

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

**A fotodegradációs folyamat színváltoztató hatása a bútorigarban
felhasználható faanyagoknál**

Persze László

Sopron

2014

Az értekezés

Nyugat-magyarországi Egyetem

Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar

Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskola

Faanyagtudomány alprogramjának keretében készült.

Témavezetők:

Dr. Tolvaj László

Dr. Varga Dénes

1. A kutatómunka aktualitása, célkitűzései

A szín a szembe hatoló sugárzás által kiváltott tudattartalmat jelöli. A színingert az emberi szembe jutó 380 nm és 760 nm közötti hullámhosszúságú látható fény váltja ki. Az emberi szemben a csapok a színlátás receptorai, az általuk érzékelt színek a vörös, a zöld és a kék.

A faanyag színe, ami a vörös és a sárga között helyezkedik el, a felhasználás tekintetében, az egyik legfontosabb paraméter. A fából készült termékek színe változik, „öregszik” a termék élete során. Beltérben a fotodegradáció és a lassú termikus degradáció okozza a színváltozást. A fa színének változását legnagyobb mértékben az ultraibolya sugárzás okozza. Az UV tartománybeli fotonoknak van olyan nagy energiája, amelyik képes kémiai kötésben lévő elektronok kiszakítására, ezáltal degradálódik a szerkezet. A szabadterbe kitett faanyagot sokféle behatás éri. Ezek közül a napsugárzás hatása a legintenzívebb. A szabadba kitett faanyagok esetében a napsugárzás mellett a csapadéknak van még jelentős szerepe a faanyag felületi degradációjánál. Az esővíz kimossa a degradációs termékeket és ezzel utat nyit a további rétegek fotodegradációjához. A faanyag színét alkotó vegyületek egy éves kitétség alatt szinte teljesen kimosódnak, és a felszín szürkévé válik. Beltérben a faanyag színe változik meg az öregedés során. A felszín sötétedik és barnul. A világos színű faanyagoknál, elsősorban a fenyőkből készült termékeknél a legfeltűnőbb a beltéri színváltozás. A vásárlói igények megkívánják, hogy a fogyasztókat informáljuk azokról a változásokról, amelyek bekövetkeznek a termék élete során. Bútorok esetében ilyen a színváltozás. Ezért fontos feltárni tudományos igényrel a fából készült, beltérben használt termékek színmódosulásának időfüggését.

A színváltozás leírásához azonban objektív színmérésre van szükség. Ehhez színmérő készülékek állnak rendelkezésünkre, igaz ezek főleg a laboratóriumi kutatómunkáknál találhatók meg annak ellenére, hogy az iparban is egyre nagyobb az igény a színmérésre.

A színmérés alapvető feltétele olyan színinger-tér kidolgozása, amelyben minden színt egy önálló pont jelöl. Erre a CIE által kidolgozott CIELAB színinger-teret alkalmazzák, ahol a színpontokat az L^* , a^* , b^* értékekkel jellemezzük.

A dolgozatom tárgya a fentieknek megfelelően a Magyarországon, bútoringipari szempontból legfontosabb 15 fafaj színének változása a foto- és termikus degradáció hatására. A vizsgálatok elvégzésével a fénybesugárzás és a hőmérséklet hatása az egyes fafajokra egzakt módon leírható, azaz előre megmondható, hogy az adott fafaj milyen mértékű színváltozást fog produkálni az idő előrehaladtával adott mértékű fénybesugárzás hatására adott hőmérsékleten. Így a faanyagok pontos színváltozása előre tervezhetővé válik.

Számos nehezítő körülmény gátolja azonban a szabadban, napsugárzásnak kitett faanyagok felületén lezajló elváltozások vizsgálatát. A napsugárzás intenzitása nemcsak a napszaktól függően változik, de az évszakok során is jelentősen változik a sugárzás intenzitása a napsugarak dőlési szögének megváltozásával. Az előre nem kalkulálható felhős időszakok pedig teljesen ellehetetlenítik a valódi napsugárzási idő kalkulálását. Az eső kimossa a vízzoldékony vegyületeket. A levegő páratartalma is befolyással van a színváltozásra, de a páratartalom a nap folyamán állandóan változhat. A fentiekre tekintettel a faanyagok fotodegradációját általában mesterséges fényforrások alkalmazásával szokás elemezni. Ezen

okok miatt a vizsgálatok elvégzéséhez én is mesterséges fényforrást alkalmaztam. Az összehasonlítás érdekében ablaküveg mögött, napsugárzásnak kitett minták színváltozását is vizsgáltam.

2. Felhasznált anyagok és kutatási módszerek

A vizsgálatokba azt a 15 fafajt vontuk be, melyek a bútoripari felhasználásnál számításba jönnek. A fenyők közül a vizsgálatba bevontuk az erdeifenyőt (*Pinus sylvestris* L.), a lucfenyőt (*Picea abies* Mill.) és a vörösfenyőt (*Larix decidua* L.). A lombos fafajok közül akác (*Robinia pseudoacacia* L.), vadcsereesznye (*Prunus avium* L.), kései meggy vagy amerikai csereesznye (*Prunus serotina* Ehrh.), közönséges dió (*Juglans regia* L.), éger (*Alnus glutinosa* L.), hárs (*Tilia cordata* Mill.), hegyi juhar (*Acer pseudoplatanus* L.), magas kőris (*Fraxinus excelsior* L.), pannonia nyár (*P. x euramericana Pannonia*), bibircses nyír (*Betula pendula* Roth) és kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) faanyagot vettünk vizsgálat alá. A fenyő minták felszíne világos korai pásztát és sötét késői pásztát egyaránt tartalmazott, ezért sugárirányú metszeteken végeztem a színmérést. Vizsgáltam még gőzölt bükk (gőzölési hőmérséklet: 95°C, gőzölési idő: 24h) faanyag viselkedését is.

Négyféle vizsgálat történt: 30 és 80°C-on 800W higanygőz lámpás besugárzás; termikus kezelés 80°C-on teljes sötétségben; ablaküveg mögötti természetes besugárzás napfényel.

A fényel történt besugárzást egy szabályozható hőmérsékletű klímakamrában végeztem el. Fényforrásként két higanygőz lámpát használtam. 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 esett. A kibocsátott UV fény 31%-a az UV-A (380-315 nm) tartományba, 24%-a az UV-B (315-280 nm) tartományba és 25%-a az UV-C (> 280 nm) tartományba esik. A kamra hőmérsékletét 30 és 80°C-on stabilizáltam. Fafajonként 20 darab minta került besugárzásra.

A színváltozást egy Konica-Minolta 2600d típusú színmérő készülékkel követtem. A színmérést a kezelési idő megszakításával, 0; 8; 20; 40; 90 és 200 órás kezelés után végeztem el, mindegyik kezelés esetén. Próbatestenként 10 ponton végeztem mérést, így az eredményeim 200 mérési adat átlagaként adódtak. Az adatokat a CIE L*a*b* színkoordináta rendszerben adtam meg. A mérési eredmények a D65 fényforrásra vonatkoznak, 8 mm átmérőjű mérési felület esetén, 10°-os megfigyelés mellett. A méréskor fehér etalont alkalmaztunk.

3. A vizsgálatok eredményeinek összefoglalása

A 80°C-on higanygőz lámpás besugárzás és az ablaküveg mögötti természetes napfény besugárzás hatására létrejövő színváltozást együtt, a két hatást összehasonlítva vizsgáltam. A változás szerint 3, jól elkülöníthető csoportba lehet a fafajokat beosztani. Az 1. csoportba a fenyőfélék és a kőris tartozik, a második csoportba az akác, hárs, éger, dió és a csereesznye

fajok kerültek, míg a harmadik csoportot a gőzölt bükk, juhar, nyár, nyír és tölgy anyagok alkotják. A vizsgálatok kimutatták hogy:

- hosszútávon a második csoportba sorolt faanyagok színe a legstabilabb a fotodegradációval szemben, annak ellenére, hogy a kezelés kezdetén ezeknél a fafajoknál voltak a legintenzívebb változások. Az első 8 órában módosult szín viszont tartósnak mutatkozott, még az erős UV sugárzást kibocsátó higanygőz lámpa esetében is.
- A legkisebb színváltozást a nyír faanyag mutatta.
- A legszerűlekenyebb a fenyőfélék és a kőris színe. Ezeknél a fafajoknál folyamatos színváltozást tapasztaltunk a teljes vizsgált időtartamban.
- Megállapítottuk, hogy a teljes színváltozás (E*) vizsgálata nem ad olyan részletes információkat a színváltozásról, mint az egyes színkoordináták részletes elemzése.
- 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 kromofór csoportok keletkeznek.
- A két változás üteme fafajonként eltér, de jelentősen függ a fénybesugárzás hullámhossz eloszlásától is.
- Napsugárzás esetén a faanyagok többségénél a faanyagban meglévő kromofór kémiai csoportok bomlása intenzívebb volt, mint az új kromofór csoportok épülése, a kezelés első 8 órája során.
- Az eredmények alátámasztják azt a korábbi megfigyelést, hogy a higanygőz lámpa nem alkalmas a rövididejű napfény besugárzás imitálására.

A 30 és 80°C-on higanygőz lámpás besugárzás hatására létrejövő színváltozásokat összehasonlítva a 80°C-on teljes sötétségben végzett kutatási eredményekkel az alábbi megállapításokat tettem:

- a hőmérséklet hatása jelentős a faanyag fotodegradációja során.
- ugyanaz a fénybesugárzás lényegesen nagyobb vörös színkoordináta növekedést okoz 80°C-on mint 30°C-on.
- az erdei fenyő minták 80°C-on 57%-kal nagyobb vörös irányú színezetváltozást szenvedtek, mint 30°C-on.
- a legkevesebb extraktanyagot tartalmazó fafajok esetében volt a legkisebb vörös színezetváltozás. A szakirodalomban található eredményekre is alapozva megállapíthatjuk, hogy az extraktanyagoknak meghatározó szerepük van a vörös színezet változásában.
- a sárga színezet kétféle változást is mutatott. A fotodegradáció a sárga színezet növekedését okozta, míg a termikus hatás a sárga színkoordináta csökkenését produkálta. A fotodegradáció hatása a sárga színezet változására mindegyik fafajnál nagyobb volt, mint a termikus degradációé.

A mért adatok statisztikai elemzése alapján megállapíthatjuk, hogy:

- a vizsgált fafajok többségénél a fénybesugárzás növelte a minták színbeli inhomogenitását.

- a legnagyobb szórásnövekedést az akácnál és az amerikai cseresznyénél találtuk. Ezeknél a fafajoknál a világosság szórása volt a legnagyobb 5 körüli értékkel, míg a másik két koordináta esetében a szórás 2 körül alakult.
- egyértelmű, de csak kismértékű színbeli homogenizálódást csak az erdeifenyőnél találtunk.

a többi vizsgált fafajnál csak kismértékű színbeli homogenitás változást tapasztaltunk a fénybesugárzás hatására.

A kezeletlen minták színének elemzése alapján:

- összefüggés figyelhető meg a színezeti szög és a világosság között.
- a bükk; erdeifenyő; éger; hárs; juhar; kései meggy; kőris; lucfenyő; nyár; nyír; vadcserezsnye és vörösfenyő faanyagok színpontjai jól illeszkednek egy pozitív meredekségű egyenesre, melynek az illeszkedést jellemző szórásnégyzet értéke 0,91.

A nagy extraktanyag tartalmú fafajok, mint a tölgy, dió, akác és cser gesztje távolabb helyezkednek el az egyenestől.

4. Az értekezés tézisei

1. Megállapítottam, hogy a fenyő faanyagok esetében intenzívebb a fotodegradáció színváltoztató hatása, mint a lombos fafajok esetében. Ez az eltérés a kezdeti intenzív változás szakaszában és a későbbi mérsékelt változás időszakában egyaránt megfigyelhető. A kőris faanyaga hasonlóan viselkedett, mint a fenyőfélék.

2. Kimutattam, hogy a fotodegradációs színváltozás szempontjából a lomblevelű fafajok két csoportba oszthatók. Az egyik csoportnál (akác, kései meggy, vadcserezsnye, éger, hárs, dió) a kezdeti intenzív színváltozást színbeli stagnálás követte. A másik csoportnál (gőzölt bükk, juhar, nyár, nyír tölgy) a kezdeti szakasz kevésbé volt intenzív, mint az első csoportnál, de ezt további enyhe színváltozás követte. Ez a hosszú távú színváltozás közel sem volt olyan intenzív, mint a fenyők esetében.

3. Mérésekkel igazoltam, hogy a fotodegradáció növeli a faanyag felületének színbeli inhomogenitását. Egyetlen kivétel az erdeifenyő volt, ahol nagyon kismértékű színbeli homogenizálódást figyeltem meg. A legnagyobb inhomogenitás növekedést az akác és az amerikai cseresznye mutatta.

4. Igazoltam, hogy a napsugárzás ablaküveg mögötti színváltoztató hatása a kezelés első 20 órájában jelentősen eltér a higanygőz lámpás besugárzás hatásától. A higanygőz lámpás besugárzás ebben az intervallumban egyirányú és intenzív változást produkált. Ezzel szemben az ablaküveg mögötti napsugárzás jórészt színbeli stagnálást, de csökkenést és növekedést egyaránt produkált.

5. Kimutattam, hogy ugyanaz a fénybesugárzás lényegesen nagyobb vörös színkoordináta növekedést okoz 80°C-on mint 30°C-on. Az erdeifenyő minták 80°C-on 57%-kal nagyobb vörös irányú színezetváltozást szenvedtek, mint 30°C-on. A legkevesebb extraktanyagot tartalmazó fafajok esetében (például nyár) volt a legkisebb vörös színezetváltozás. A szakirodalomban található eredményekre is alapozva megállapítottam, hogy az extraktanyagoknak meghatározó szerepük van a vörös színezet változásában. Közvetlen napsugárzásnak kitett faanyagok esetében, erre a hatásra tekintettel kell lenni.

6. Mérésekkel igazoltam, hogy a magyarországi natúr állapotbeli fafajok esetében (a nagy extraktanyag tartalmú faanyagok kivételével) lineáris kapcsolat van a faanyag világossága és a színezeti szöge között. A nagy extraktanyag tartalmú faanyagok (tölgy, akác, dió) esetében a linearitástól való eltérés az extraktanyag tartalom függvénye.

A dolgozat témájához kapcsolódó publikációk

Idegen nyelvű, lektorált tudományos folyóiratban megjelent szakcikkek

Tolvaj L; Persze L; Albert L (2011)

Thermal degradation of wood during photodegradation

Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology 105: 90–93.

Impakt faktor: 2,814

Független idézők száma: 7

Persze L; Tolvaj L (2012)

Photodegradation of wood at elevated temperature: Colour change

Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology 108: 44-47.

Impakt faktor: 3,110

Független idézők száma: 7

Tolvaj L; Persze L; Lang E (2013)

Correlation between hue angle and lightness of wood species grown in Hungary

Wood Research 58:(1) 141-145.

Impakt faktor: 0,275

Független idézők száma: 2

Idegen nyelvű konferencia kiadványban megjelent szakcikkek

Tolvaj L; Persze L (2010)

Photodegradation of black locust

The 4th Conference on Hardwood Research and Utilisation in Europe. Sopron, (May 17-18.) 186-194.

Független idézők száma: 1

Persze L; Tolvaj L (2012)

Superposition of thermal- and photodegradation for wood monitored by colour measurement.

The 5th Conference on Hardwood Research and Utilisation in Europe. Sopron, (2012. sept. 10-11.) 33-40.

Magyar nyelvű folyóiratban megjelent szakcikkek

Tolvaj L; Takáts P; Persze L (2010)

A vízgőz jelenlétének szerepe a faanyag színének 90°C-os termikus kezeléssel történő változtatásakor

Faipar 58: (1) 5-10.

Tolvaj L; Persze L (2011)

A napsugárzás mesterséges fényforrásokkal történő imitálásának problémája

Faipar 59: (2-3) 19-26.

Persze L (2011)

Magyarországi fafajok fotodegradációjának összehasonlítása: Színváltozás

Faipar 59: (2-3) 35-49.

Független idézők száma: 1

Persze L (2012)

A hőmérséklet hatása a faanyag fotodegradációjára: Színváltozás

Faipar 60: (2) 5-13.

Független idézők száma: 1