alatt csupán 2%. A mért adatok tükrében nem meglepő, hogy a bükkgőzölés színváltoztató hatása alig függ a hőmérséklettől (Tolvaj et al. 2009; Tolvaj 2013). Az akác és a bükk faanyag gőzölési tulajdonságai közötti nagy különbség az eltérő extrakt anyagtartalommal magyarázható. Az álgesztes bükk faanyag hasznosításának növelésével foglalkozott egy Európai Unió Együttműködési Projekt 2004 és 2007 között (melyben német, spanyol, osztrák egyetemek és kutatóintézetek vettek részt a Soproni Egyetem mellett. A vizsgálatokban a fehér és az álgesztes bükk faanyag színét módosítottuk gőzöléssel, magas hőmérsékletű szárítással és UV besugárzással. A vizsgálatok azt mutatták, hogy a gőzölés alkalmas az álgeszt és a fehér faanyag közötti színelkülönbség csökkentésére. A gőzölés a fehér bükk faanyag színét a vörös árnyalatú álgeszt irányába toltta el, míg az álgeszt színe alig változott a gőzölés során. Az álgeszt és a fehér faanyag közötti nagy színelkülönbséget nem lehet megszüntetni gőzöléssel, de az eltérés jelentősen csökken és hasonló lett, mint más fafajoknál a korai és a késői pászta közötti színelterés.

A cser faanyag gőzölési tulajdonságait több projektben is vizsgáltuk annak érdekében, hogy a geszt és a szíjács közötti színelterést csökkentsük (Graboparkett projekt 2004, Homparkett projekt 2005, Nyírerdő projekt 2006) A jó fizikai és mechanikai tulajdonságú cser faanyag felhasználását nagy mértékben akadályozza, hogy a geszt sokkal sötétebb, mint a szíjács. A cser faanyag gőzölési tulajdonságai hasonlóak a bükk faanyag tulajdonságaihoz (Tolvaj & Molnár 2006, Tolvaj 2013). A gőzölés ezt a nagy színelterést jelentősen redukálja, és a geszt szürkés-barna színárnyalatában a szürke tónust lecsökkenti, ezáltal kellemes barna színárnyalat érhető el. Gőzöléssel a cser faanyag sokkal értékesebb felhasználása valósulhatna meg a jelenlegi eltüzelés helyett. Sajnálatos, hogy a fafeldolgozásban a csergőzölés ipari méretekben még nem erjedt el.

Az ültetvényben termelt nyár faanyag értéknövelő felhasználásánál is felvetődött a gőzölés lehetősége. Banadics Endre PhD hallgató vizsgálta a nyárgőzölés színváltoztató hatását. A kísérletek megmutatták, hogy a nyár faanyag jellegtelen szürkés-fehér színárnyalata gőzöléssel kellemes barna árnyalatúvá tehető, és a színezet dúság is megkétszereződik (Banadics & Tolvaj 2019). Előnye a gőzölésnek, hogy a korai és a késői pászta eltérő mértékben változtatja a színét. Így a gőzölés előtt láthatatlan rajzolat előtűnik. A gőzöléssel létrehozott szín alkalmassá teszi a nyár faanyagot beltéri falburkolatok, frontelemek készítésére.

Egy K+F program keretében vizsgáltuk a gyertyán faanyag gőzölési tulajdonságait. A projekt célja volt, hogy a nagy keménysége miatt iskolabútor készítésére alkalmas gyertyán faanyag jellegtelen szürkésfehér színét a kellemesebb barna árnyalatok irányába toljuk el vegyszerek alkalmazása nélkül. Mivel a gyertyán faanyagban nagyon kevés extrahálható anyag található, ezért csak a gőzölés első két napján tapasztaltunk gyenge elszíneződést, ami a gőzölés további napjain nem változott, illetve kismértékű fakulást figyeltünk meg. Ezért a gyertyán faanyagot akác, illetve bükk faanyaggal gőzöltük együtt. Szabad szemmel is megállapítható volt, hogy a bükk faanyag jelenléte a gyertyán színét kis mértékben a gőzölt bükk barnásvörös árnyalata felé tolta el. Az akác viszont a tölgyre emlékeztető barna árnyalatot eredményezett.

Az Északerdő 2005 projekt keretében a kocsányos tölgy faanyag gőzölési tulajdonságait vizsgáltuk. A laboratóriumi gőzölési eredmények alapján megállapítottuk, hogy a tölgy faanyag jól gőzölhető. Az eredmény egy kellemes barnás színárnyalat lesz, a szíjácsra és a gesztre vonatkozóan egyaránt. Atmoszférikus nyomáson történő gőzöléskor az optimális gőzölési idő, a geszt és a szíjács színhomogenizálását is figyelembe véve 80 °C-on 2–3 nap, 95 °C-on pedig 12–24 óra. Amennyiben sötét szín elérése a cél, akkor 100 °C közeli hőmérséklet alkalmazása javasolt. A vizsgált hőmérsékleteken a tölgy faanyag világossága folyamatosan csökkent, ezért a sötét színek elérésének elsősorban a gőzölési idő meghosszabbításával növekvő gőzölési költségek szabnak határt.

A gőzölés színváltoztató hatásával lombos fajok esetében a Nagy Parkettakönyv is foglalkozik (Molnár & Várkonyi 2007). Bemutatja az akác, a bükk, a cser, a cseresznye, a dió és a gyertyán faanyag gőzölési tulajdonságait a parkettagyártás szempontjából.

A laboratóriumi gőzölési kísérletek azt mutatják, hogy a fenyő faanyagok színmódosítására is alkalmas a gőzölés (Tolvaj et al. 2012). A kezelés hatására a színezet a vörösesből a barnás árnyalatok felé tolódik el és kissé megfakul. A keletkezett szín az antik faanyag benyomását kelti. A geszt és a szíjács, illetve a korai és a késői pászta közötti színeltérés a fenyőféléknél is csökkenthető gőzöléssel. A gőzölési paraméterek megfelelő megválasztásával a homogenizálódás mértéke tág határok között változtatható. Ennek a vörösfenyő esetében van jelentősége, ahol a geszt és a szíjács (illetve a korai és késői pászták) közötti nagy színeltérés csökkenthető. A nagyon sötétvörös színű késői pászta színe jelentősen világosodik, míg a korai pászta színe sötétedik a gőzölés során (Preklet et al. 2019). Hosszú gőzölési idő során a színeltérés majdnem teljesen eltűnik. A megfelelő gőzölési hőmérséklet és gőzölési idő alkalmazása esetén a kívánt színeltérés beállítható. Ennek a beállításnak a rajzolat megmaradása miatt van jelentősége. Egy japán-magyar TÉT projekt eredményei kimutatták, hogy a japán sugi fenyő (*Cryptomeria japonica* D. Don) a vörösfenyőhöz hasonló gőzölési tulajdonságokat mutat (Tolvaj et al. 2019).

A laboratóriumi vizsgálatok megmutatták, hogy gőzöléssel a faanyagok színe a szemünk számára kellemes barna árnyalatok felé tolható el és a színbeli inhomogenitások csökkenthetők.

A faanyag gőzölése során bekövetkező kémiai változásokat az infravörös színkép vizsgálatával lehet nyomon követni. Lomhullató fajoknál az acetyl csoportok lehasadása jelenti a fő kémiai változást (Nemeth et al. 2016).

A száraz termikus kezelések által okozott színváltozásokról a kötet 3. fejezetben található információk.

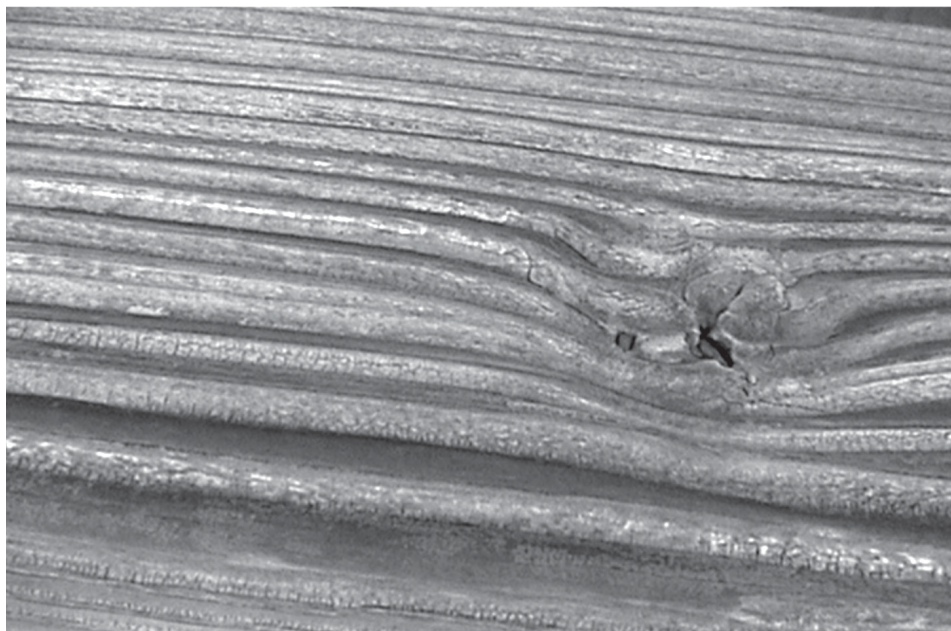
A napsugárzás, elsősorban annak ultraibolya (UV) része, módosítja a faanyag színét Oltean et al. (2010). Ezt a színváltozást több nemzetközi projekt keretében is vizsgáltuk. Egy Finn-Magyar Kutatási Projekt keretében a xenonlámpás fénybesugárzás színváltoztató hatását vizsgáltuk 1989-ben. Hamburgban a fotodegradáció és a termikus degradáció színváltoztató hatását vizsgáltuk 1993-ban, és az eredményeket egy nemzetközi folyóiratban (Tolvaj & Faix 1995) és egy konferencia kiadványban adtuk közre (Tolvaj & Faix 1996). A fotodegradáció eredményeként a sárga színezet értéke növekedett jelentősen mutatva, hogy a fő kémiai változást a lignin degradációja okozta. Egy Japán-Magyar kutatási projekt keretében (2003–2004-ben) összehasonlítottuk a napsugárzás színváltoztató hatását a xenonlámpás és a higanygőz lámpás besugárzás hatásával. Megállapítottuk, hogy a xenonlámpa alkalmas a napsugárzás imitálására, de csak hosszútávú kezelés esetén. A hatások háromnapos kezelés után közelednek egymáshoz. A higanygőz lámpa viszont nem bizonyul alkalmasnak a napsugárzás imitálására, de az általa létrehozott intenzív színváltozás miatt a higanygőz lámpa alkalmas gyorsesztek elvégzésére (Tolvaj & Mitsui 2005).

Egy magyar projekt keretében (FKFP 0419/1999), a világban elsőként, a fotodegradációnak a besugárzó fény hullámhosszától való függését vizsgáltuk ultraibolya és látható fényt kibocsátó lézerek segítségével, a Szegedi Tudományegyetem, Kísérleti Fizika Tanszékének laboratóriumában. A nagyszerű projekt eredményeit számos nemzetközi folyóiratban adtuk közre (Barta et al. 2005; Papp et al. 2004; 2005, Mitsui et al. 2005; Preklet et al. 2012)

Persze László (2011, 2012) 15 fafaj fotodegradációját vizsgálta a színmérés segítségével. A legnagyobb mértékű és a kezelés során folyamatos színváltozást az erdei fenyő, a lucfenyő, a vörösfenyő és a kőris produkálta. A vizsgálatok azt mutatták, hogy hosszútávon az akác, az amerikai cseresznye, a cseresznye, az éger és a hárs színe a legstabilabb, annak ellenére, hogy a kezelés kezdetén ezeknél a fafajoknál voltak a legintenzívebb változások. A legkisebb színváltozást a nyír faanyag mutatta. Az eredményekből az következik, hogy a fotodegradáció során bekövetkező színváltozás kettős folyamat. A fénybesugárzás károsítja a faanyagban meglévő kromofor kémiai csoportokat, de a lignin és az extrakt anyagok degradációját követő oxidáció során újabb kromofor csoportok keletkeznek. A két változás üteme fafajonként eltér, és jelentősen függ a fénybesugárzás hullámhossz-eloszlásától is. Az infravörös spektroszkópiai vizsgálatok megerősítették, hogy a lignin degradációja a meghatározó a fotodegradáció során (Csanády et al. 2015).

A színmérés jól követte, hogy fotodegradációs folyamatok erősen hőmérséklet függők. Az emelkedő hőmérséklet megnöveli a színváltozások mértékét. (Persze & Tolvaj 2012). Ez a megnövekedett színváltozás nem egyenlő a fotodegradációs és a termikus hatás összegével, hanem a megemelt hőmérséklet (100 °C felett) megsokszorozza a fény degradációs hatását. A színparaméterek változása 100 °C-ig követi az Arrhenius törvényt. Ezen hőmérséklet fölött a színváltozásokat létrehozó kémiai változások összetetté, többkomponensűvé válnak (Tolvaj et al. 2015).

A szabadba kitett faanyagok esetében a fotodegradáció mellett az eső kimosó hatása is megváltoztatja a faanyag színét. Az esővíz kimossa az extrahálható kromofor csoportokat az extrakt anyagokból és a lignin fotodegradációs termékeiből. A faanyag sötétedik. A vörös és a sárga színezet meghatározó kromofor csoportok egyaránt kimosódnak (Kánnár et al. 2018; Varga et al. 2020) A korai pászta jobban erodálódik, mint a késői pászta (Preklet et al.2021). Több éves kitettség során a felület érdesebbé válik. Az eredeti szín eltűnik, és a felületen a szürke cellulóz lesz látható.



A felvétel egy több száz éves japán templom egyik, időjárásnak kitett tartóoszlopjának elváltozását mutatja. Jól látszik, hogy a késői pászta időjárás-állósága sokkal jobb, mint a korai pásztaé. A göcs faanyaga is tartósnak mutatkozik. (Fotó: Anon.)

A nedvesítés és a felületkezelés is megváltoztatja a faanyag színét. A jelenség színváltoztató hatását tíz hazai fafaj esetében vizsgáltuk (Tolvaj & Preklet 2015). A nedvesítés csökkentette a minták világosságát, és növelte a sárga színezetet. A legnagyobb változást viszont a vörös színezet növekedése jelentette. Éger és nyír esetében a vörös színezet közel megduplázódott. Megállapítottuk, hogy a nedvesítés nem változtatja meg a színezeti szögét, de jelentősen megnöveli a színezet telítettségét. Gőzölt bükknél a változások sokkal nagyobbak voltak, mint a natúr bükknél. A vizes bázisú lakkréteg nagyobb mértékben változtatta meg a faanyagok színét, mint a vízzel történt nedvesítés. A sötétedést és a színtelítettség növekedését az okozza, hogy a víz és a felületkezelő anyagok bejutnak a felület alá, és bevezetik a fényt a faanyag mélyebb rétegeibe. A mélyebbre jutó fény nagyobb mértékben abszorbeálódik, és kevesebb jut vissza szemünkbe, ahhoz képest, mint amikor a natúr felületről verődik vissza.

Színmérési kutatások a jövőben

A hazai fafajok többségének gőzölési tulajdonságait már feltérképezték laboratóriumi vizsgálatok során. Az ipari gyakorlatban viszont csak az akác és a bükk faanyagot gőzölik a természetesnél kedvezőbb szín elérése érdekében. A laboratóriumi tapasztalatok alapján célszerű volna gőzölni néhány faanyagot a szín kedvezőbbé tétele vagy a színhomogenizálás érdekében. A legnagyobb lehetőség a cser faanyag színhomogenizálásában rejlik. Vele a nagyméretű szíjács és a geszt is kellemes barnás színárnyalatot kap, és a két nagyon eltérő alapszín közel kerül egymáshoz. Gőzöléssel a napjainkban eltűzelt cser faanyag értékes ipari alapanyaggá válhat.

A jövőben célszerű volna feltárni azon fafajok (pl. juhar, kőris, hárs, nyír) gőzölési tulajdonságait, melyeknek a faipari hasznosítását növelni lehetne az eredeti szín barna irányú eltolásával.

A fotodegradáció színváltoztató hatásának kémiai háttere még nem teljesen feltárt. A hosszútávon időjárásálló és transzparens felületkezelő anyagok kifejlesztése is a jövő feladata lesz.

Irodalom

- Banadics E.A., Gálos B. & Tolvaj L. 2016: A sötét egzóta faanyagok helyettesítése gőzölt akác faanyaggal. *Faipar* 64(1): 22–28.
- Banadics E.A. & Tolvaj L. 2019: Colour modification of poplar wood by steaming for brown colour. *European Journal of Wood and Wood Products* 77: 717–719.
- Barta E., Papp G., Preklet E.J., Tolvaj L., Berkesi O., Nagy T. & Szatmári, S. 2005: Changes in the DRIFT spectra of softwood materials irradiated by UV-laser as a function of energy. *Acta Silvatica & Lignaria Hungarica* 1(1): 83–91.
- Csanády E., Magoss E. & Tolvaj L. 2015: *Quality of Machined Wood Surfaces*. Springer Kiadó ISBN: 978-3-319-22418-3 DOI: 10.1007/978-3-319-22419-0
- Horváth-Szováti E. 2000: Az akác faanyag gőzölése során bekövetkező színváltozás vizsgálata. Doktori (PhD) értekezés, NYME Sopron.
- Kannar A., Tolvaj L. & Magoss E. 2018: Colour change of photodegraded spruce wood by water leaching. *Wood Research* 63(6): 935–946.
- Kollmann F., Keylwerth R. & Kübler H. 1951: Verfaerbungen des Vollholzes und der Furniere bei der künstlichen Holzracking. *Holz als Roh und Werkstoff* 9(10): 382–391.
- Mitsui K., Tolvaj L., Papp G., Bohus J., Szatmári S. & Berkesi, O. 2005: Changes in the properties of light-irradiated wood with heat treatment – Application of laser. *Wood Research* 50(1): 1–8.
- Molnár S. 1976: Akácfanemesítés Pusztavacson. *Az erdő* 15(11): 490–492.
- Molnár S. & Várkonyi G. (szerkesztők) 2007: *Nagy parkettakönyv: Parketták, fapadlók típusai, gyártásuk, lerakásuk*. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest. ISBN: 9789639736238
- Németh K. 1981/a: Színmérés a faiparban I. A természetes fa színmeghatározása. *Faipar* 31(9): 257–261.
- Németh K. 1981/b: Színmérés a faiparban II. Felületkezelés hatása a fa színére. *Faipar* 31(9): 261–264.

- Németh K. 1981/c: Színmérés a faiparban III. Pácolás hatása a fa színére. *Faipar* 31 (12): 370–373.
- Németh K. 1982: A fa színének értékelése a CIELAB-rendszerben. *Erdészeti és Faipari Egyetem Tudományos Közleményei* 2: 125–135.
- Németh K. 1984: Színmérés a faiparban IV. A CIELAB színíngermérő rendszer alkalmazása. *Faipar* 34(5): 156–159.
- Németh K. 1998: A faanyag degradációja. *Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest.*
- Németh K. & Faix O. 1988: Farbmessung zur Beobachtung der Photodegradation des Holzes. *Holz als Roh- und Werkstoff* 46 (12): 472.
- Nemeth R., Hill C.A.S., Takats P. & Tolvaj L. 2016: Chemical changes of wood during steaming measured by IR spectroscopy. *Wood Material Science and Engineering* 11(2): 95–101.
- Oltean L., Hansmann C., Nemeth R. & Teischinger A. 2010: Wood surface discolouration of three Hungarian hardwood species due to simulated indoor sunlight exposure. *Wood Research* 55: 49–58.
- Papp G., Preklet E.J., Kosiokva B., Barta E., Tolvaj L., Bohus J., Szatmári S. & Berkesi O. 2004: Effect of UV laser radiation with different wavelengths on the spectrum of lignin extracted from hard wood materials. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry* 163(1-2): 187–192.
- Papp G., Barta E., Preklet E.J., Tolvaj L., Berkesi O., Nagy T. & Szatmári S. 2005: Changes in DRIFT spectra of wood irradiated by UV laser as a function of energy. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry* 173(2): 137–142.
- Persze L. 2011: Magyarországi fafajok fotodegradációjának összehasonlítása: Színváltozás. *Faipar* 59(2–3): 35–46.
- Persze L. 2012: A hőmérséklet hatása a faanyag fotodegradációjára: Színváltozás. *Faipar* 60(2): 5–13.
- Persze L. & Tolvaj L. 2012: Photodegradation of wood at elevated temperature: Colour change. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 108: 44–47.
- Preklet E., Papp G., Barta E., Tolvaj L., Berkesi O., Bohus J. & Szatmári S. 2012: Changes in DRIFT spectra of wood irradiated by lasers of different wavelength. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 112(2): 43–47.
- Preklet E., Tolvaj L., Banadics E.A., Alpar T. & Varga D. 2019: Colour modification and homogenisation of larch wood by steaming. *Wood Research* 64(5): 811–820.
- Preklet E., Tolvaj L., Tsuchikawa S. & Varga D. 2021: Photodegradation properties of earlywood and latewood spruce timber surfaces. *Acta Silvatica & Lignaria Hungarica* 17(1): 9–20.
- Schramm W.H. 1906a: The yellowing of woods. *Jahresber Verein Angew Bot* 3: 116–139.
- Schramm W.H. 1906b: The graying of woods. *Jahresber Verein Angew Bot* 3: 140–153.
- Tolvaj L. & Faix O. 1995: Artificial Ageing of Wood Monitored by DRIFT Spectroscopy and CIE L*a*b* Color Measurements. I. Effect of UV Light. *Holzforschung* 49: 397–404.
- Tolvaj L. & Faix O. 1996: Modification of Wood Colour by Steaming. *ICWSF ,96 Conference Sopron*, pp 10–19.
- Tolvaj L., Horváth-Szováti E. & Sáfár C. 2000: Colour modification of black locust by steaming. *Wood Research (Drevarsky Vyskum)* 45(2): 25–32.
- Tolvaj L. & Mitsui K. 2005: Light Source Dependence of the Photodegradation of Wood. *Journal of Wood Science* 51: 468–473.
- Tolvaj L. & Molnár S. 2006: Colour homogenisation of hardwood species by steaming. *Acta Silvatica & Lignaria Hungarica* 2: 105–112.

- Tolvaj L. & Nemeth K. 2008: Correlation between hue-angle and colour lightness of steamed black locust wood. *Acta Silvatica & Lignaria Hungarica* 4: 55–59.
- Tolvaj L., Németh R., Varga D. & Molnár S. 2009: Colour homogenisation of beech wood by steam treatment. *Drewno-Wood* 52(8): 5–17.
- Tolvaj L. & Mitsui K. 2010: Correlation between hue angle and lightness of light irradiated wood. *Polymer Degradation and Stability* 95: 638–642.
- Tolvaj L., Varga D., Németh R. & Molnár S. 2010: Colour modification of black locust depending on the steaming parameters. *Wood Research* 55: 81–88.
- Tolvaj L., Papp G., Varga D. & Lang E. 2012: Effect of Steaming on the Colour Change of Softwoods. *BioResources* 7: 2799–2808.
- Tolvaj L. 2013: *A faanyag optikai tulajdonságai*. NyME Kiadó, Sopron.
ISBN: 978-963-359-012-6
- Tolvaj L., Persze L. & Lang E. 2013: Correlation between hue angle and lightness of wood species grown in Hungary. *Wood Research* 58: 141–145.
- Tolvaj L. & Preklet E. 2015: A faanyag színváltozása nedvesítés hatására. *Faipar* 63(1): 41–46.
- Tolvaj L., Tsuchikawa S., Inagaki T. & Varga D. 2015: Combined effects of UV light and elevated temperatures on wood discoloration. *Wood Science and Technology* 49: 1225–1237.
- Tolvaj L., Banadics E.A., Tsuchikawa S., Mitsui K. & Preklet E. 2019: Color modification and homogenization of sugi wood by steaming. *Asian Journal of Forestry* 3(1): 20–24.
- Varga D. & van der Zee M.E. 2008: Influence of steaming on selected wood properties of four hardwood species. *Holz als Roh und Werkstoff* 66(1): 11–18.
- Varga D. 2008: A gőzölés modifikáló hatásának vizsgálata két európai és két trópusi fafaj egyes fizikai-mechanikai tulajdonságainak tükrében. Doktori (PhD) értekezés, Nyugat-magyarországi Egyetem.
- Varga D., Tolvaj L., Molnar Zs. & Pasztory Z. 2020: Leaching effect of water on photodegraded hardwood species monitored by IR spectroscopy. *Wood Science and Technology* 54: 1407–1421.
- Wislicenus H. 1910: Change in color of wood by the action of gases and vapours for technological improvement. *Z Angew Chem* 23: 1441–1446.

Colour properties and colour change of wood

The colour inhomogeneity of wood results in one of the most beautiful colour harmonies created by nature. The hue ranges between brown and yellow, and gives us the feeling of warmth. In Hungary, regular colour measurement in wood science started in 1980's. This was due to the requirement of electronic calculators and computers that were unavailable beforehand.

Industrial scale steam treatment of wood to achieve colour changes was started as early as the second half of the last century. It involved mostly beech and black locust timber. Systematic research to explore the specific effects of various steaming parameters for individual wood species started about thirty years ago. The steaming behaviour and discolouration of black locust were the primary focus of these investigations. During the last two decades, steaming properties of several wood species (beech, Turkey oak, poplar, cherry, oak, spruce, Scots pine, larch and sugi) were studied. Laboratory experiments

showed that steaming is a proper treatment to shift the colour of less attractive wood species towards a more pleasant brownish tint. Steaming is a useful treatment also to reduce the colour inhomogeneity of wood material.

Colour is the most important aesthetic parameter for wooden structures. The attractive colour of wood is sensitive to light and heat irradiation. Colour measurement was found to be a proper method to monitor the changes generated by photodegradation. Light-induced discoloration of fifteen European wood species were studied by L. Persze. The results showed that the investigated species have highly different photodegradation properties. Colour measurement was a proper tool to follow the temperature dependence of photodegradation for wood. The leaching effect of rain during outdoor weathering was also monitored by colour measurement.