



Kutasi Csaba

# A textíliák fénnyel szembeni viselkedése

A színes és fehér textiltermékek jelentős hányada részben vagy teljesen kültéri használatú. Ezért lényeges a napfény hatásának kitett színes cikkek várható színváltozásának, a fehérek sárgulásának vizsgálata. Ehhez különböző, fénnel, időjárással szembeni színtartósságot és anyagöregedést vizsgáló meghatározások állnak rendelkezésre. Megjegyzés: színes textíliának nemcsak az egyszínűeket tekintjük, hanem a többszínű (pl. nyomott-mintás, tarkán szövött, kötött) termékeket is.

A napsugárzás minden hullámsávja hozzájárul a színes textilanyagok fakításához, egyes megfigyelések szerint vannak esetek, amelyeknél a 600 nm-nél nagyobb hullámhosszúságú sugarak a teljes fakulás mintegy felét okozzák.

## A színes textíliák fényállóságát befolyásoló tényezők

A színezékekkel kapcsolatos újabb kutatások szerint minden szerves vegyület – függetlenül attól, hogy színességet biztosító csoport (kromofór) van-e benne – képes a fény adott hullámhosszúságú összetevőinek abszorbeálására, azonban csak a színezékek képesek erre az emberi szem érzékenységi határán belül. A fényabszorpcióhoz fontos a színezékmolekulák gerjeszthetősége.

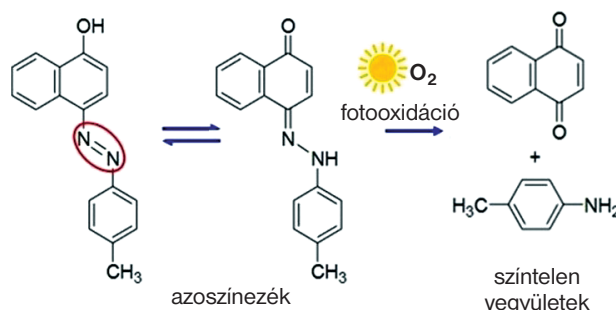
A korábbi Witt-elmélet szerint a telítetlen kromofór csoportok biztosítják az aromás színezékek részleges fényelnyelő képességét. Fontos szerepük van a színes vegyületeket színezékké tevő bázisos vagy savas auxokróm vegyületrészeknek (amino, hidroxil, karboxil, szulfo stb.) is, ezektől függ a vízdoldhatóság, továbbá a szálon való megkötődés is. A kromofór és auxokróm csoportok együttesen alkotják a kromogén vegyületet.

A konjugált és növekvő számban jelen levő kettős kötések  $\pi$ -elektronjainak gerjesztése kisebb energiaigényű, így a fényabszorpció a látható tartományba kerül. A kiterjedt konjugáció alapját a koplánaris szerkezet (az aromás gyűrűk, a molekula felépítésében részt vevő atomok egy síkban fekszenek) teszi lehetővé.

A textiliparban használt színezékek több mint 50%-a olyan szerves vegyület, amelynek kromofór konjugált rendszerében egy, két vagy több *azocsoport* van. Ezek hatására jön létre a fényabszorpció, ami a fotokémiai reakcióhoz vezet. Az azoszínezékek fotokémiai reakciói oxidációs, redukciós, illetve gyökös formában mennek végbe (általában vegyes mechanizmussal **1. ábra**).

A színezék szerkezetén kívül a színezett textília fényállóságát befolyásolja:

- A *színezés módja* (pl. mesterséges szálak esetében szálmasszában történő színezés a szálgyártó iparban  $\rightarrow$  pl. árnyékoló textíliák; bármilyen eredetű szálhalmaz, fonal, kel-



1. ábra. Azoszínezék fakulása fotooxidáció hatására

me, darabáru utólagos színezése a textiliparban  $\rightarrow$  pl. ruházati- és lakástextiltermék),

- a *színezék kötődése* a szálhoz (pl. másodrendű kötőerő, ionos kötés, kovalens kötés),
- a *színezék aggregációs mértéke*,
- a *szálba bevitt színezék koncentrációja*,
- a *szál anyagi minősége és finomsága*, a kelme felületképzési módja, miután a különböző szálanyagok és textilanyagok eltérő mértékben abszorbeálják a fakulást okozó fény- és UV-sugárzási komponenseket,
- a textilanyag *elő- és utókezelése* (pl. réz-, nikkel-, króm- és kobaltionok javítják, az egyes műgyantás és kationos utánkezelések rontják a fényállóságot),
- a *szennyeződések* (pl. verejték) hatása, végül, de nem utolsósorban
- a használati hely *környezeti sajátossága* (légkörben levő szennyezők, a természetes sugárzás összetevői).

## A színes textiltermék napfény hatására bekövetkező fakulásának oka

Az adott színezet fakulását a látható fény és az UV-sugárzás színezékmolekulákra gyakorolt hatása (molekulaszerkezet-változás, kémiai átalakulás) okozza. A *fotodegradációnak* nevezett folyamatban a színezék izomerátalakulása következhet be, illetve a vegyület színességét biztosító kromofórcsoport károsodik. A nap elektromágneses spektrumából főleg az UV-A-sugárzás (részben az UV-B) fotonenergiája okozta bomlás vezet a szín elhalványulásához, végső esetben színtelenné válásához. Tapasztalatok szerint a szeretlen színes vegyületek (pl. pigmentek) általában fényállóbbak, mint a szerves változatok.

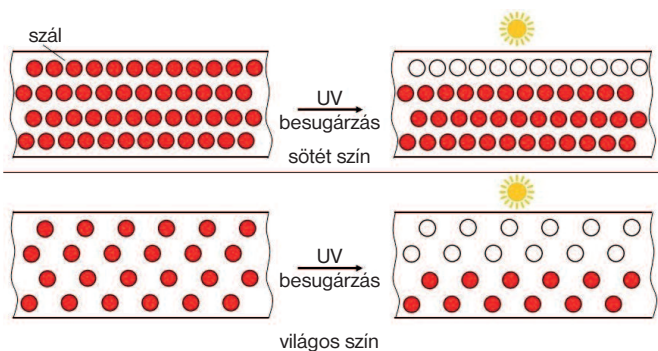
A fotodegradáció során a színezékmolekulák fakulását különféle kémiai folyamatok okozzák. A fotonnal reagáló színes molekula alapállapotból gerjesztett állapotba kerül, ami rendkívül reaktív és instabil. A gerjesztettből alapállapotba történő visszatérés során szuperoxidgyök keletkezik és atomos oxigén szabadul



fel, ez vezet általában a szálasanyagban levő színezék kedvezőtlen szerkezetváltozásához. A jellemző fotokémiai reakciók:

- A *fotolízis* során a színes vegyületet a fotonok lebontják. A reakció homolitikus kötésfelhasadással járva okozza a színezőanyag fakulását.
- A *fotooxidáció* során az elegendő energiájú foton gerjeszti a színezékmolekulát, az így végbemenő oxidációs folyamat a kromofór rendszer átalakulásával elhalványulást okoz. A karbonil (C = O) kromofór csoportú színezékek különösen érzékenyek az oxidációra.
- A *fotoredukció* esetén a telítetlen kettős vagy hármas kötést tartalmazó kromofór csoportok hidrogén hatására és elegendő energiájú fotonok jelenlétében telítetté válnak. A telítettség csökken a kromofór rendszer mértéke, ami a színezék fakulásához vezet.
- A *fényérzékenység* a színezett cellulózalapú szálasanyagok színkárosodásához vezet, miután a cellulózból szabaddá váló hidrogén fotoredukciót fejt ki, a textilanyag esetleges szilárdágszökkenését is kiváltva. Egyidejűleg a színezék oxidálódik a légköri oxigén jelenlétében, a színezőanyag fakulásos fotooxidációját előidézve.

A szálasanyagra felvitt *színezékmennyiség* (pl. tömegszázalékos koncentráció) közismerten lényeges, fényállóságot befolyásoló tényező. A sötétebb színezetek jobban ellenállnak a fény- és egyéb elektromágneses sugárzásnak, ugyanakkor a világosabb színezéseknél nagy a fakulási kitérttség. A sötét színek esetében a nagyszámú színezékmolekulából csak kevés szenved elváltozást, a többi károsodásmentes színezékrészecske közel fenntartja a színezet mélységét. A világosabb színeknek a kisebb mennyiségben jelen levő színezékmolekula miatt a fakultan elváltozottak nagyobb hatással vannak a részleges színvesztésre. A kisebb koncentrációban előforduló színezékek elektronmobilitása nagy, így az elektronok könnyen kilépnek, ami a kromofór rendszer mintegy töréséhez vezet (2. ábra).

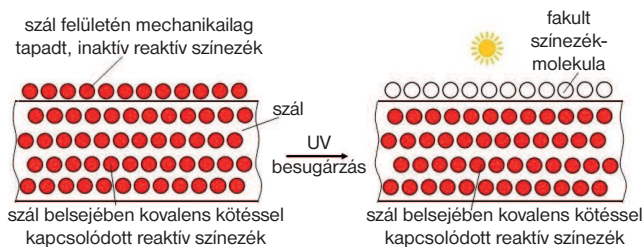


2. ábra. A színezékkoncentráció hatása a fényvel szembeni színtartóságra

A színezékek *kémiai szerkezete*, a színezék-szál kapcsolat fajtája is befolyásolja a színes textilanyag fényállóságát.

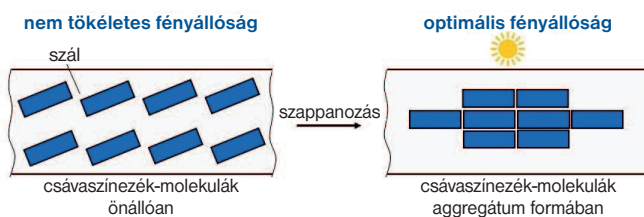
A cellulózalapú szálakban a *reaktív* színezékmolekulák – amelyek fényvel szembeni ellenállása a színes alapváztól függ – közismerten kovalens kötéssel kapcsolódnak a szál aktív csoportjaihoz. A kémiai kötéssel rögzített színezék fényvel szembeni színtartósága általában jó, azonban a szálfelületen mellék-vegyértékezőkkel tapadó részecskék könnyen fakulnak (3. ábra).

A fehérjealapú szálak színezésére alkalmas *fémkomplex* színezékek jobban ellenállnak a sugárzásnak, mint a savas színezékek. A komplexvegyületben jelen levő fém képes elnyelni a sugárzás energiáját, ami hővé alakul.



3. ábra. A megfelelő fényállóságú reaktív színezék fakulása

A *csávaszínezékek* szerkezetükből adódó kedvező fényállósága akkor érvényesül, ha a színezékmolekulák aggregátumot képezve vannak jelen a szálban. Ennek érdekében lényeges a színezést követő befejező műveleteknél hatékonyan elvégezni az ún. szappanozást (4. ábra).



4. ábra. A szappanozási művelet hatása a fényállóságra

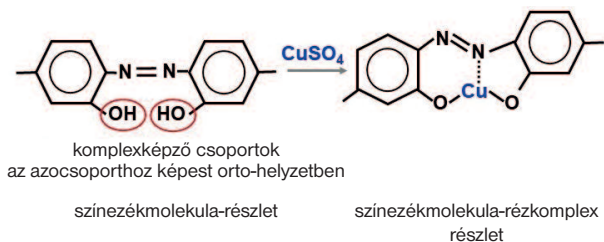
Általánosítható, hogy a csávaszínezékeken kívül az egyéb jó aggregációs képességűek fényvel szembeni színtartósága eleve kedvezőbb.

A *természetes szálak* közül a gyapjú a látható és UV-sugarakat jól elnyeli. Ugyanakkor a pamut és a selyem gyengébb fényvel szembeni ellenállása jellemző, miután a kelmén áthaladó sugárzás kedvez a színezéket fakító fotodegradációs folyamatoknak.

A szintetikus szálasanyagok *diszperziós színezésénél* a különböző szálpolimerek esetében eltérő a fényvel szembeni színtartóság alakulása. Például a színezett poliészter szálak jobb fényállóságot mutatnak, mint a poliamid szálak. A mattírozott mesterséges száltípusok fényvel szembeni ellenállása eleve jobb, mert például a titán-dioxid adalék az UV-sugárzás döntő részét elnyeli. A szálfelületen maradt, gyengén kapcsolódó színezék viszont igen érzékeny a napfényhatásra. Az 1 dtex-nél finomabb *mikroszálak* „vékonysága” miatt annyira nagy lesz a besugárzott fajlagos felület, hogy a normál színezett szálakhoz képest adott színezék fényállósága romlik. Ugyanakkor a normál szálak színezéséhez szükséges színezékmennyiség 2-3-szorosa kell azonos színezet eléréséhez, a nagyobb koncentráció fényállóság szempontjából kedvezőbb.

A színezékszerkezetből adódó kiváló fényállóságot egyes *kikécsítőszer*ek ronthatják, például a különböző műgyantás végkikécsítések, főleg direkt és reaktív aszószínezékek esetében. Színváltozást is előidézhetnek, ennek és a fényállóság-csökkenésnek a hatásmechanizmusa még nem kellően ismert, lényegesen előtérbe kerülnek az empirikus információk (ezért fontosak a próbaként végzett modellkísérletek, ill. fényállóság-meghatározások, vitás esetekben objektív színmérési kiértékeléssel). Az egyes – nedves színtartóságot növelő – *kationos utánkezelő szer*ek is gyengítik a fényvel szembeni ellenállást.

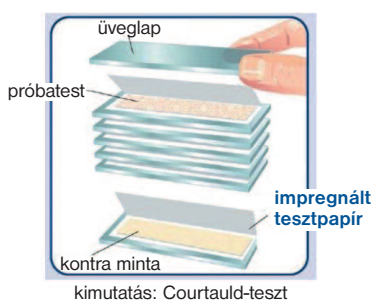
A régebben elterjedt, alkalmas direkt színezékek esetében (amennyiben a szerkezet lehetővé tette) a *részös* (egyszerű, ill. komplex) utánkezelés fényállóság-növelő hatását is kihasználták (5. ábra).



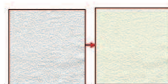
5. ábra. Példa rézsós utánkezelés fényállóság-növelő hatására

## A fehér textilanyagok sárgulásának okai

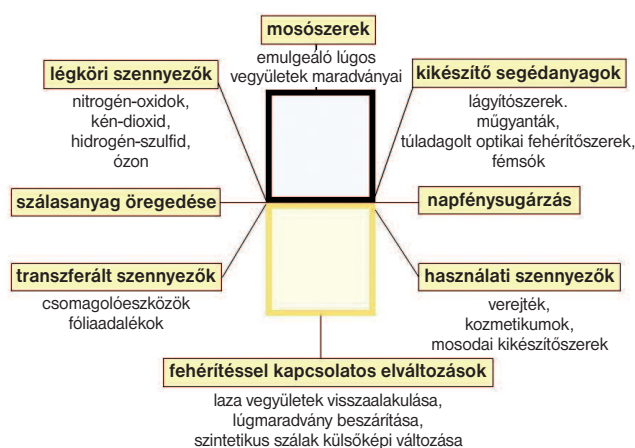
A textiltermékek sárgulása régóta elterjedt külsőképi elváltozás. Gyakran előfordul, hogy szintelen vegyületek bomlanak, a maradványok sárgás színt képeznek. A sárgulási hajlam összefügg a textília *öregedésével*, ugyanakkor a nem megfelelő *tárolási és tisztítási* módszerek is okozhatják. A különféle *légtéri szennyező* anyagok magas koncentrációja szintén befolyásoló tényező (6–7. ábra).



– fenol jelenléte a textílián: ha a pH értéke 8,5 fölött van, a levegőben lévő nitrogén-dioxid jelenléte kiváltja a reakciót; a hosszú ideig tartó nedves tárolás tovább katalizálja a sárgulást  
– a polietilén fólia öregedésgátló anyaga is sárgulást okozhat



6. ábra. A fenolos antioxidáns káros mellékreakcióban sárgulást okoz



7. ábra. A textíliák sárgulásának okai

## A fényvel szembeni színtartósság vizsgálata

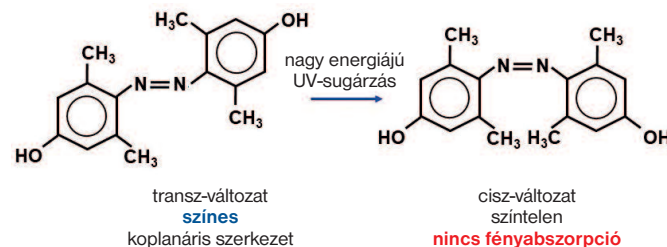
A napfénynek kitett textíliák elváltozására régen figyeltek. Kb. 300 évvel ezelőtt Franciaországban színezett gyapjú fényvel szembeni színállóságát próbálták elemezni természetes fényhatás során. A Német Színtartóssági Bizottság [Deutschen Echtheitskommission (DEK)] 1913-ban bevezette az ún. kékskálát, a fényállósági tesztelek etalonsorát. Szintén a DEK adott ki színtartóssági szabványokat (DIN). Egy évtizeddel később a Kelme-

festők és Koloristák Szövetsége [Dyers and Colourists Society (SDC)] az Egyesült Királyságban, valamint az Amerikai Textil-kémikusok és Koloristák Szövetsége [American Association of Textile Chemists and Colorists (AATCC)] az USA-ban szintén színtartósság-vizsgálati előírásokat kezdett szabványosítani.

Jelenleg többek között a következő szabványok foglalkoznak a vonatkozó színtartóssági és egyéb kapcsolatos vizsgálatokkal: Természetes fényvel szembeni színtartósság; Színtartósság mesterséges fényvel szemben: xenon ívlámpás vizsgálat; Színtartósság időjárással szemben: szabadtéri vizsgálat; Színtartósság mesterséges időjárással szemben: xenon ívfénylámpás vizsgálat; A fotokrómia kimutatása és értékelése; Színtartósság és öregedés mesterséges fényvel szemben, nagy hőmérsékleteken: xenon ívlámpás vizsgálat; Mesterséges veritékkel nedvesített textíliák fényvel szembeni színtartóssága.

Fontos, hogy az ún. *fotokrómia* káros jelenségének kiküszöbölésére a vizsgálandó mintákat 24 óráig fénytől elzártan, sötétben tárolják. Ugyanis egyes szerves színezékek kristály-, illetve molekulaszervezete a megvilágítás hatására visszafordítható színváltozást szenved (színiük átmenetileg a hosszabb hullámhossz felé tolódik), majd sötét helyen (esetleg vörös fényvel besugározva) tárolva visszanyeri eredeti állapotát.

A *fotokrómizmus* az adott vegyület molekulájának reverzibilis átalakulása a két változat között, miközben az elektromágneses sugárzás elnyelése (fotoizomerizáció) során a két forma különböző abszorpciós spektrumokkal rendelkezik. A fotokrómizmust általában olyan vegyületeknél alkalmazzák, amelyeknél a visszafordítható fotokémiai reakció során az elektromágneses spektrum látható részén lévő abszorpciós sáv rendkívüli mértékben megváltozik (8. ábra).



8. ábra. Azonos színezék különböző molekulaszervezetű változatainak fényabszorpciója

Egyes innovatív textíliák közismerten markánsan képesek reagálni a környezeti körülmények változására. A fotokróm textíliák *visszafordíthatóan* képesek megváltoztatni színüket (9. ábra).

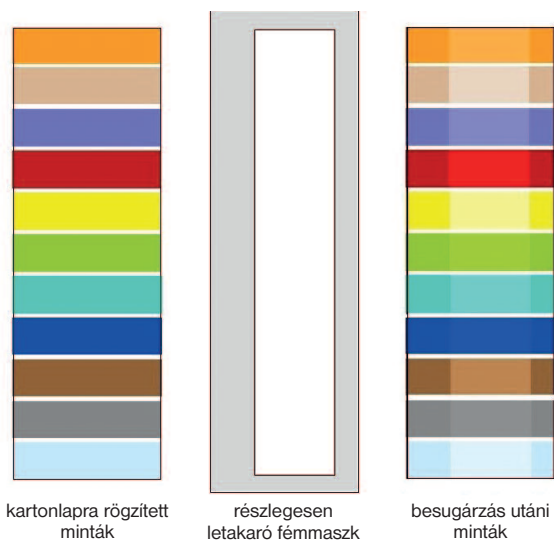


9. ábra. Fokozottan fotokróm színezékekkel készült divattextil termékek





Visszatérve a fényvel szembeni színtartóság-vizsgálatokra, a xenon ívfényforrás körüli pályán körbekerülő és – több vizsgálati módszerrel – fordulatonként 180°-kal elforduló a mintatartóban elhelyezett próbadarab részleges takarásával végzik a meghatározást (az elfordulás a nappalok és éjszakák váltakozó hatását imitálja, **10. ábra**)



10. ábra. A mesterséges fényvel szembeni vizsgálat elve

A fényállóság meghatározásánál a *relatív légnedvesség* és a *hőmérséklet* jelentős befolyásoló tényező, például 85%-os relatív légnedvesség esetén 3,5-szer gyorsabban következik be adott színváltozás, mint 45%-nál (konkrét színezékekkel színezett textilanyag fakulása 4-szer nagyobb mértékű 40 °C-on, mint 10 °C esetén).

Vannak kombinált vizsgálatok is, például az izzadság és a fény együttes fakító mértékének megállapítására (pl. egyes sport- és katonai ruházatoknál). A gépkocsi-üléshuzatok fényállóságát 65–90 °C-os térben kontrollálják, tekintettel a nyáron szabadban és napsütésben parkoló, szellőzetlen járművekben uralkodó körülményekre (**11. ábra**).



11. ábra. Xenotest készülékek és működésük

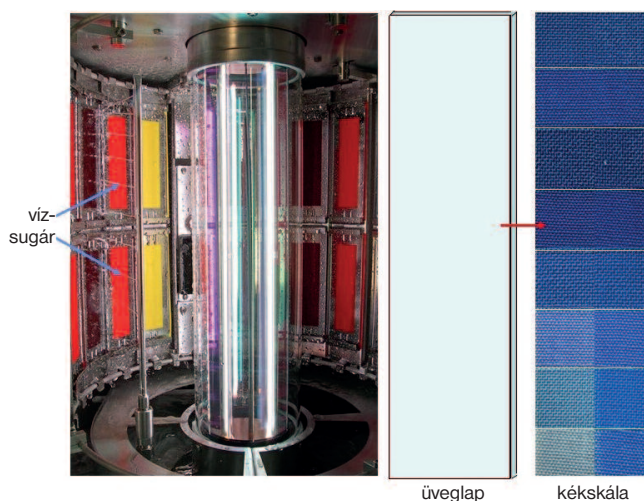
A fényvel szembeni színtartóságot 1–8 fokozatig terjedő *kékskálával* határozzák meg. Az európai kékskála különböző fényállóságú (1-es gyenge, 8-as kiváló) színezékekkel színezett vágatokból készül, ezért az egyes fokozatoknál különböző színezetek fordulnak elő. Az amerikai kékskála különböző fényállóságú (L2-es gyenge, L9-es kiváló) színezékekkel színezett szálanyagokból, ezek arányos keverésével (fonás, majd szövés) készülnek, így kö-

zel egységes színezetek jellemzik. A fényvel szembeni színtartóság értékelésnél is a vizuális értékelés az elfogadott. Vitás esetekben szükséges a pontos színváltozás (színezet, telítettség, világosság) színmérési meghatározása, erre szabvány is rendelkezésre áll.

### A vizsgálatok elve, a megvilágítási idő mértéke

Mindenekelőtt fontos, hogy a xenon ívlámpa kb. 2000 üzemórát biztosít megfelelő besugárzást, ennek leteltekor cserélni kell.

Állandóan azonos megvilágítási időtartamot nem lehet kikötni, vizsgálatonként szükséges meghatározni. Helytelenül elterjedt az egységesen 360 órás vizsgálati idő, ez változóan kb. 320–400 órás tartományban előforduló fényhatás lehet. Mindig az adott szabvány vizsgálati módszerében leírtaknak megfelelően addig kell mesterséges fénynek kitenni a próbadarabokat (mintavágatokat) a kékskálával (gyapjúetalonok) együtt, ameddig az etalon sor kikötött elváltozása eléri az általában szürkeskála szerinti rögzített fokozatot (**12. ábra**).

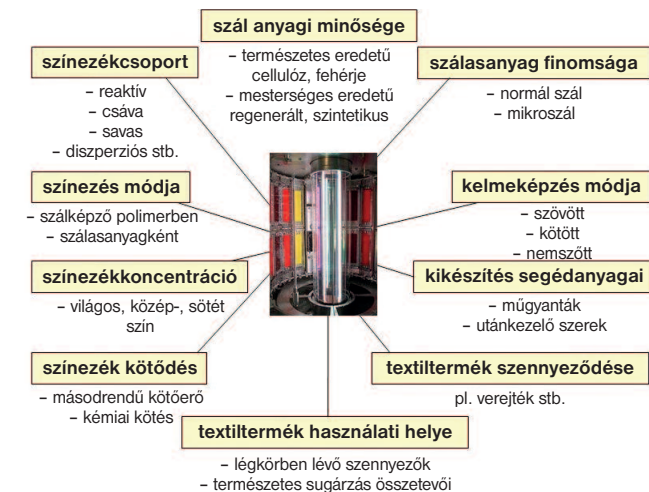


12. ábra. Időjárással szembeni mesterséges vizsgálat

Pár évtizede megfigyelték, hogy az egyébként jó izzadságállóságú színezékekkel színezett textíliák elváltoznak, ha az izzadsággal átitatott terméket napfény éri. A szabadban dolgozó és pl. rendvédelmi személyek által hordott, az edzés és sportolás, illetve túrázás közben viselt színes ruházatok csak akkor lesznek színtartóak, ha a mesterséges verítékekkel nedvesített textíliák fényvel szembeni színtartósága kedvező eredményt mutat. Egyértelműen bizonyított, hogy a külön-külön elvégzett, izzadsággal, illetve fényvel szembeni színtartósági vizsgálat kifogástalan eredménye nem jelent garanciát. Ezért fontos a kombinált – egyidejű izzadság- és fényállóság-tesztelés; ennek jó eredménye esetén lesz ellenálló a verejtékekkel nedvesedett és napfénynek kitett színes ruházat. Ennél a meghatározásnál előzőleg az izzadságállósági vizsgálatnál ismert lúgos, illetve savas kémhatású oldattal telítik és kipréselik az anyagtartóba behelyezésre kerülő vágatot. A vizsgálati mintát például 40 °C-os anyaghőmérsékleten éri megfelelő összetételű és idejű mesterséges fénysugárzás.

A színezékválasztás során a színezékgyártók mintakönyvei útmutatást adnak a színezék fényvel szembeni színtartóságára is, konkrét koncentráció/k vonatkozásában.

Befejezésül a **13. ábrán** foglaltuk össze azokat a főbb befolyásoló tényezőket, amelyek a textiltermék fényvel szembeni színtartóságára hatással vannak

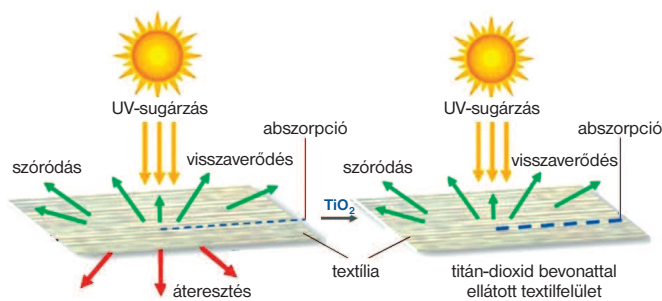


13. ábra. A textiltermékek fényállóságát befolyásoló tényezők összefoglalása

### Az UV-abszorbensek hatása

Az UV-sugárzás káros hatásai ellen védelmet nyújtó segédanyagok tartoznak ide, amelyek a textíliák fényvel szembeni színtartóságára ugyan alig vannak hatással, ugyanakkor a szálasanyagok károsodását csökkentik. A nap energiájának körülbelül 10%-a ultraibolya sugárzásból származik (ami a légkör szűrőképessége következtében valamivel csökkenti a földfelszínre jutás mértékét).

Az alkalmas UV-abszorberek elnyelik ezeket a sugarakat, és átalakítják ártalmatlan hőenergiává. Ugyanakkor alkalmazásuknál hátrányos, hogy az UV-abszorberek elszíneződést is okozhatnak nagyobb koncentrációban. A textíliák szálasanyaga, felületképzési módja (pl. szövött, kötött, egyéb), szerkezetből adódó porányi nyílásai (pórusai), a kialakított szín, a kikészítő segédanyag és adalékai (pl. az UV-abszorberek), illetve az optikai fehérítők egyaránt befolyásolják a termékek UV-sugárzási kitettségét (14. ábra).



14. ábra. A textilanyagra felvitt UV-abszorbens hatása

A különböző színezékek többsége elnyeli a fény adott spektrumrészletét, néhány pedig a közeli ultraibolya tartományt is.

Az UV-abszorberek szerves vagy szervetlen szintelen vegyületek, a 290–360 nm-es UV-tartományt fokozottan elnyelik, szórják. Például a *titán-dioxid* és a *cink-oxid* abszorpciós képessége az UV-tartományban (280–400 nm) hatásos. A nanoméretű (pl. 10–50 nm-es) titán-dioxid, ill. cink-oxid részecskék tartós utólagos felvitellel bevihetők a mesterséges szálakba, valamint a textilanyagra. Így lehetőség nyílik textíliák felületének nanorészecskés bevonására (polimer mátrixokban). Az UV-sugárzás káros hatásai ellen védelmet nyújtó – szükség szerint UV-stabilizálóval ellátott – textiltermékek közé tartoznak a különböző ruházatok, kiegészítők (például sapkák, kalapok), árnyékoló szerkezetek.

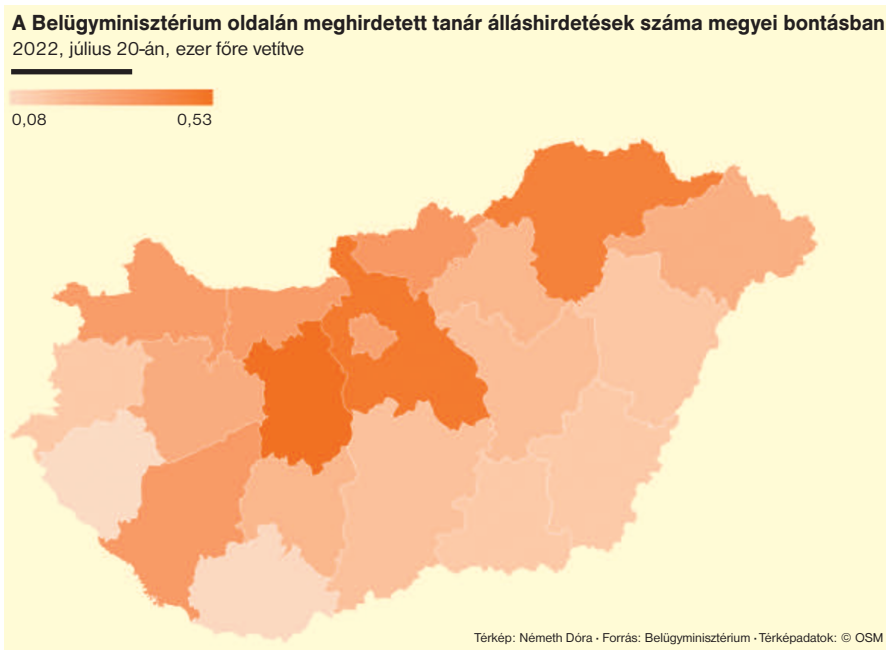
#### IRODALOM

[1] Dr. Rusznák István és szerzőtársai: Textilkémia II. Tankönyvkiadó, Budapest, 1988.  
 [2] Dr. Péter Ferenc és szerzőtársai: Színezék kézikönyv. Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1982.  
 [3] Lukács Gyula: Színmérés. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1968.  
 [4] Marosi József, Tánzosz Ildikó: Textilvegyipari kémiai technológia I. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984.  
 [5] <https://textilelearner.net/light-fastness-of-textiles-factors-affecting/>  
 [6] <https://www.fibre2fashion.com/industry-article/3070/yellowing-of-textiles>  
 [7] [https://www.farbechtheit.info/pdfs/symposium\\_okt2011/vortraege/03\\_Valdeperas\\_History\\_of\\_50\\_years\\_of\\_ISO\\_Meetings.pdf](https://www.farbechtheit.info/pdfs/symposium_okt2011/vortraege/03_Valdeperas_History_of_50_years_of_ISO_Meetings.pdf)  
 [8] Fényvel szembeni színtartósságvizsgáló MSZ EN ISO 105 szabványok  
 [9] Xenotest készülégyártók prospektusai  
 [10] <https://www.fibre2fashion.com/industry-article/2328/uv-protection-finishes>

## Tanárhiány

Az e havi számunkban megjelent Beköszöntőből idézzük: „Abból lesz a jó kémikus, akinek jó kémiatanára van.” Hosszabb idő óta ismétlődő kérdés, különösen az év indulásakor, hogy vajon lesz-e egyáltalán kémiatanára fiataljainknak. Ehhez a kérdéshez szolgálunk egy nem túl optimista olvasnivalóval a következő linken: <https://www.szabadeuropa.hu/a/tanarhiany-oktatas-pedagogus/31950797.html>. Tanulmányos írás.

KT



Térkép: Németh Dóra · Forrás: Belügyminisztérium · Térképadatok: © OSM