

Magyarországi fafajok fotodegradációjának összehasonlítása: Színváltozás*

PERSZE László¹

¹ NymE FMK, FMK PhD hallgató

Kivonat

A kutatás során 15 fafaj fotodegradációs tulajdonságait vizsgáltuk higanygőz lámpával történt besugárzással, 80°C hőmérsékleten. A minták egy másik sorozatát kétrétegű ablaküveg mögötti napfény besugárzásnak tettük ki. A változásokat színméréssel követtük. A legnagyobb mértékű és folyamatos színváltozást az erdei fenyő, a lucfenyő, a vörösfenyő és a kőris mutatta. A vizsgálatok azt mutatták, hogy hosszú távon 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. Az első 8 órában kialakult szín viszont tartósan mutatkozott, még az erős UV-sugárzást kibocsátó higanygőz lámpa esetében is. A legkisebb színváltozást a nyír faanyag mutatta. Az eredmények azt is mutatják, hogy a 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.

Kulcsszavak: fotodegradáció, ultraibolya fény, termikus degradáció, színváltozás

Photodegradation of wood species grown in Hungary: Colour change

Abstract

The photodegradation properties of 15 wood species were studied by mercury vapour lamp irradiation at 80°C. Another series of samples was irradiated by sunlight behind double glazed window. The changes were monitored by colour measurement. The greatest and continuous colour change was observed for Scots pine, spruce, larch and ash. The colour of black locust, cherries, alder, and lime were the most stable in spite of that these species suffered the greatest changes in the initial time of irradiation. The 8 hours modified colour remained stable during the irradiation by the strung UV emitter mercury lamp as well. Birch showed the smallest colour change. The results show the colour alteration is the result of two processes. The light irradiation degrades the chromophor groups being originally in the wood. The degradation of lignin and the extractives followed by oxidation processes creates new chromophor chemical groups as well. The intensity of the two processes depends on the wood species and sensitive to the wavelength distribution of the light irradiation.

Key words: Photodegradation, Ultraviolet light, Thermal degradation, Colour change,

*A kutatás a Talentum – Hallgatói tehetséggondozás komplex feltételrendszerének fejlesztése a Nyugat-magyarországi Egyetemen c. TÁMOP 4.2.2.B-10/1-2010-0018 számú projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

This research was supported by the European Union and co-financed by the European Social Fund in frame of the project „Talentum - Development of the complex condition framework for nursing talented students at the University of West Hungary”, project ID: TÁMOP 4.2.2.B-10/1-2010-0018



Bevezetés

A faanyag színe – a felhasználás tekintetében – az egyik legfontosabb paraméter. Azért kedveljük a fából készült termékeket magunk körül, mert a barnás árnyalatú színük melegséget sugároz. A fa felületének egyedülálló, dekoratív rajzolata szintén növeli a faanyagok beltéri felhasználását (Masuda 2001).

A fából készült termékek színe változik a termék élete során. A legnagyobb változást az ultraibolya (UV) sugárzás okozza (Tolvaj 1994/a, Tolvaj and Faix 1995, Andrady et al. 1998, Müller et al. 2003, Tolvaj and Mitsui 2005). A szabadba kitett faanyagok esetében a napsugárzás mellett a csapadéknak van még jelentős szerepe a faanyag degradációjánál. Az esővíz kimossa a degradációs termékeket és ezzel utat nyit a további rétegek fotodegradációjához (Tolvaj and Papp 1999). Beltérben a faanyag színe változik meg az öregedés során. A felszín sötétedik és barnul (Persze and Tolvaj 2012).

A fotodegradáció színváltoztató hatását mesterséges fényforrások felhasználásával szokták vizsgálni. A fényforrások hatása abban különbözik, hogy milyen mértékben tartalmaznak UV-sugárzást. A színváltozást az utóbbi két évtizedben kezdték felhasználni a fotodegradáció vizsgálatánál (Taneda et al. 1989, Tolvaj 1994/b, Tolvaj and Faix 1995, Chang and Chang 2001, Ayady et al. 2003, Hansmann et al. 2006, Oltean et al. 2008, 2009, Wang and Ren 2008, Sharratt et al. 2009, Tolvaj and Mitsui 2010). A vizsgálatok többségénél a teljes színváltozást határozták meg, mely egy értéként tartalmazza a világosság, a sárga és a vörös színezet együttes változását (Chang and Chang 2001, Müller et al. 2003, Ayadi et al. 2003, Oltean et al. 2008).

Tolvaj és Faix (1995) három tűlevelű és két lombos fafaj fotodegradációs tulajdonságait vizsgálta 200 órás higanygőz lámpás besugárzásnál. Gyors színváltozást tapasztaltak a kezelés első 50 órájában, majd a változás lelassult. A 200 órás kezelés által okozott színváltozásnak a fele az első 50 órában történt. Intenzív és folyamatos sárgulást tapasztaltak, mely kismértékű vörös irányú színeltolódással párosult. Hasonló eredményeket kaptak Sharratt et al. (2009) lucfenyő xenonlámpás besugárzásánál. George et al. (2005) vancouveri jegenyefenyő színváltozását vizsgálták kis teljesítményű (2 mW/cm^2) higanygőz lámpás besugárzásnál. Azt találták, hogy a vörös és a sárga színezet egyaránt, kis mértékben csökkent a kezelés első néhány órájában, melyet intenzív színezetváltozás követett. Wang and Ren (2008)

a moso bambusz fotodegradációs színváltozását hasonlította össze egy puha- és egy keménylombos trópusi fafaj tulajdonságaival. Megállapították, hogy a bambusz színe kevésbé változott, mint a másik két fafajé. Schnabel et al. (2009) egy évre a szabadba kitett jegenyefenyő és vörösfenyő mintákat vizsgált. A jegenyefenyő sokkal gyorsabban elszürkült, mint a vörösfenyő. A kezelés végén viszont már csak kis különbség mutatkozott. Az egyes faanyagok nem egyformán változtatják a színüket. Oltean et al. (2008) vizsgálta 16 fafaj színváltozását mesterséges, beltéri fénybesugárzás mellett. A tölgy mutatta a legkisebb színváltozást, míg a luc a legnagyobbat. Egy újabb munkában két nyár klón és az akác fotodegradációs színváltozását hasonlították össze (Oltean et al. 2010) ablaküveg mögötti napfény imitáció esetében. Megállapították, hogy a nyár klónok gesztje és szijácsa esetében alig történt vörös irányú színeltolódás a kezelés első 12 órájában. Ezzel szemben az akác elszenvedte a 96 órás kezelésre eső vörös színeltolódás döntő részét az első 12 órában. Az akácnál viszont alig volt sárga színezetváltozás.

Az extrakt anyagok jelenléte meghatározó szerepet játszik az egyes faanyagok színének kialakításában. Vizsgálták az extrakt anyagok hatását a faanyagok fotodegradációjára esetén (Nemeth et al. 1992, Zakri et al. 2007, Chang et al. 2010). Mindegyik vizsgálat arra az eredményre jutott, hogy a kellő mennyiségben jelen lévő extrakt anyagok védik a lignint a rá káros UV-sugárzással szemben.

A mesterséges fényforrásokkal történő besugárzásnál lényegesen eltérő hatások jelentkeznek attól függően, hogy a fényforrás milyen mértékben, és mely hullámhosszakon sugároz az UV-tartományban. Tolvaj és Mitsui xenonlámpa, higanygőz lámpa és direkt napsugárzás színváltoztató hatását hasonlította össze. Megállapították, hogy a higanygőz lámpás kezelés mindegyik színkoordináta esetében lényegesen nagyobb változást okozott, mint a másik két kezelés. A széles hullámhossz tartományban fényt kibocsátó fényforrások fotonjai sokféle kémiai változást képesek létrehozni a faanyag felszínén. A változások minimalizálása érdekében az utóbbi években egyetlen hullámhosszt kibocsátó lézerek alkalmazását kezdték el a fotodegradáció okozta kémiai változások felderítésére (Barta et al. 1998, 1999, Papp et al. 2004, 2005, Mitsui et al. 2005, Pandey and Vuorinen 2008). A lézer alkalmazása ígéretes technika a fotodegradáció jelenségének

részletes feltárására, de a színváltozás vizsgálatára nem találtunk adatokat a szakirodalomban.

Jelen vizsgálatok célja volt, hogy azoknak a faanyagoknak vizsgáljuk meg a fotodegradációs tulajdonságait, melyeket a faipar Magyarországon széles körben felhasznál elsősorban bútorigipari illetve belsőépítészeti célokra.

Vizsgálati anyagok és módszerek

A vizsgálatokba azokat a fafajokat vontuk be, melyek a bútorigipari felhasználásnál számításba jönnek. A fenyők közül a vizsgálatba bevontuk az erdei fenyőt (*Pinus sylvestris* L.), a lucfenyőt (*Picea abies* Mill.) és a vörösfenyőt (*Larix decidua* L.). A lombos fafajok közül akác (*Robinia pseudoacacia* L.), amerikai cseresznye (*Prunus avium* Ehrh.), cseresznye (*Prunus serotina* Ehrh.), dió (*Juglans regia* L.), éger (*Alnus glutinosa* L.), hárs (*Tilia cordata* Mill.), juhar (*Acer pseudoplatanus* L.), kőris (*Fraxinus excelsior* L.), nyár (*P. x euramericana* Pannonia), nyír (*Betula pendula* Roth) és tölgy (*Quercus petraea*) faanyagot vettünk vizsgálat alá. A fenyőminták felszíne világos korai pászttát és sötét késői pászttát egyaránt tartalmazott (sugárirányú metszet). Vizsgáltuk még gőzölt bükk (gőzölési hőmérséklet: 95°C, gőzölési idő: 1 nap) faanyag viselkedését is. Azért esett a választás a gőzölt bükkre, mert vele a gőzöléssel elért, módosított színnek a tartósságát tudtuk megfigyelni. A bútorgyártásnál szívesen használják a gőzölt bükköt, mert színe esztétikusabb, mint a szürkésfehér, natúr bükk színe.

A fényvel történt besugárzást egy szabályozható hőmérsékletű klímakamrában végeztük el. Fényforrásként két higanygőz lámpát használtunk. A két lámpa együttes elektromos teljesítményfelvétele 800 watt volt, és a minták 64 centiméterre helyezkedtek el a fényforrásoktól. A higanygőz lámpa emissziójának 80%-a az ultraibolya (UV) tartományba esik. A kamra hőmérsékletét 80°C-on stabilizáltuk. Azért választottuk ezt a hőmérsékletet, mert a fotodegradáció mellett a termikus degradációt is számításba kívántuk venni. Így kívántuk felgyorsítva imitálni azt a lassú színváltozást, amelyik a bútorok esetében megtörténik az évek során. A vizsgálatokhoz fafajonként 20-20 mintadarabot készítettünk 100x30x10 (mm) méretekkel.

Kontrollként mintákat helyeztünk kétrétegű ablaküveg mögé az egyetem laboratóriumában. Az ablak délnyugat felé nézett, és a minták felülete 45°-os szöveget zárt be a vízszintessel.

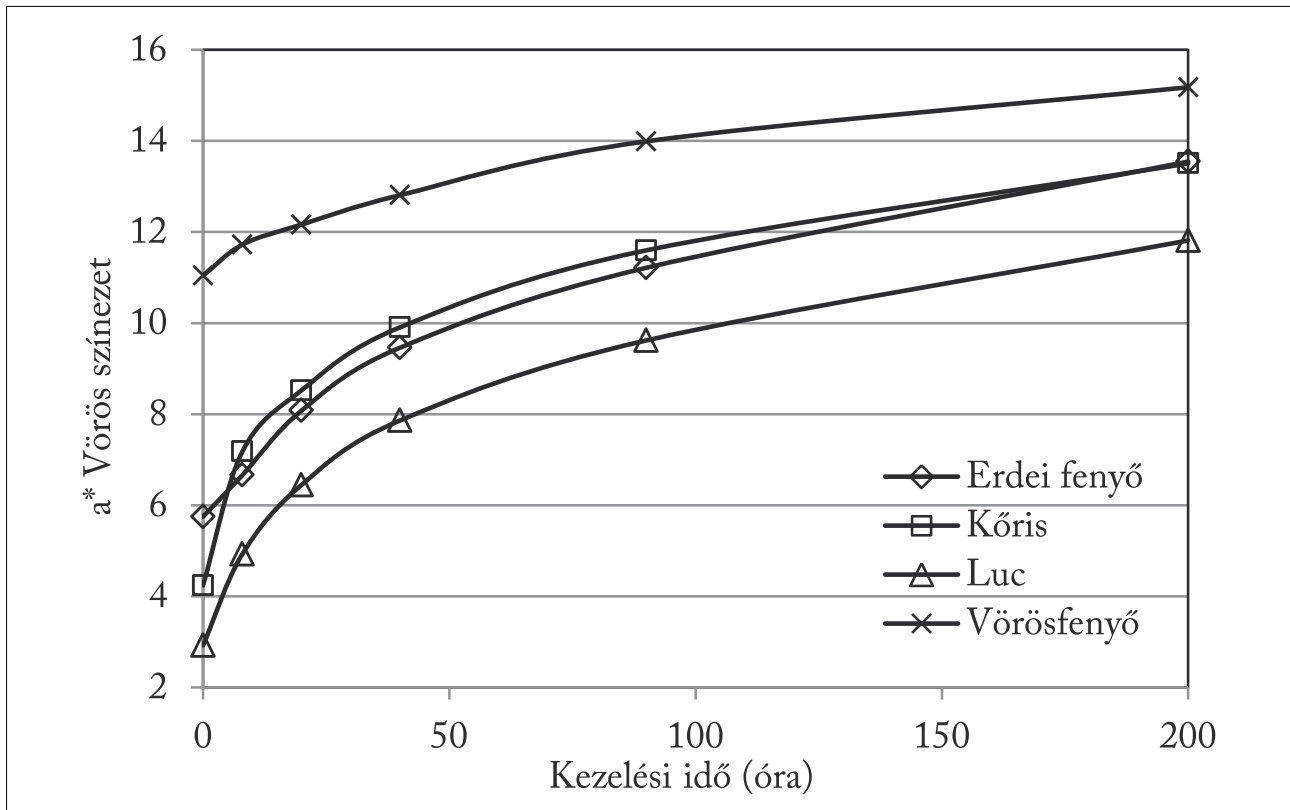
A faanyagok csak napsütéses időben voltak az ablak mögött 9–16 óra között, 2010 május és szeptember közötti időszakban. A besugárzások között a próbatesteket teljes sötétségben tároltuk.

A színváltozást egy Konica-Minolta 2600d típusú színmérő készülékkel követtük. A színmérést a kezelési idő megszakításával, 0, 8, 20, 40, 90 és 200 órás kezelés után végeztük el, mindkét besugárzás esetén. Próbatestenként 10 ponton végeztünk mérést, így az eredményeink 200 mérési adat átlagaként adódtak. Az adatokat a CIE L*a*b* színekoordináta rendszerben adtuk meg. A mérési eredmények a D65 fényforrásra vonatkoznak, 8 mm átmérőjű mérési felület esetén, 10°-os megfigyelés mellett.

A vizsgálati eredmények értékelése

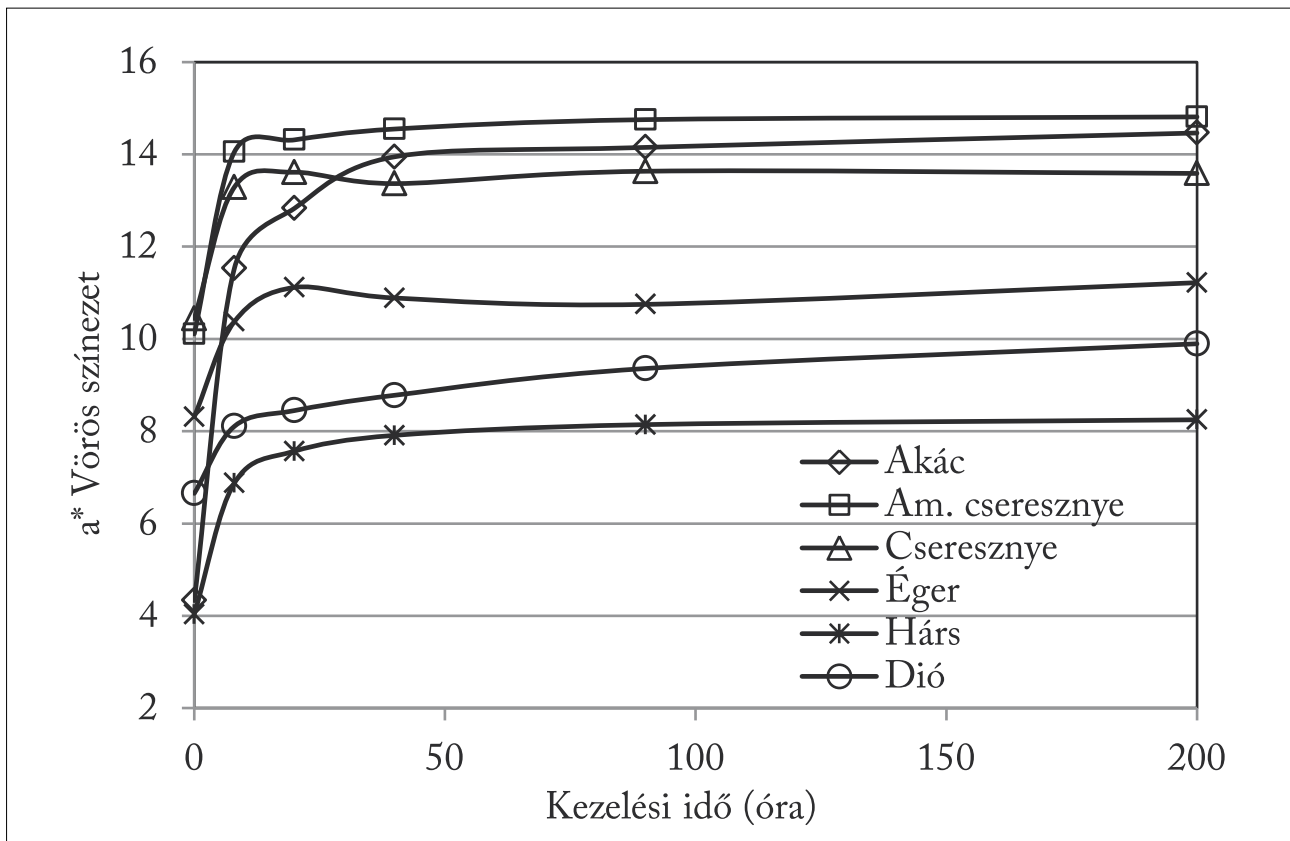
A színmérési eredményeit összehasonlítva megállapítottuk, hogy a fafajok között a legnagyobb eltérések az a*, vörös színezetben mutatkoztak (1-4. ábrák.). Az eltéréseket a 80°C-on történt fénybesugárzás adatainak részletes elemzésével mutatjuk be. Az egyforma változókat tartalmazó grafikonok tengelyeire egyforma osztásközt és azonos intervallumot vittünk föl a korrekt összehasonlítás érdekében. A vörös színezet változása alapján a vizsgált fafajokat 3 csoportba oszthatjuk be. A többi színekoordináta elemzése is hasonló csoportosítást mutat, csupán az eltérések voltak kisebbek. Az első csoportba a fenyőféléket és a kőrist soroltuk (1. ábra). A higanygőz lámpás besugárzás során folyamatosan emelkedett a vörös színezet értéke ennél a csoportnál. A növekedés az első 40 órában intenzívebb volt, mint a kezelés további részében. A besugárzás utolsó 140 órájában a vörös színezet gyakorlatilag lineárisan növekedett a kezelési idővel.

A második csoportba az akácot, az amerikai cseresznyét, a cseresznyét, az égert, a hársat és a diót soroltuk (2. ábra). Ezeknél a fafajoknál nagyon intenzív vörös irányú színeltolódást figyeltünk meg a kezelés első 8 órájában. Ezt követően a változás lelassult, és 40 óra után a vörös színezet már nem változott számottevően. A csoportban kitűnik az akác erőteljes vörös színezetnövekedése. Ez a változás az akácnál közel háromszor akkora volt, mint a többi fafajnál. A legkisebb változást a dió mutatta, és az egyetlen fafaj volt a csoportban, amelyik a 8 órás kezelést követően, végig kismértékű vörös színezetemelkedést mutatott.



1. ábra Az erdei fenyő, a kőris, a lucfenyő és a vörösfenyő vörös színezetének változása higanygőz lámpás besugárzásnál

Figure 1 The redness change of scots pine, ash, spruce and larch samples caused by mercury lamp irradiation



2. ábra Az akác, az amerikai cseresznye, a cseresznye, az éger, a hárs és a dió vörös színezetének változása higanygőz lámpás besugárzásnál

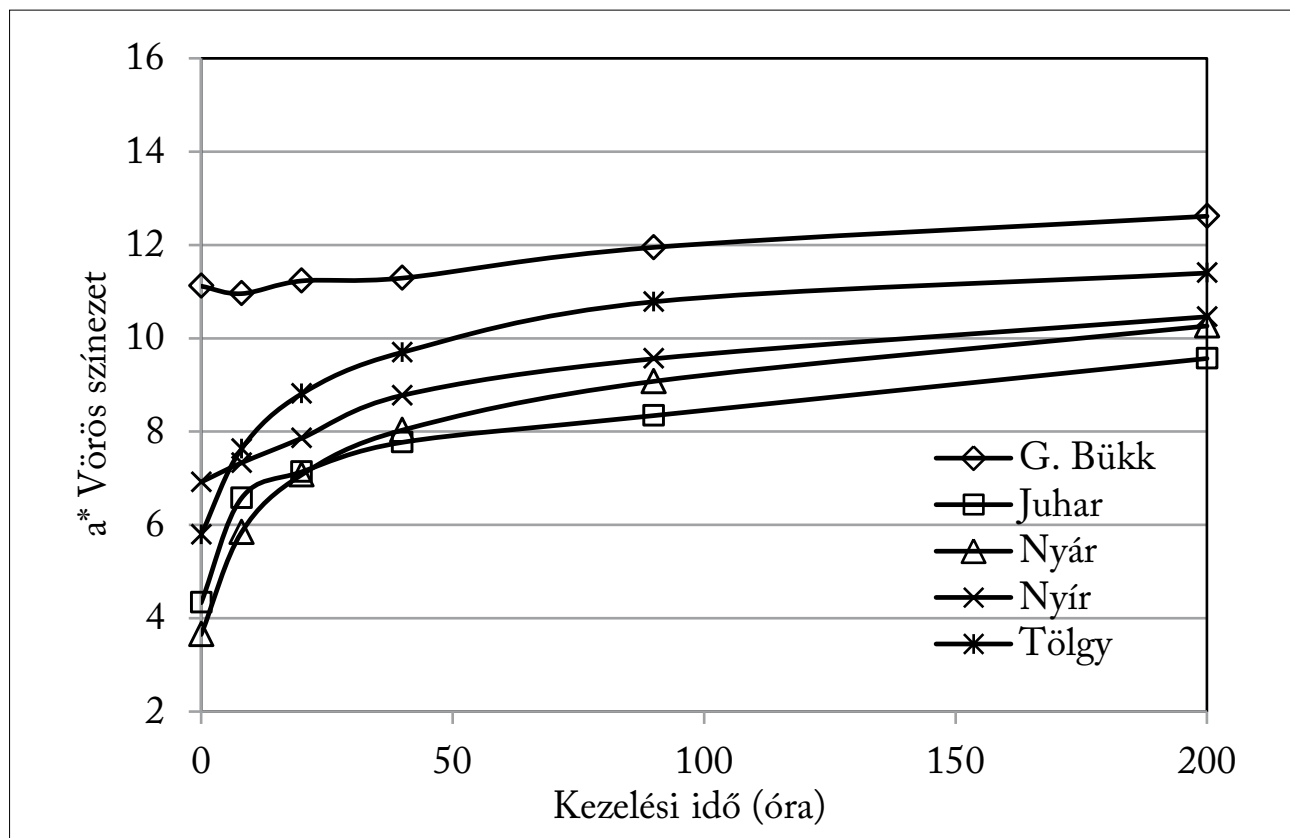
Figure 2 The redness change of black locust, american cherry, cherry, alder, lime, and walnut samples caused by mercury lamp irradiation

A harmadik csoportba (3. ábra) azok a faanyagok kerültek, melyek az első 8 órás kezelés során végbe-ment lényeges vörös irányú elszíneződés után további és folyamatos, de kismértékű vörös irányú eltolódást mutattak (gőzölt bükk, juhar, nyár, nyír, tölgy). A nyír és a gőzölt bükk minták kismértékű eltérést mutattak a csoport többi tagjához képest. Náluk nem volt intenzív változás a kezelés első 8 órájában, és a vörös színkoordináta változása közel lineáris volt az egész 200 órás kezelés során.

A higanygőz lámpás besugárzás nagyon intenzív fényhatást jelentett a minták számára. Ezért is használják a változások gyorsított imitálására. A valóságban a lakásunk bútorait ennél lényegesen kisebb fénytéljesítmény éri. Ezért végeztünk napfényel történő besugárzást kétrétegű ablaküvegen keresztül. A kisebb fényintenzitásnak köszönhetően, a színkoordinátáknál is kisebb mértékű változások voltak várhatók. Meg kell jegyezni, hogy ez a kezelés is lényegesen intenzívebb volt annál, mint amennyi fény a bútorokat általában éri, mert a mintáink közvetlenül az ablaküveg mögött helyezkedtek el a besugárzás során. Ezért az általunk alkalmazott napfénybesugárzás az ablaküveg mögött egy gyorsított változást

produkált a beltéri bútorok fotodegradációjához képest. A hosszú távú változások imitálásához viszont a higanygőz lámpákat célszerű alkalmazni. A rövid távú napfényimitációra viszont ezek a fényforrások nem alkalmasak (Tolvaj és Mitsui 2010).

A 200 órás ablaküveg mögötti napsugárzás hatására a színváltozás mindegyik koordináta esetében kisebb mértékű volt, mint a higanygőz lámpás besugárzás hatására. A vörös színezet változása alapján a fafajokat ugyanazokba a csoportokba lehetett besorolni a napfénybesugárzásnál, mint a higanygőz lámpás besugárzásnál. A változások jellege viszont más volt, különösen a kezelés első 8 órájában. Tapasztalható volt az a korábbi megfigyelés (Tolvaj és Mitsui 2005), hogy a napsugárzás hatására a vörös színezet nem változott, illetve csökkent a kezelés első néhány órájában. Az első csoportba sorolt faanyagok mindegyikének csökkent a vörös színezete a besugárzás első 8 órájában. Egyetlen kivétel az erdei fenyő volt, mert a csökkenés itt 20 óráig tartott. Ezt követte a vörös színezet értékének folyamatos növekedése. Az utolsó 160 órában ugyanakkora változás történt a napsugárzás hatására, mint a higanygőz lámpás kezelésnél.



3. ábra A gőzölt bükk, juhar, nyár, nyír és a tölgy vörös színezetének változása higanygőz lámpás besugárzásnál

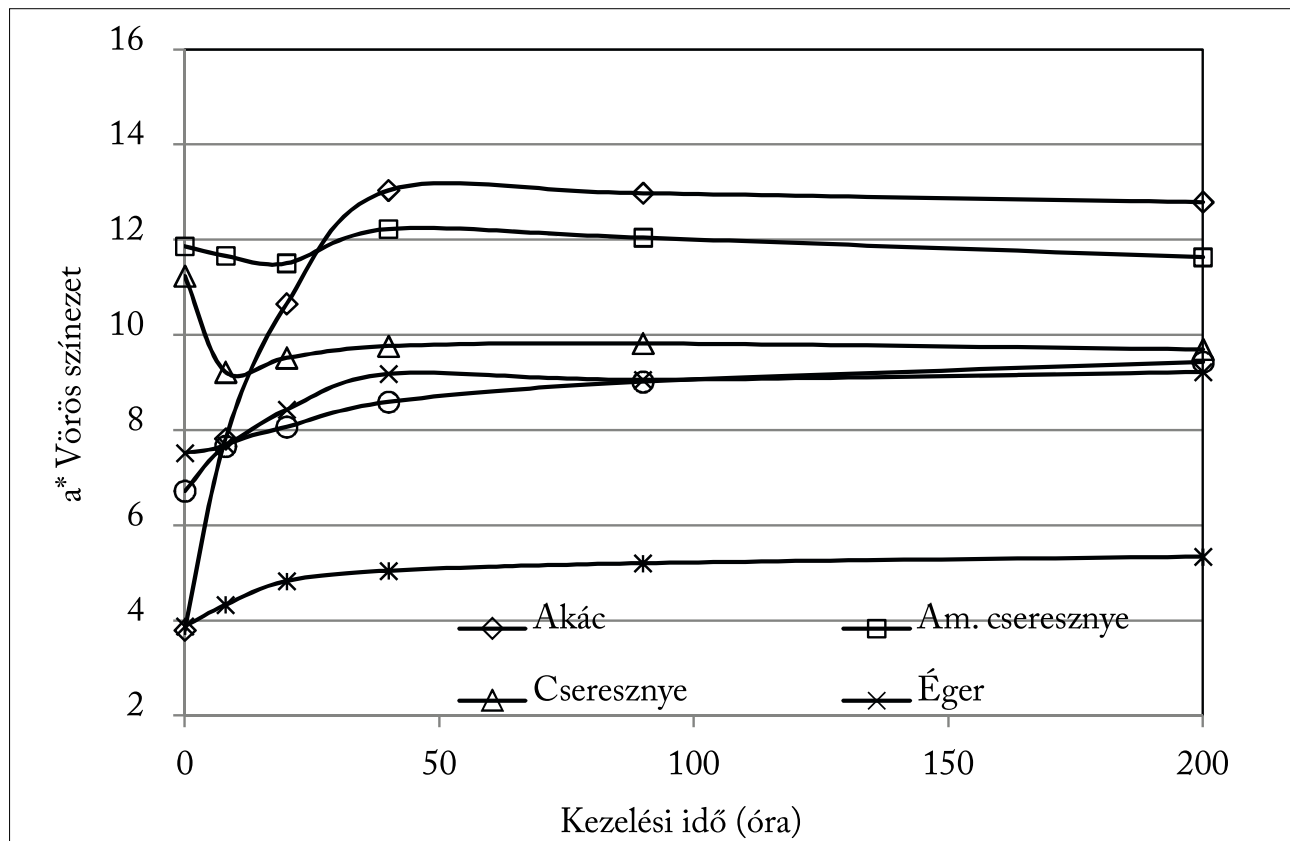
Figure 3 The redness change of steamed beech, maple, poplar, birch and oak samples caused by mercury lamp irradiation

A második csoportba sorolt fajoknál csupán a kétféle cseresznye faanyagánál csökkent a vörös színezet az első 8 órák ablaküveg mögötti besugárzásnál (4. ábra). A többi minta esetében az első 8 órában növekedést tapasztaltunk, de a változás üteme lényegesen gyengébb volt, mint higanygőz lámpás besugárzás esetében. Ennél a kezelésnél az akác jelentette az egyetlen kivételt, melynek vörös színezete a napsugárzás hatására is közel ugyanúgy változott a teljes időtartományban, mint a higanygőz lámpás besugárzásnál (2. és 4. ábra). A kezelés utolsó 160 órájában a vörös színezet a csoport faanyagainak egyikénél sem változott.

A harmadik csoportnál a gőzölt bükk vörös színezete másként változott az ablaküveg mögötti napfénybesugárzás hatására, mint a csoport többi tagjáé. Az első 8 órában nem történt változás, majd jelentős csökkenés mutatkozott, egészen a 40 óráig. A kezelés további részében minimális a^* koordináta csökkenés volt megfigyelhető. Az intenzív besugárzást produkáló higanygőz lámpa esetében is csak minimális vörös színezetnöveke-

dést produkált a gőzölt bükk (3. ábra). A jelenséget azzal magyarázhatjuk, hogy a gőzölés közben képződnek olyan kromofor csoportok, melyek a gőzölt bükk kellemes rózsaszínes árnyalatát adják (Tolvaj and Molnár 2006). Ezek a kromofor vegyületek a fotodegradáció során elbomlanak, de az ultraibolya sugárzás is produkál kromofor csoportokat. Az ablaküveg mögötti napfénybesugárzás esetében a bomlás intenzívebb, mint az új kromofor csoportok keletkezése. A higanygőz lámpás besugárzásnál viszont az intenzív UV-sugárzás hatására a fotodegradációt követő oxidációs folyamatok által keltett kromofor csoportok lesznek többen, mint az elbomló. A nyír jelentős, a tölgy és a nyár jelentéktelen vörös színezetcsökkenést, a juhar viszont kismértékű vörös színezetnövekedést mutatott a napfénybesugárzás első 8 órájában. A kezelés utolsó 160 órájában közel akkora vörös irányú eltolódást mértünk ennél a négy fajnál, mint a higanygőz lámpás besugárzásnál.

A 15 fajt magában foglaló mintasorozat alkalmas volt arra, hogy a natúr állapotban jelentősen eltérő



4. ábra Az akác, az amerikai cseresznye, a cseresznye, az éger, a hárs és a dió vörös színezetének változása ablaküveg mögötti napsugárzás hatására

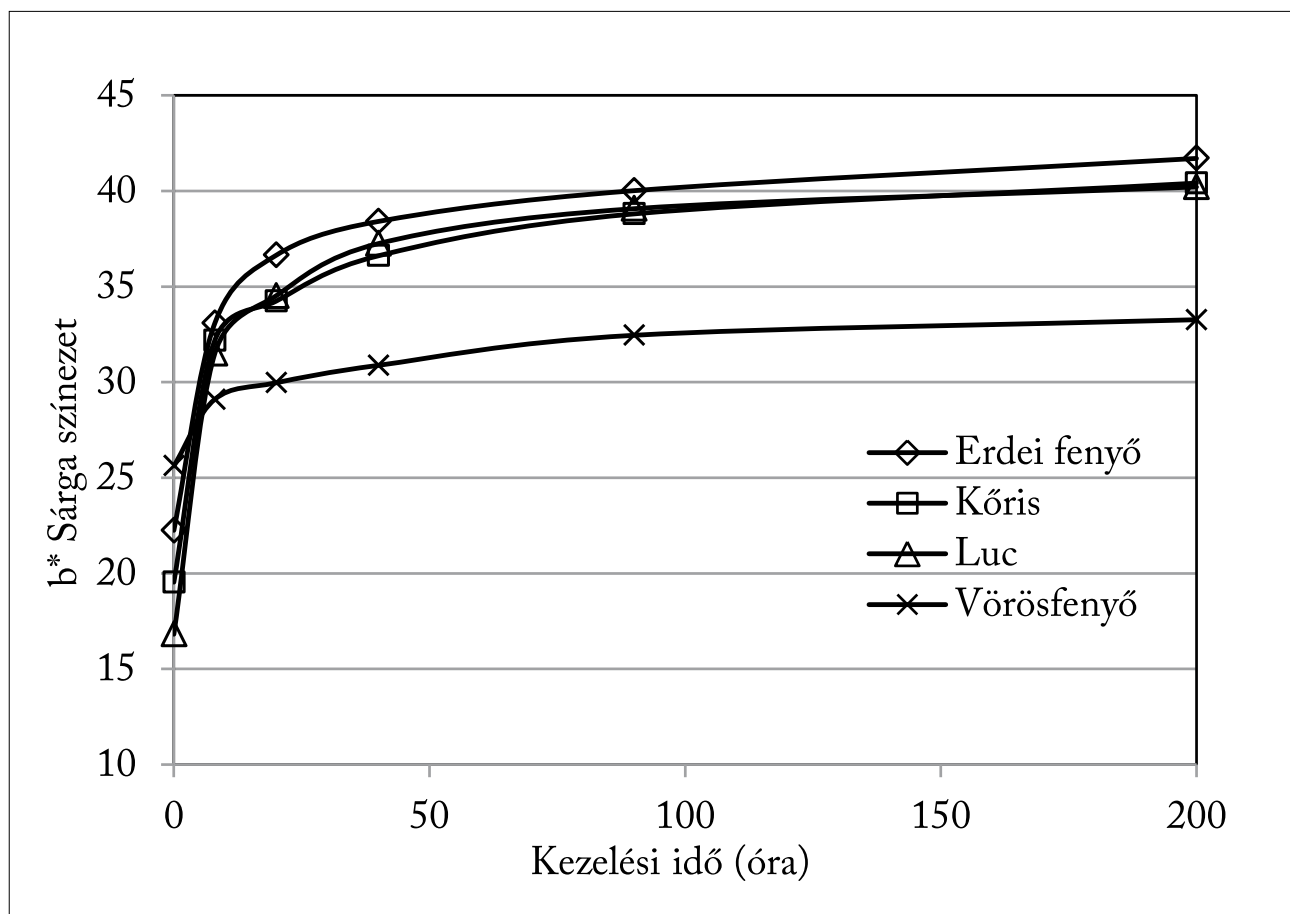
Figure 4 The redness change of black locust, american cherry, cherry, alder, lime, and walnut samples caused by sunlight irradiation behind window glass

vörös színezetű minták viselkedését tanulmányozzuk. A kezeletlen minták vörös színezete, a fafajtól függően, a 2,9 és a 11,1-es érték közötti tartományt közel egyenletesen kitöltötte. Megfigyelhető volt az a tendencia, hogy az eredendően vörösebb minták nagyobb színezetcsökkenést szenvedtek a napsugárzás hatására az első 8 órában, mint az eredendően kis vörös színezettel rendelkező minták. Ennek magyarázata is a gőzölt bükknél leírt kettős folyamatban keresendő.

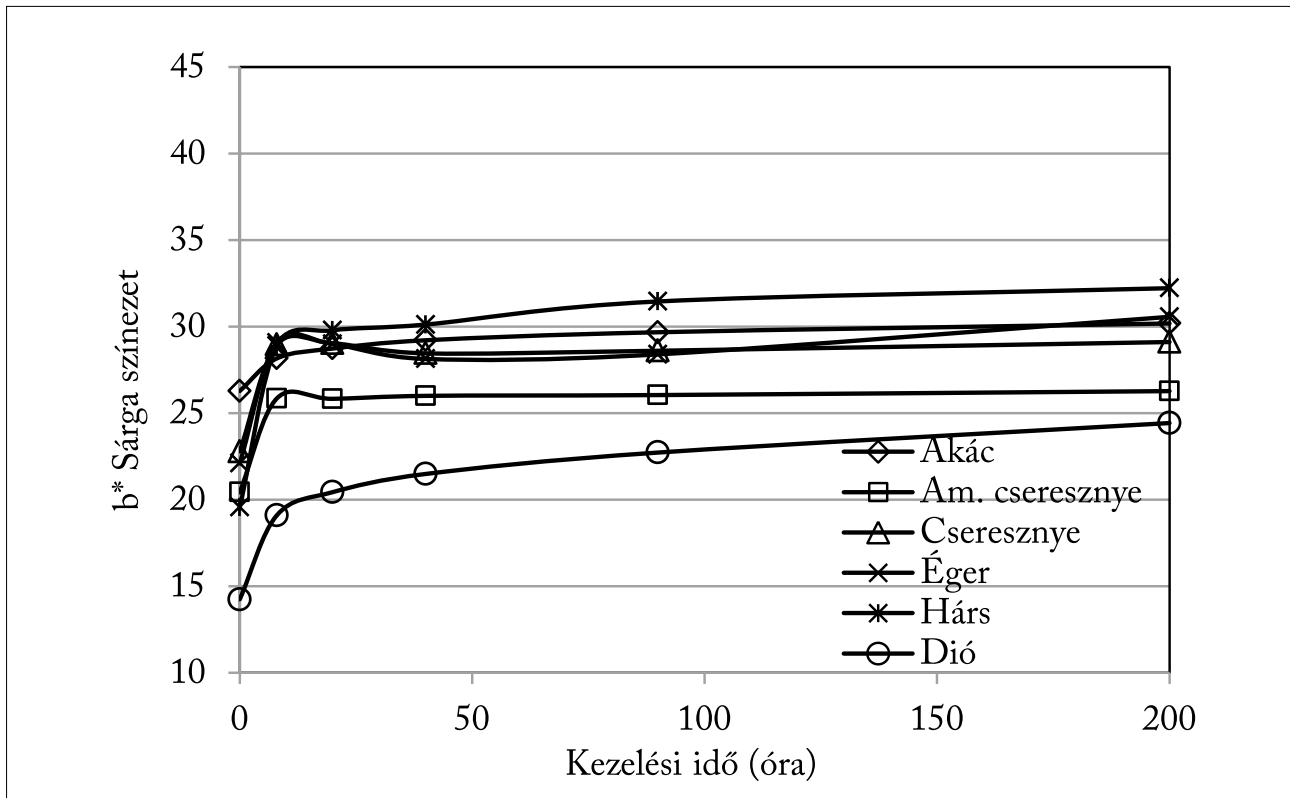
A sárga színezet változása nem mutatott olyan változatos képet, mint a vörös színezeté, de a három csoport itt is jól láthatóan elkülönült (5–7. ábrák). Az ábrákon a higanygőz lámpával történt besugárzás hatását mutatjuk be. A legkisebb sárga színezetváltozást az akác produkálta (6. ábra). Ennek oka, hogy az akácnak volt a legnagyobb a kezelés előtti sárga színezete. Valamennyi mintánál intenzív sárga színezetnövekedést figyeltünk meg a kezelés első 8 órájában. A változás intenzitása a további kezelés során fokozatosan csökkent. Az egyes csoportok közötti eltérések éppen a változásnak az ütemében

mutakoztak meg. Az első csoport mintáinál volt a legintenzívebb változás a kezelés első 20 órájában (5. ábra). Csupán a vörösfenyő nem illeszkedett ebbe a sorba, de ez azzal magyarázható, hogy az eredeti sárga színezete majdnem olyan magas volt, mint az akácé. A harmadik csoport fafajai csak annyiban különböztek az első csoporttól, hogy az első 20 órában a* koordinátanövekedés mérsékeltebb volt (7. ábra). A második csoport fafajainál volt a legkisebb sárga színezetnövekedés a kezelés első 8 órájában. Ezt a változást a sárga színezet stagnálása követte a kezelés további részében, hasonlóan, mint a vörös színezet változásánál.

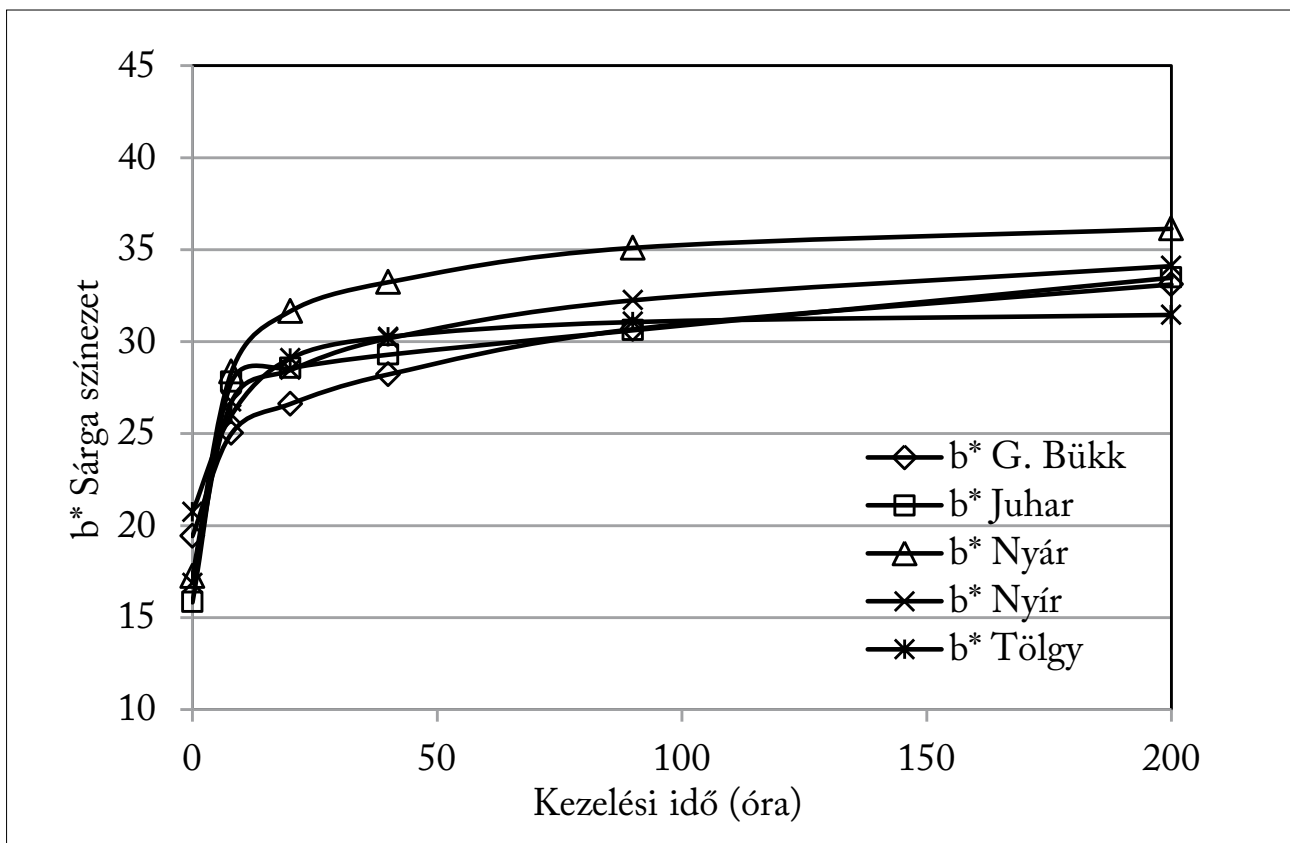
Az ablaküveg mögötti napsugárzás hatására bekövetkezett sárga színezetváltozás alig különbözött a három csoport esetében. Az egyes csoportokon belül a fafajok viselkedése alig tért el egymástól. A változást mutató görbék nagyon közel haladtak egymáshoz. Az egyetlen eltérés a teljes időtartamra vonatkozó változás mértékében volt. Az első csoport fafajai szenvedték el a legnagyobb változást. A második csoport esetében viszont alig volt változás.



5. ábra Az erdei fenyő, a kőris, a lucfenyő és a vörösfenyő sárga színezetének változása higanygőz lámpás besugárzásnál
Figure 5 The yellowness change of scots pine, ash, spruce and larch samples caused by mercury lamp irradiation



6. ábra Az akác, az amerikai cseresznye, a cseresznye, az éger, a hárs és a dió sárge színezetének változása higanygőz lámpás besugárzásnál
Figure 6 The yellowness change of black locust, american cherry, cherry, alder, lime, and walnut samples caused by mercury lamp irradiation



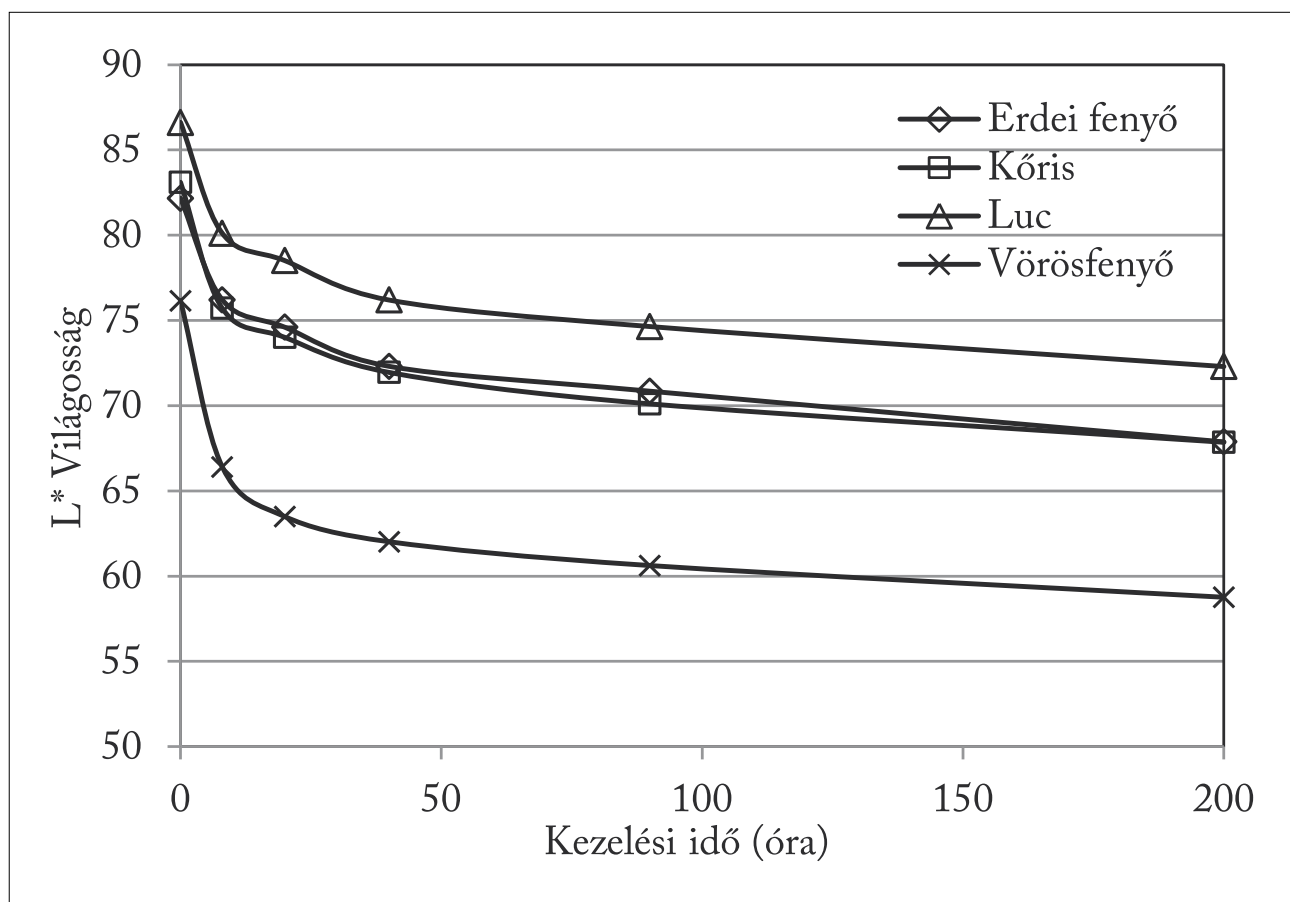
7. ábra A gőzölt bükk, juhar, nyár, nyír és a tölgy sárge színezetének változása higanygőz lámpás besugárzásnál
Figure 7 The yellowness change of steamed beech, maple, poplar, birch and oak samples caused by mercury lamp irradiation

Majdnem mindegyik faanyag sárga színezete csökkent a kezelés első 8 órájában. Kivételt csak néhány faj képezett, melyeknek alacsony volt a sárga színezete a kezelés előtt. Ezeknek a fajoknak az esetében is látszott, hogy az első 8 órában a változás tendenciája jelentősen elmaradt az utána következő időszakétól. Ebből is arra következtethetünk, hogy két folyamat játszódik le egy időben. A világosság változása nem mutatott akkora eltéréseket az egyes csoportok között, mint a vörös és a sárga színezet változása, a higanygőz lámpás kezelés esetén (8–10. ábrák). Sőt néhány faj a világosságváltozása alapján másik csoportba tartozónak mutatkozott. Ilyen volt a juhar, amelyik inkább az első csoport fajtáinak változását követte (10. ábra). Az amerikai cseresznye viszont az első 20 óra kivételével az első csoportba tartozóan viselkedett (9. ábra). A harmadik csoport (10. ábra) faanyagainak többsége ugyanúgy viselkedett, mint a második csoport fajtái. A kezelés negyötöd részében nem mutattak világosságváltozást. A legegységesebben itt is az első csoport fajtái viselkedtek. A kezdeti intenzív világosságcsökke-

nés után mérsékelt, de folyamatos világosságcsökkenést mutattak. A vizsgálatba bevont legsötétebb faanyag, a dió az első 40 órás mérsékelt világosságcsökkenés után folyamatos világosságnövekedést produkált, de nem világosodott vissza a kezelés előtti szintre.

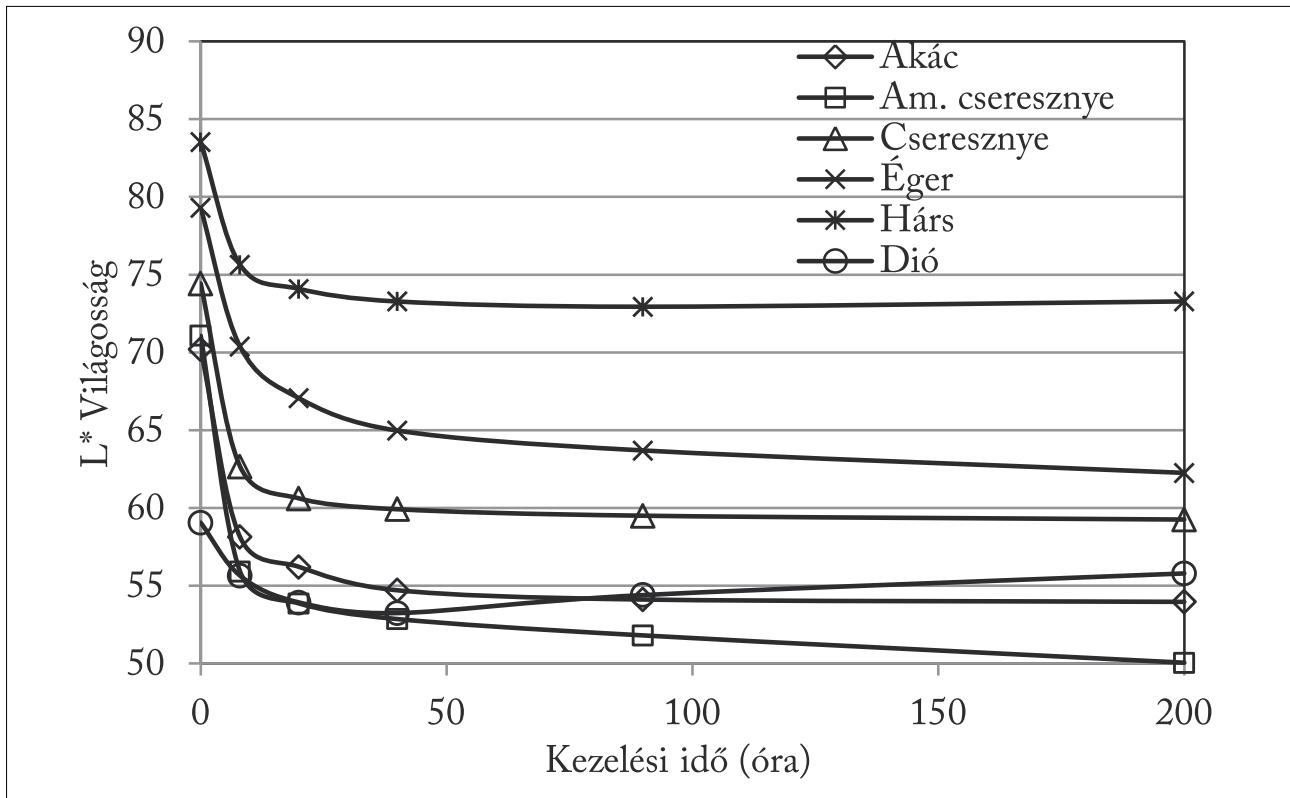
Az ablaküveg mögötti napfény besugárzásnál a faanyagok világossága hasonlóan változott, mint a higanygőz lámpás besugárzásnál. A leglényegesebb eltérés a kezelés első 20 órájában mutatkozott. Itt a napsugárzás mérsékeltőbb változást produkált, mint a higanygőz lámpás besugárzás. Kivételt képezett a gőzölt bükk, amelyik nem produkált sötétedést, hanem a 20. és a 90. óra között világosodott. Az akác is mutatott kismértékű világosodást a kezelés végén. A dió itt is úgy viselkedett, mint a higanygőz lámpás kezelésnél, de a világosodása jelentősen meghaladta a kezelés előtti értéket.

Mindhárom színkoordináta esetében a legstabilabbnak a nyír színe mutatkozott. A napsugárzásos kezelésnél sem a világosságában, sem a vörös színezetében nem volt eltérés a kezdő és a végérték között, és csak kis mértékben sárgult a faanyaga.

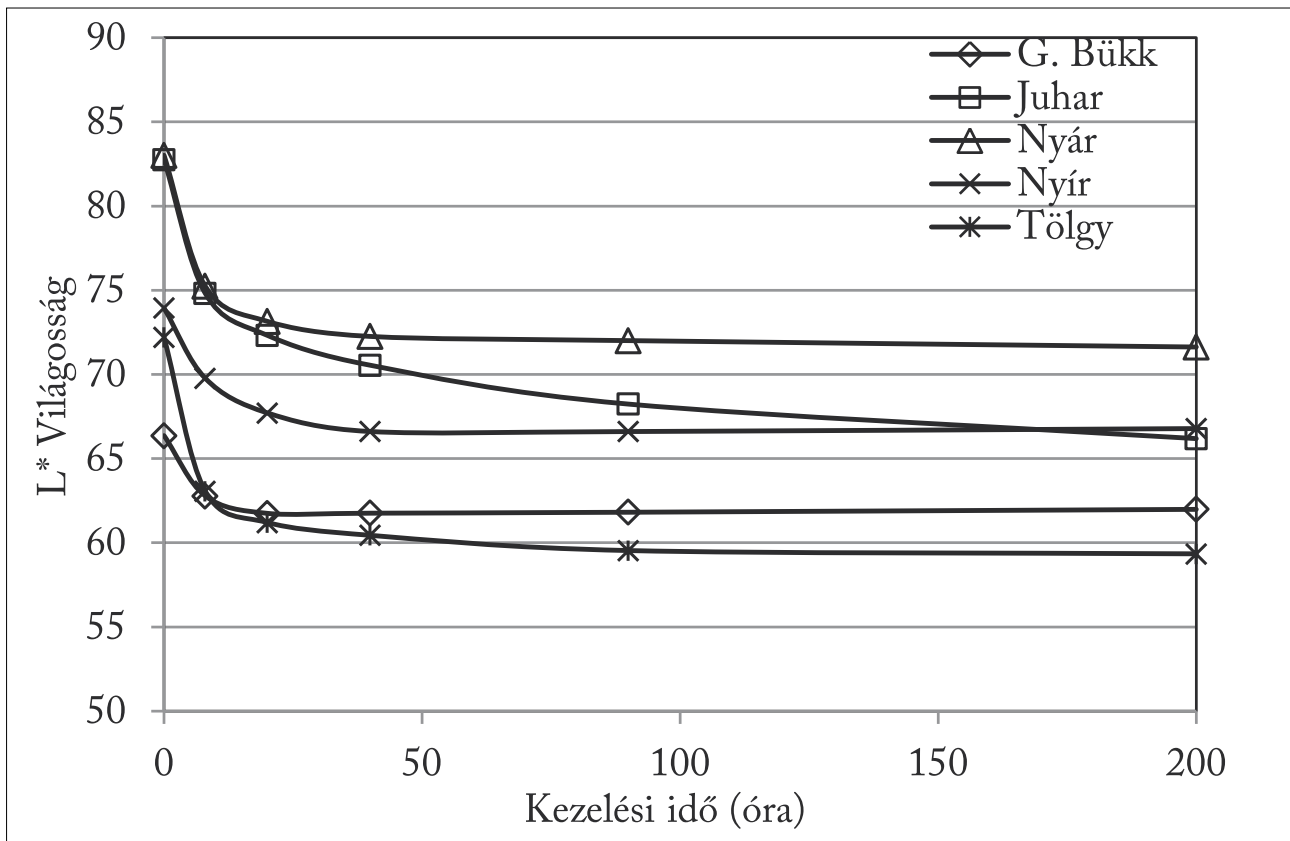


8. ábra Az erdei fenyő, a kőris, a lucfenyő és a vörösfenyő világosságának változása higanygőz lámpás besugárzásnál.

Figure 8 The lightness change of scots pine, ash, spruce and larch samples caused by mercury lamp irradiation.



9. ábra Az akác, az amerikai cseresznye, a cseresznye, az éger, a hárs és a dió világosságának változása higanygőz lámpás besugárzásnál
Figure 9 The lightness change of black locust, american cherry, cherry, alder, lime, and walnut samples caused by mercury lamp irradiation



10. ábra A gőzölt bükk, juhar, nyár, nyír és a tölgy világosságának változása higanygőz lámpás besugárzásnál
Figure 10 The lightness change of steamed beech, maple, poplar, birch and oak samples caused by mercury lamp irradiation

Összefoglalás

A vizsgálatok azt mutatták, hogy hosszú távon a második csoportba sorolt faanyagok (akác, amerikai cseresznye, cseresznye, éger, hárs) színe a legstabilabb, annak ellenére, hogy a kezelés kezdetén ezeknél a fafajoknál voltak a legintenzívebb változások. Az első 8 órában módosult szín viszont tartósan mutatkozott, még az erős UV-sugárzást kibocsátó higanygőz lámpa esetében is. A legkisebb színváltozást a nyír faanyag mutatta. A legsérülékenyebb a fenyőfélék és a kőris színe. Ezeknél a fafajoknál folyamatos színváltozást tapasztaltunk a teljes vizsgált időtartamban. Az eredmények azt is mutatják, hogy a színváltozás kettős folyamat. A fénybesugárzás rongálja 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, de jelentősen függ a fénybesugárzás hullámhossz eloszlásától is. Napsugárzás esetén a faanyagok többségénél a faanyagban meglévő kromofor kémiai csoportok bomlása intenzívebb volt, mint az új kromofor csoportok épülése, a kezelés első 8 órája során. Az eredmények alátámasztják azt a korábbi megfigyelést, hogy a higanygőz lámpa nem alkalmas a rövid idejű napfénybesugárzás imitálására.

Köszönetnyilvánítás:

A kutatás a Talentum – Hallgatói tehetséggondozás komplex feltételrendszerének fejlesztése a Nyugat-magyarországi Egyetemen c. TÁMOP-4.2.2.B-10/1-2010-0018 számú projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- Andrady AL, Hamid SH, Hu X, Torikai A (1998) Effects of increased solar ultraviolet radiation on materials. *J. Photochemistry and Photobiology B: Biology* 46:96-103
- Ayady, N., Lejeune, F., Charrier, F., Merlin, A. (2003) Color stability of heat treated wood during artificial weathering. *Holz Roh Werkstoff* 61:221-226
- Barta E, Tolvaj L, Nagy T, Szatmári S, Berkesi O, Papp G (1998) Wood degradation caused by UV-laser of 248 nm wavelength. *Holz als Roh- und Werkstoff* 56: 318
- Barta E, Tolvaj L, Nagy T, Szatmári S, Berkesi O, Papp G (1999) Photodegradation of leaf-wood caused by 248.5 nm UV laser. *Wood Research (Drevarsky Vyskum)* 44 (1): 13-19
- Chang, H.T. and Chang, S.T. (2001) Correlation between softwood discoloration induced by accelerated lightfastness testing and indoor exposure. *Polym. Degrad. Stab.* 72:361-365
- George B, Suttie E, Merlin A, Deglise X (2005) Photo-degradation and photo-stabilisation of wood (State of art). *Polymer Degradation and Stability* 88 (2): 268-274
- Hansmann, C., Deka, M., Wimmer, R., Gindl, W. (2006) Artificial weathering of wood surfaces modified by melamine formaldehyde resins. *Holz Roh Werkstoff* 64(3):198-203
- Masuda M (2001) Why human loves wood grain figure? *AIDA Journal* 10: 149-154
- Mitsui K, Tolvaj L, Papp G, Bohus J, Szatmári S, Berkesi O (2005) Changes in the properties of light-irradiated wood with heat treatment. Part 4. Application of laser. *Wood Research* 50 (1): 1-8.
- Müller U, Rätzsch M, Schwanninger M, Steiner M, Zöbl H (2003) Yellowing and IR-changes of spruce wood as result of UV-irradiation. *J. Photochemistry and Photobiology B: Biology* 69: 97-105
- Németh K, Vanó V, Faix O. (1992) The Effect of Wood Extractives on the Photodegradation of Wood. *EWLP Conf. Grenoble, France* 191-192
- Oltean L, Teischinger A, Hansmann C (2008) Wood surface discolouration due to simulated indoor sunlight exposure. *Holz als Roh- und Werkstoff* 66 (1): 51-56
- Oltean, L., Hansmann, C., Németh, R., Teischinger, A. (2009) Wood surface discolouration of three hungarian hardwood species due to simulated indoor sunlight exposure. *Wood Research.* 55(1): 49-58
- Pandey KK, Vuorinen T (2008) Comparative study of photodegradation of wood by a UV laser and a xenon light source. *Polymer Degradation and Stability* 93(12):2138-2146
- Papp G, Preklet E, Košíková 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, 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 & Photobiology, A: Chemistry*, 173 (2): 137-142
- Persze L, Tolvaj L (2012) Photodegradation of wood at elevated temperature: Colour change. (Elfogadás előtt van)
- Sharratt, V., Hill, C.A.S., Kint, D.P.R. (2009) A study of early colour change due to simulated accelerated sunlight exposure in Scots pine (*Pinus sylvestris*). *Polym. Degrad. Stab.* 94:1589-1594
- Taneda K, Yata N, Ota M (1989) The coloration of wood I. The light coloration of Beech sapwood. *Mokuza* 35 (6): 530-536
- Tolvaj L. (1994/a) A faanyag optikai tulajdonságai. In: *A faipari műveletek elmélete* (Szerk.: Sitkei György) Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest
- Tolvaj L (1994/b) Discoloration and deterioration of wood surface by ultraviolet light. *Wood Structure and Properties*, 94. Conf. (5-9 September) Zvolen, 177-182
- 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 (5): 397-404
- Tolvaj L, Papp G (1999) Outdoor Weathering of Impregnated and Steamed Black Locust. ICWSF'99 Conference, (14-16 July) Missenden Abbey (UK) 112-115
- Tolvaj L, Mitsui K (2005) Light Source Dependence of the Photodegradation of Wood. *Journal of Wood Sciences* 51: 468-473.
- Tolvaj L, Molnár S (2006) Colour homogenisation of hardwood species by steaming. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 2: 105-112 (<http://aslh.nyme.hu/>)
- Tolvaj L, Mitsui K (2010) Correlation between hue angle and lightness of light irradiated wood. *Polymer Degradation and Stability* 95 (4): 638-642
- Wang, X. and Ren, H. (2008) Comparative study of the photo-discoloration of moso bamboo (*Phillostachys pubescens* Mazel) and two wood species. *Applied Surface Science* 254:7029-7034

Hidakról, földrajzi-történeti áttekintés

III. rész: A reneszánsztól az első világháborúig

LÁNG Elemér¹

¹ Associate Professor Emeritus, West Virginia University, Division of Forestry and Natural Resources, Morgantown, WV 26505

Kivonat

A hídszerkezetek ismertetésének harmadik részében főleg a reneszánsz és az azt követő újkor hidjai kerültek megtárgyalásra. Hasonlóan az eddigi gyakorlathoz, elsősorban a fából készült hidak ismertetésére került sor. Ha lehetséges volt, a hidak építési évét, építőjüket és/vagy építetőjüket is megemlítettük.

Kulcsszavak: hídszerkezetek, fedett fahidak, történeti áttekintés