

A textíliák fénnel szembeni viselkedése

Kutasi Csaba

A színes és fehér textiltermékek jelentős részét részben vagy teljesen a szabadban használják. Ezért lényeges a napfény hatásának kitett cikkek várható színváltozásának, sárgulásának vizsgálata. Ehhez különböző körülményű fénnel ill. időjárással szembeni színtartóssági, és anyagöregedést vizsgáló szabványok állnak rendelkezésre. A megvilágítási időt külön szabályozzák az egyes

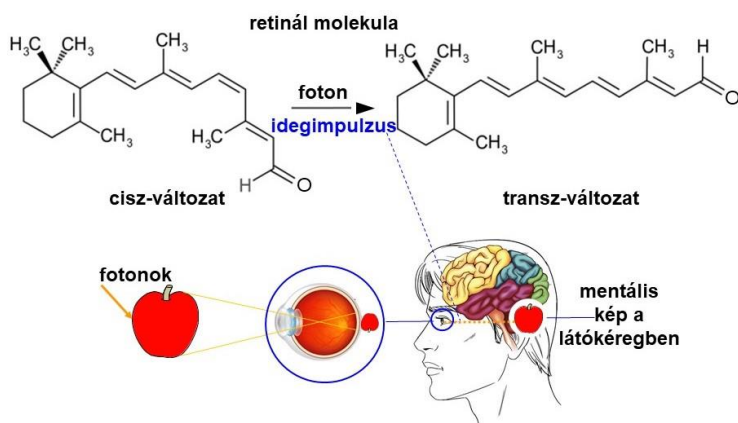
tesztelési módszerek esetében. Az optimális minőség elérése érdekében fontos ismerni a fényállóságot befolyásoló tényezőket, az esetleges fakulások és sárgulások kiváltó okait.

A fény az elektromágneses sugárzásnak az a tartománya, amelyet az emberi szem érzékelni tud. Hullámhossza 380–750 nm-ig terjed, frekvenciája 790–400 THz, terjedési sebessége vákuumban 299 792 458 m/s, köznap használatban kb. 300 000 km/s. A fény kvantumoknak nevezett energiacsomagokban képes terjedni, kvantumai a fotonok. Kibocsátása, terjedése mindig ezeknek az elemi részecskének az áramaként megy végbe. A különböző közegekben látszólag lelassul az anyag részecskéiről való ideoda verődés következtében.

A fotonokat atommagok, atomok vagy molekulák elnyelhetik, amikor más energiaszintre lépnek át. Erre példa erre a retinál (az A-vitamin egyik formája) molekula fényelnyelése, amely a látásért felelős. Az abszorpció egy cisz-transz izomerizációval jár, hasonló átmenetekkel kombinálódva idegimpulzusokká alakul. Így a retinál segítségével alakul ki a látóbíbor (az opszin nevű anyaggal rodotszinná egyesül), a fényérzékeny vegyület a fotonok hatására bomlik, a kialakuló idegimpulzusok jutnak az agy látókérgébe, mentális kép jön létre (1. ábra).

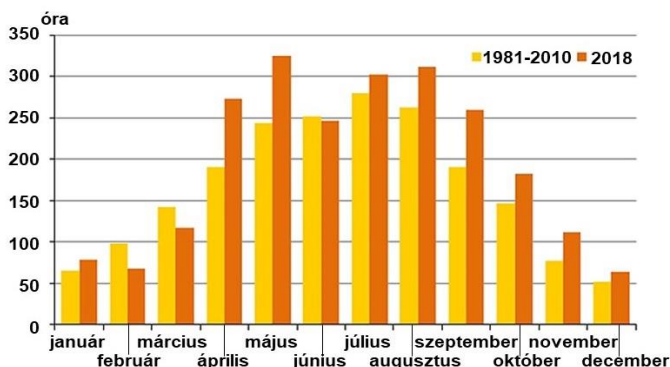
Magyarországon az évi napsütéses időszakok összes időtartama kb. 2100–2400/óra között alakul, a sugárzással érkező energia fajlagosan 4200–4600 MJ/m². A Napból érkező és az égbolti sugárzás eredője a 315–800 nm-es hullámhosszúságú tartományt jelent (2. ábra).

A napfénybesugárzás a textilanyagokat közismerten öregíti, ami a színezett termékek különböző mértékű fakulásában, a fehér termékek sárgulásában ill. a szálanyag elhasználódásában nyilvánul meg. Ennek vizsgálatához a természetes körülmények közötti nap-pali összes sugárzás hatását kell figyelembe venni. A napsugárzás minden hullámsávja hozzájárul a színes textilanyagok fakításához, egyes megfigyelések



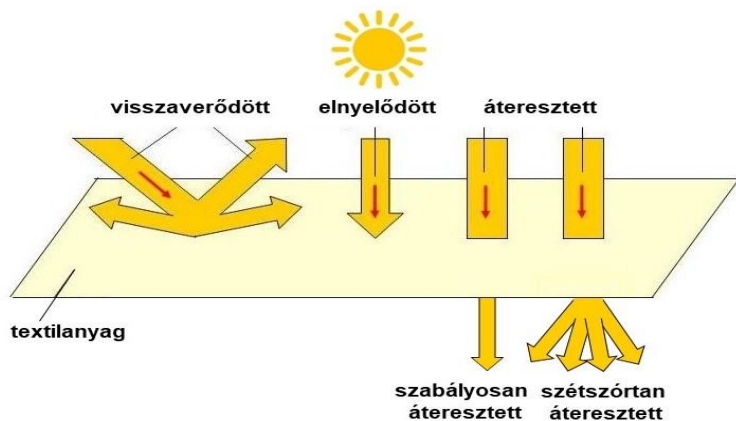
A retinál molekula fényelnyeléséből keletkező idegimpulzusok közvetítésével jön létre a mentális kép az agy látókérgében

1. ábra



Az átlagos napsütéses órák alakulása Magyarországon

2. ábra



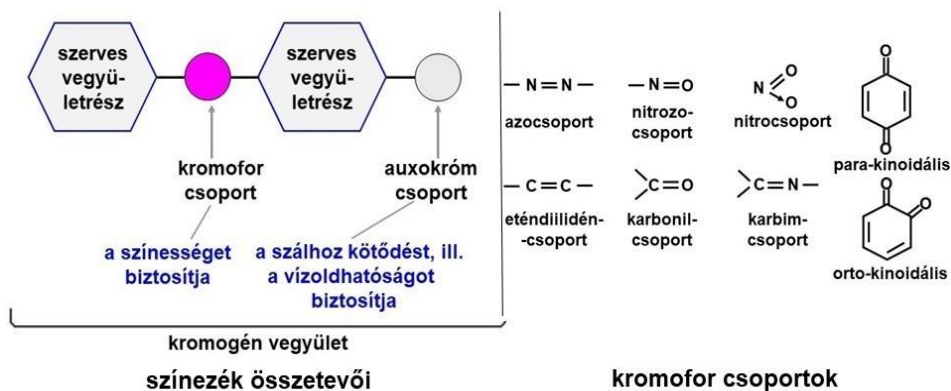
A textilfelületre ráeső napsugárzás alakulása

3. ábra

szerint vannak esetek, amelyeknél a 600 nm-nél nagyobb hullámhosszúságú sugarak a teljes fakulás mintegy felét okozzák (3. ábra).

A színes textíliák fényállóságát befolyásoló tényezők

A színezékekkel kapcsolatos újabb kutatások szerint minden szerves vegyület – függetlenül attól, hogy színességet biztosító csoport (kromofor) van-e benne – képes a látható fény adott hullámhosszúságú



összetevőinek abszorbeálására (részleges elnyelésre), azonban csak a színezékek képesek erre az emberi szem érzékenységi határán belül. A fényabszorpcióhoz fontos a színezékmolekulák kiemelt részecskéinek (a külső héjon levő π elektronok) könnyű gerjesztetősége.

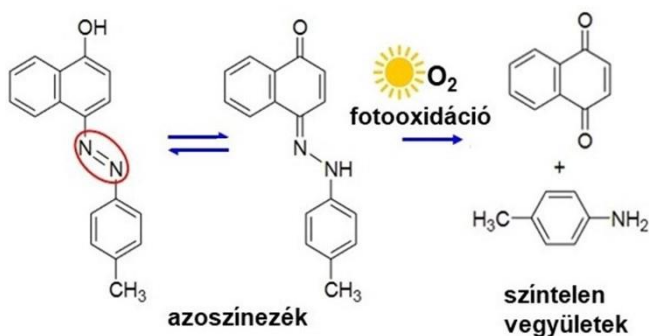
A korábbi Witt-féle elmélet szerint a telítetlen kromofor csoportok biztosítják az aromás színezékek részleges fényelnyelő képességét. Fontos szerepük van a színes vegyületeket színezékké tevő

bázisos vagy savas auxokróm vegyületrészeknek (amino, hidroxil, karboxil, szulfo stb.) is, ezektől függ a vízdoldhatóság, továbbá a szálon való megkötődés is. A kromofor és auxokróm csoportok együttesen alkotják a kromogén vegyületet.

A konjugált (összetartozó) és növekvő számban jelenlevő kettőskötések π elektronjainak gerjesztése kisebb energiaigényű, így a fényabszorpció a látható tartományban érvényesül. A kiterjedt konjugáció alapját a koplanáris szerkezet (az aromás gyűrűk, a molekula felépítésében részvevő atomok egy síkban fekszenek) teszi lehetővé (4. ábra).

Színezék általános szerkezeti jellemzői

4. ábra



Azoszínezék fakulása fotooxidáció hatására

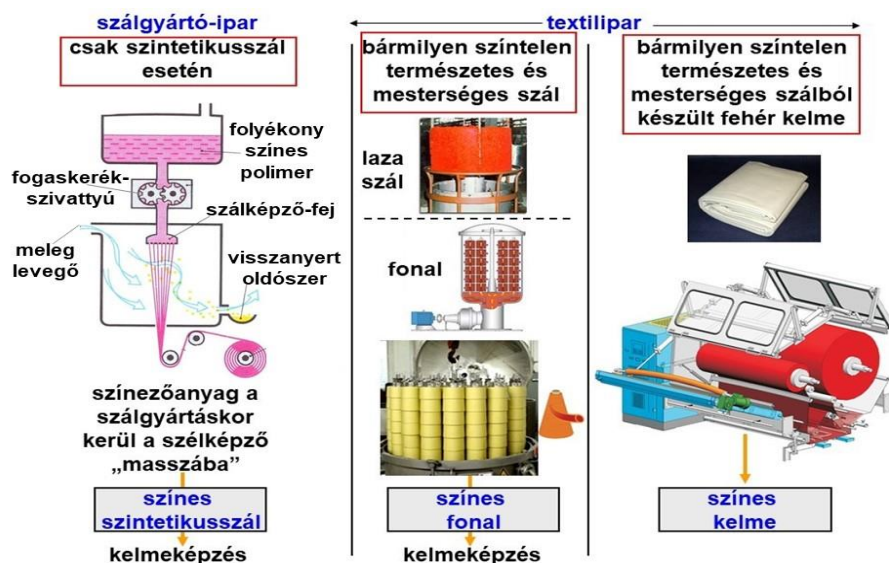
5. ábra

A textiliparban használt színezékek több mint 50%-a olyan szerves vegyület, amelynek kromofor 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) (5. ábra).

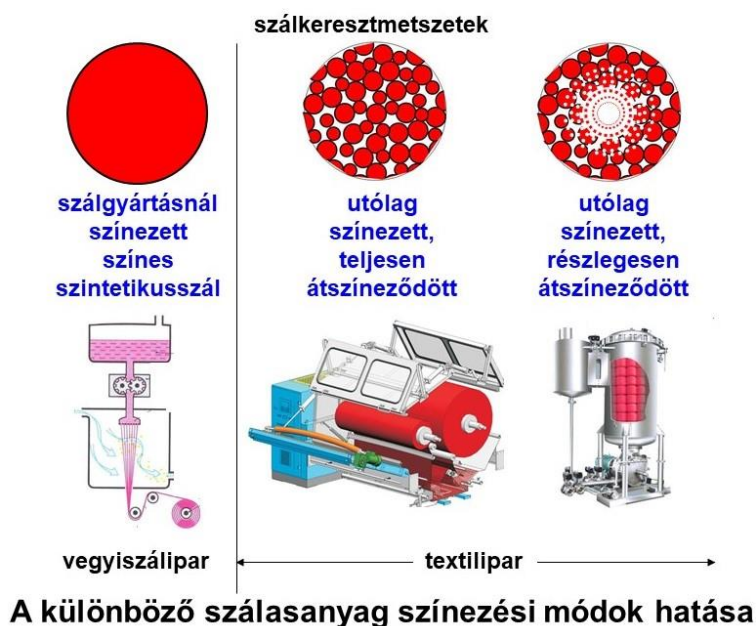
A színezék szerkezetén kívül a színezett textilfa fényállóságát több tényező befolyásolja:

- a színezés módja (például mesterséges szálak esetében szálmasszában történő színezés a szálgyártóiparban – pl. árnyékoló textíliák esetében); bármilyen eredetű szálhalmaz, fonal, kelme, darabáru utólagos színezése a textiliparban – pl. ruházati- és lakástextiltermék) (6., 7. ábra). A polimermasszában



Színes textilfa előállítási lehetőségei

6. ábra

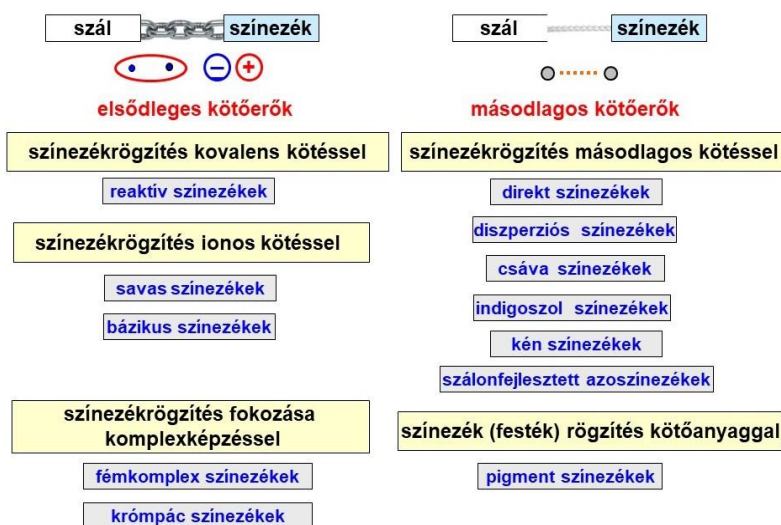


7. ábra



Polimeralakban színezett poliakril-nitrilből készült napvitorlák

8. ábra



Színezék-szál kapcsolatok a kötőerők energiája szerint

9. ábra

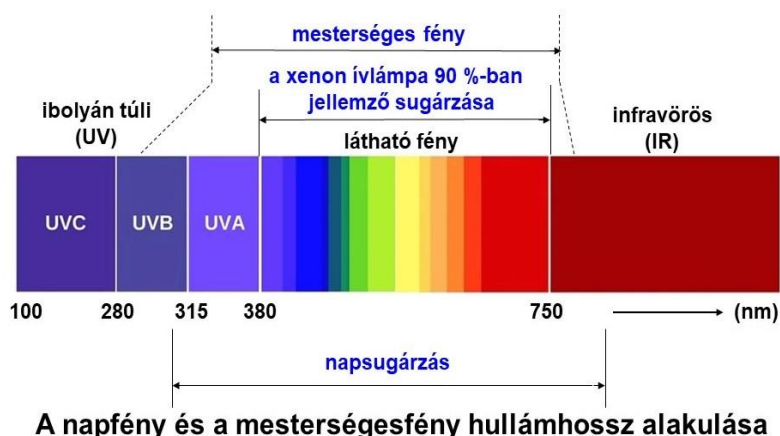
történő – műanyagipari – színezés az így színezett mesterséges szálak teljes keresztmetszetében egyenletes színezetet biztosít. A tökéletesen beágyazott színezékrészecskék fényvel szembeni ellenállása jelentős. A közismert szálanyagok közül a poliakril-nitril szálak anyagának fényállósága a legjobb. Ezért készítik pl. a napvitorlákat, egyéb árnyékolástechnikai eszközöket szálképzésnél színezett poliakril-nitril szövetekből (8. ábra);

- a színezék kötődése a szálhoz (pl. másodrendű kötőerő, ionos kötés, kovalens kötés) (9. ábra), továbbá
- a színezék aggregációs mértéke,
- a szálba bevitt színezék koncentrációja,
- a szál anyagi minősége és finomsága, a kelme felületképzési módja, miután a különböző szálanyagok és textiltermékek 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 stb.) hatása, végül, de nem utolsónak
- a használati hely környezeti sajátosságai (a légkörben levő szennyezők, a természetes sugárzás összetevői).

Miért fakul a színes textiltermék napfény hatására?

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 izomer átalakulása következhet be, ill. a vegyület színességét biztosító kromoforcsoport károsodik. A nap elektromágneses spektrumából főleg az UV-A (részben az UV-B) sugárzás fotonenergiája okozta bomlás vezet a szín elhalványulásához, ill. végső esetben szintelenné válásához. Tapasztalatok szerint a szerves színes vegyületek (pl. pigmentek) általában fényállóbbak, mint a szerves változatok (10. ábra).

A fotodegradáció során a színezékmolekulák fakulását különféle kémiai folyamatok okozzák. A fotonnal reagáló színes molekula gerjesztődik, az



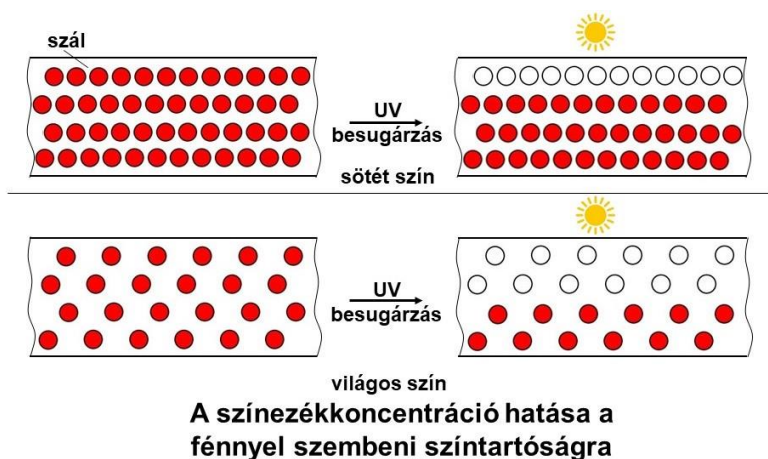
10. ábra

Főként a karbonil (C=O) kromofor-csoportú színezékek különösen érzékenyek az oxidációra;

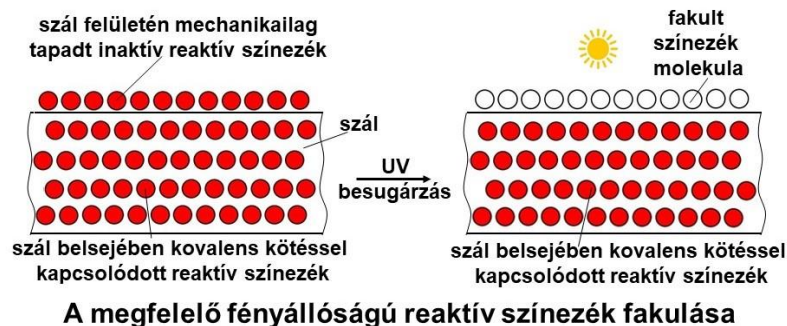
- a *fotoredukció* (fotokémiai redukció) esetén a telítetlen kettős vagy hármas kötést tartalmazó kromofor csoportok hidrogén hatására és elegendő energiájú fotonok jelenlétében telítetté válnak. A telítettséggel csökken a kromofor rendszer mértéke, ami a színezék fakulásához vezet;
- a *fényérzékenység* (fotokémiai szenzibilizáció) a cellulóz alapú színezett szálanyagok színkárosodásához vezet, miután a cellulózból szabaddá váló hidrogén fotoredukciót fejt ki, a textilanyag szilárdság-csökkenését is kiváltva. Egyidejűleg a színezék oxidálódik a légköri oxigén jelenlétében, a színezőanyag fakulásos fotooxidációját előidézve.

A színezékek önálló fényvel szembeni ellenállásának vizsgálata nem biztosít releváns eredményt, mert csak a szálanyag megfelelő részeiben (pl. amorf térrészekben felhalmozódva, kémiaiilag aktív csoportokon kötődve stb.) tartósan előforduló színes vegyületek komplex behatáselemzése vezet a megbízható használati szintartósági tulajdonságok megismeréséhez.

A szálanyagra felvitt színezékmennyiség (pl. tömegszázalékos koncentráció) közismerten lényeges fényállóságot befolyásoló tényező. A sötétebb színezetek jobban ellenállnak a fény- és az 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 színekben a kevesebb mennyiségben jelenlevő 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 kromofor rendszer mintegy töréséhez vezet (11. ábra).



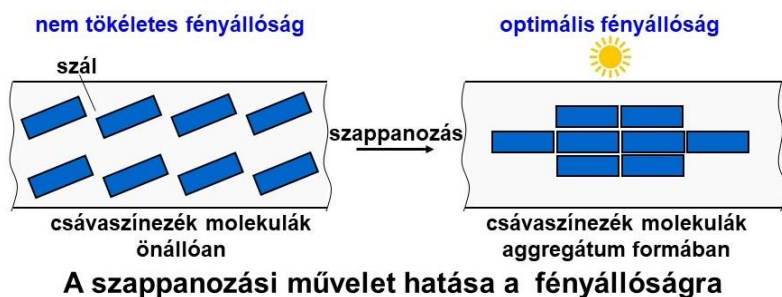
11. ábra



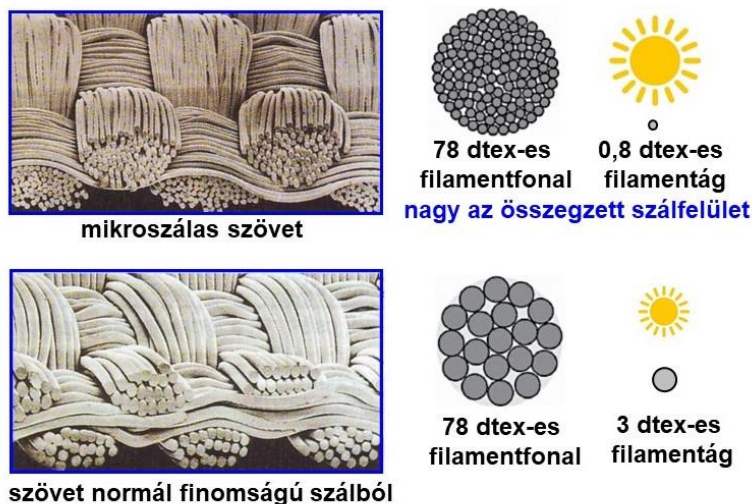
12. ábra

alapállapotból gerjesztett állapotba kerül, ami rendkívül reaktív és instabil. A gerjesztettből alapállapotba történő kioltás során szuperoxidgyök keletkezik és atomos oxigén szabadul fel, ez vezet a szálanyagban levő színezék kedvezőtlen szerkezetváltozásához. A jellemző fotokémiai reakciók:

- *fotolízis* (fotokémiai bomlás): a színes vegyületet a fotonok lebontják. A reakció homolitikus kötésfelhasadással járva okozza a színezőanyag fakulását;
- a *fotooxidáció* (fotokémiai oxidáció) során az elegendő energiájú foton gerjeszti a színezék molekulát, az így végbe menő oxidációs folyamat kromofor rendszer átalakulásával elhalványulást okoz.

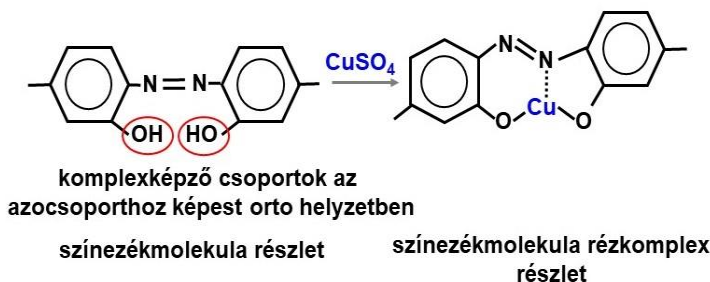


13. ábra



14. ábra

A mattírozott mesterséges száltípusok fénnel szembeni ellenállása eleve jobb, mert a titán-dioxid adalék az UV-sugárzás döntő részét elnyeli. A szálfelületen maradt, gyengén kapcsolódó színezék viszont igen érzékeny a napfény hatására. Az 1 dtex-nél finomabb mikroszálak vékonysága miatt annyira nagy lesz a besugárzást ért fajlagos felület, hogy ezeknél a normál színezett szálakhoz képest egy adott színezék fényállósága romlik. Ugyanakkor a „normál” szálak színezéséhez szükséges színezékmennyiség 2–3-szorosa kell azonos színezet eléréséhez, a nagyobb koncentráció fényállóság szempontjából kedvezőbb (14. ábra).



15. ábra

utánkezelő szerek is gyengítik a fénnel szembeni ellenállást.

A régebben elterjedt, alkalmas direkt színezékek esetében (amennyiben a szerkezet lehetővé tette) a rézsós (egyszerű, ill. komplex) utánkezelés fényállóság-növelő hatását is kihasználták (15. ábra).

szálfelületen mellékvegyértékekkel tapadó részecskék könnyen fakulnak (12. ábra).

A fehérje alapú szálak színezésére alkalmas fémkomplex színezékek jobban ellenállnak a sugárzásnak, mint a savas színezékek. A komplex vegyületben jelenlevő fém képes elnyelni a sugárzási energiát, ami hővé alakul.

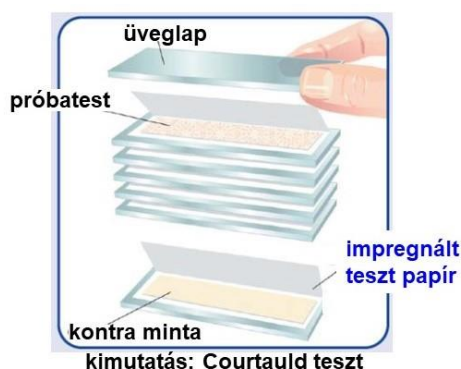
A csávaszínezékek szerkezetükből adódó kedvező fényállósága akkor érvényesül, ha a színezékmolekulák aggregátumot képezve vannak jelen a szálban. Ennek érdekében lényeges a színezést követő befejező műveleteknél hatékonyan elvégezni a szappanozást (13. ábra).

Általánosítható, hogy a csávaszínezékeken kívül az egyéb jó aggregációs képességűek fénnel szembeni szintartóssága eleve kedvezőbb.

A természetes szálak közül a gyapjú a látható fény- és UV-sugarakat jól elnyeli. Ugyanakkor a pamut és a selyem fénnel szembeni ellenállása gyengébb, miután a megkötés helyén áthaladó sugárzás kedvez a színezéket fakitó fotodegradációs folyamatoknak.

Szintetikus szálanyagok diszperziós színezésénél a különböző szálpolimerek esetében eltérő a fénnel szembeni szintartósság alakulása. A színezett poliészterszálak jobb fényállóságot mutatnak, mint a poliamidszálak.

A színezékszerkezetből adódó kiváló fényállóságot egyes kikészítőszerkezetek ronthatják, pl. a különböző műgyantás végkikészítések, főleg direkt és reaktív azoszínezékek esetében. Színváltozást is előidézhetnek. Ez és a fényállóság-csökkenés hatásmechanizmusa még nem kellően ismert, lényegesen előtérbe kerülnek az empirikus információk (ezért fontosak a kicsiben végzett modellkísérletek, ill. fényállóság-meghatározások, vitás esetekben objektív szín-mérési kiértékeléssel). Az egyes – nedves szintartósságot növelő – kationos



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



A fenolos antioxidáns káros mellékreakcióban sárgulást okoz

16. ábra

szerkezetre ható bomlások (kémiai vagy biológiai) intenzív ill. hosszú idejű napfény sugárzás és/vagy a szálöregedés fő okozói lehetnek. A fokozott UV-hatás és a magas páratartalom jelentősen sárgulást előidéző tényezők. A textilanyag gyártása során felhasznált vegyi segédanyagok (pl. lágyítószer, műgyanták, túladagolt optikai fehérítőszer és fémsók) hozzájárulnak a sárguláshoz.

- A légköri szennyező anyagok közül a nitrogén-oxidok, kén-dioxid, hidrogén-szulfid és az ózon okoz színváltozást, sárgulásban megnyilvánuló külsőképromlást.

- A természetes szálakból készült nyerskelmék kikészítése során alkalmazott alkáliák hiányos eltávolítása miatti lúgmaradványok főként a nagy hőmérsékletű szárítás során kialakuló sárgás elváltozással rontják az alapfehérséget. A pH=8-nál lúgosabb kémhatású pamutkelmén általában 150 °C-nál magasabb hőmérsékleten következik be a nemkívánatos sárgulási jelenség. A háztartási mosószerben is fontos, a zsíros és olajos szennyeződések emulgeáló lúgos vegyületek jelenléte, ezek visszamaradása szintén sárguláshoz vezet.

- A transzferált szennyeződések is gyakoriak, főként az egyes egyedi csomagoláshoz használt eszközökkel (kartondobozok és elválasztók, műanyag fóliák, tasakok, lapok stb.) való érintkezés egyre gyakrabban okoz sárgulást. A polietilén fóliába kevert védő- és tartósítószer hatású adalék fenolos antioxidáns, főként a butilezett hidrox-toluol reagál a légköri szennyezésből származó nitrogén-dioxiddal, amitől jellemzően felületi sárgulás következik be. Ilyen hiányosság megállapításához segítség pl., ha a fehér textília vágat fölé pl. fóliadarabot helyezünk a fényállósági vizsgálat során (16. ábra).



A textíliák sárgulásának okai

17. ábra

A fehér textilanyagok sárgulásának okai

A textiltermékek sárgulása régóta elterjedtebb külsőképi elváltozás. Gyakran előfordul, hogy szintelen vegyületek bomlanak, sárgás színt képeznek. A sárgulási hajlam összefügg a textília öregedésével, ugyanakkor a nem megfelelő tárolási és tisztítási módszerek is okozhatják. A különféle légköri szennyező anyagok magas koncentrációja szintén befolyásoló tényező.

- A textiltermékek alapanyagának megsárgulása a szálanyagok szerkezetének maradandó elváltozásával kapcsolatos. Különböző, a belső

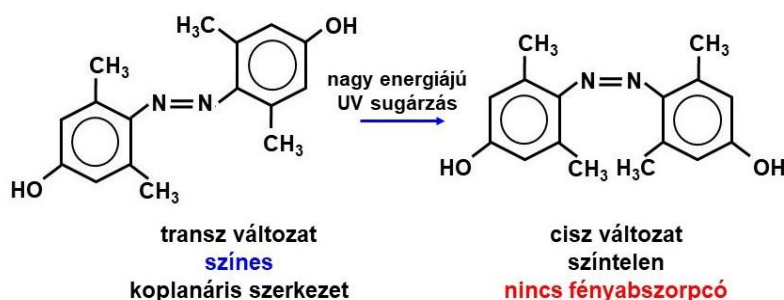
- A használattal kapcsolatos fogyasztói szennyeződések is károsan hatnak a külsőképre. Ilyen a verejték, a különböző kozmetikumok (parfümök, testápolók, smink, masszázsolajok stb.), gyógyászati kenőcsök, egyes mosást követő adalékanyagok (pl. kukoricakeményítő stb.). A háztartási körülmények között használt mosószer hozzáadékok (pl. vegyileg módosított zsírok, olajok, viaszok, szilikon anyagok) sárguláshoz vezetnek hő- és fényhatásra, hosszú idejű tárolás során.

- A nátrium-hipoklorit, mint elterjedt ipari és háztar-

tási fehéritőszert is hozzájárulhat a sárguláshoz. Az oxidatív kiserőanyag szintelenítésnél olyan lazább vegyületek keletkezhetnek, amelyek a szálanyagban idővel ismét összekapcsolódva a kedvezőtlen külsőképi elváltozással járnak. A hipoklorittal járó káros jelenség nemcsak a termék eredetű, hanem egyes szintetikus [pl. poliamid (nejlon)] szálból készült termékek sárgulásához is vezetnek (17. ábra).

A fényvel szembeni szintartóság vizsgálata

A napfénynek kitett textiliák elváltozására régen felfigyeltek. Kb. 300 évvel ezelőtt Franciaországban a színezett gyapjú fényvel szembeni színállóságát próbálták elemezni természetes fényhatás során. A Német Szintartósági Bizottság (Deutsche Echtheitskommission, DEK) 1913-ban bevezette az ún. kékskálát, a fényállósági tesztek etalonsorát. A DEK kiadott szintartósági szabványokat (DIN) is. Egy évtizeddel később a Kelmefestők és Koloristák Szövetsége (Dyers and Colourists Society – SDC) az Egyesült Királyságban, és az Amerikai Textilkémikusok és Koloristák Szövetsége (American Association of Textile Chemists and Colorists – AATCC) az USA-ban szintén szintartóság vizsgálati előírásokat kezdett szabványosítani.



Azonos színezék különböző molekulaszervezetű változatainak fényabszorpciója

18. ábra

- MSZ EN ISO 105-B06 Szintartóság és öregedés mesterséges fényvel szemben, nagy hőmérsékleten: Xenon ívlámpás vizsgálat,
- MSZ EN ISO 105-B07 Mesterséges verítékek nedvesített textiliák fényvel szembeni szintartósága. (Minden felsorolt szabvány esetén az aktuálisan hatályba léptetett változat az irányadó!)

Mielőtt az egyes vizsgálatokkal foglalkoznánk, fontos, hogy az ún. fotokrómia káros jelenségének ki-
különböztetésére a vizsgálandó mintákat 24 óráig fénytől elzártan, sötétben tárolják. Ugyanis egyes szerves

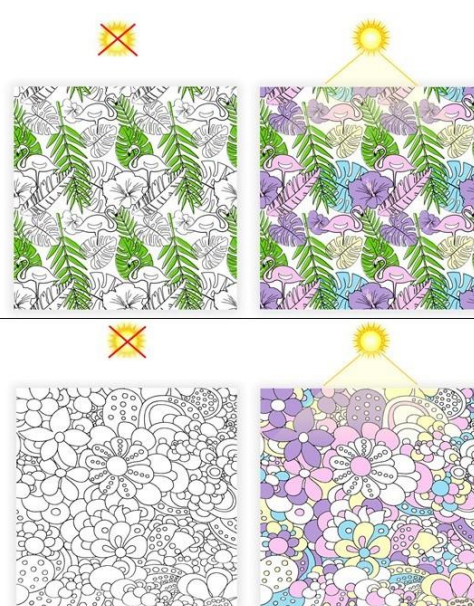
Jelenleg a következő szabványok foglalkoznak a vonatkozó szintartósági és egyéb kapcsolatos vizsgálatokkal:

- MSZ EN ISO 105-B01 A természetes fényvel szembeni szintartóság,
- MSZ EN ISO 105-B02 Szintartóság mesterséges fényvel szemben: xenon ívlámpás vizsgálat,
- MSZ EN ISO 105-B03 Szintartóság időjárással szemben: szabadtéri vizsgálat,
- MSZ EN ISO 105-B04 Szintartóság mesterséges időjárással szemben: xenon ívfénnyámpás vizsgálat,
- MSZ EN ISO 105-B05 A fotokrómia kimutatása és értékelése,



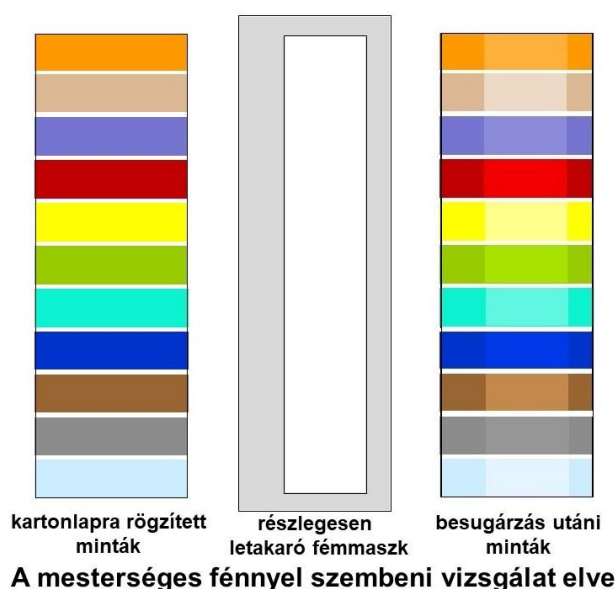
Fokozottan fotokrómia színezékekkel készült divattextiltermékek

19. ábra



Fokozottan fotokrómia színezékekkel nyomott minták

20. ábra



21. ábra



22. ábra

C hatását gátolja.) A fényforrás körül elhelyezett speciális üveglemezes határolók a hosszuhullámú (infravörös) hősugarakat szűrik ki. Az ablaküveg mögötti állapot elérésére a belső üveghengert a 310–320 nm alatti (döntően UV-B) hullámokat át nem eresztőre cserélik (22., 23. ábra).

A fényállóság meghatározásánál a relatív légnedvesség és a hőmérséklet jelentős befolyásoló tényező, pl. 85% 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-nál, mint 10 °C esetén). A xenon ívlámpát határoló üveghengerben hűtőlevegőt áramoltatnak – kültérbe történő – elszívás mellett, egyrészt a vizsgálati felmelegedésének elkerülésére, másrészt a keletkező ózon eltávolítására (az egészségkárosító hatás kiküszöbölésére és az ózon színezett textilanyagra kifejtett károsító hatásának elkerülésére). A korszerű xenotest készülékek ultrahangos párasító rendszere hideg párát állít elő,

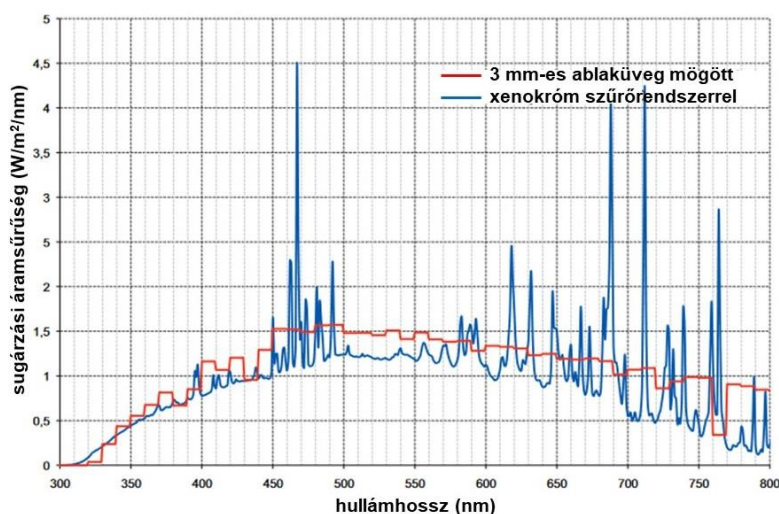
színezékek kristály- ill. molekulaszervezete a megvilágítás hatására visszafordítható színváltozást szenved (színük átmenetileg a hosszabb hullámhossz felé tolódik), majd fénytelen helyen (esetleg vörös fényvel besugározva) tárolva visszanyeri eredeti állapotát. Amint a felsorlásból látható, az MSZ EN ISO 105-B05:1999 A fotokromia kimutatása és értékelése c. szabvány lehetőséget ad a jelenleg mértékének vizsgálatára.

Kis kitérőként: A fotokromizmus az adott vegyület molekuláinak reverzibilis átalakulása a két változat között, miközben az elektromágneses sugárzás elnyelése (fotoizomerizáció) során a két forma különböző abszorpciós spektrumokkal rendelkezik. A fotokromizmust általában olyan vegyületeknél alkalmazzák, amelyeknél a visszafordítható fotokémiai reakció során az elektromágneses spektrum látható részén lévő abszorpciós sáv rendkívüli mértékben megváltozik (18. ábra).

Egyes innovatív textíliák közismerten markánsan képesek reagálni a környezeti környezeti körülmények változására. A fotokrom textíliák visszafordíthatóan képesek megváltoztatni színüket (19., 20. ábra).

Visszatérve a fényvel szembeni színtartósság vizsgálatokra, a fényforrás körüli pályán körbe keringő 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) (21. ábra).

A hengeres vizsgálati tér tengelyében elhelyezett xenon ívlámpa körül egy vagy két koncentrikus elrendezésű üveghenger található. (A henger a 295 nm-nél rövidebb hullámhosszú sugarakat szűri ki, főként az UV-



A fényszűrő hatása fényállóság vizsgálati készülékben

23. ábra



Xenotest készülékek és működésük

24. ábra

európai kék skála	
fokozat	színezék
1-es	Acid Blue 104 (Light Blue)
2-es	Acid Blue 109
3-as	Acid Blue 83
4-es	Acid Blue 121
5-ös	Acid Blue 47
6-os	Acid Blue 23
7-es	Soluble Vat Blue 5
8-as	Soluble Vat Blue 8 (Dark Blue)

különböző fényállóságú (1-es rossz, 8-as kiváló) színezékekkel színezett vágatok (különböző színezetek)

amerikai kék skála

- különböző fényállóságú (L2-es rossz, L9-es kiváló) színezékekkel színezett szálanyagok,
- ezek arányos keverésével fonás, majd szövés (egységes színezetek)

A fényvel szembeni színtartósság értékeléshez kék skálák

25. ábra

fokozat (kék skála)	fényállóság jellemzése	természetes nappali fény (nap)	mesterséges megvilágítás (óra)
1	nagyon gyenge (a)	5	6
2	nagyon gyenge (b)	10	10
3	gyenge	20	25
4	megfelelő	40	120
5	jó (a)	80	200
6	jó (b)	160	400
7	nagyon jó	350	800
8	kiváló	700	1.600

Az európai kék-skála egyes fokozataihoz tartozó fényhatás

26. ábra

A vizsgálatok elve, a megvilágítási idő szükségessége

A vizsgálat során a kékskálát a próbadarabbal párhuzamosan kezelik, azonos feltételek mellett.

- Az eltérést vizuálisan (esetleg műszeresen) hasonlítják össze. A színértékelő kamrában legalább 600 lux fényerőt kell biztosítani.
- A fotokrómia elkerülése miatt a mintát értékelés előtt 24 óráig sötétben, szobahőmérsékleten pihentetni kell.

így nem befolyásolja a vizsgalótér hőmérsékletét a légnedvesítés.

A fényvel szembeni színtartóssági követelmény meghatározásakor – főként a szabadban használatos termékek esetén – a helyi körülmények (környezet, időjárás, besugárzás mértéke) figyelembevétele is szempont lehet, többek között akár egyedi vizsgálati körülmény kialakítása érdekében. Pl. megemlítendő, hogy a városok ill. iparterületek feletti levegő magasabb por- és esetleg koromtartalma a károsító sugárzás egy részét felfogja. Ezzel szemben a hegyvidéki tiszta légtérben a sugarak színezék és szálanyag roncsoló hatása fokozottabban érvényesül.

A fényvel szembeni színtartósságot (ill. időjárásállóságot stb.) alapvetően tehát xenon ívlámpás készülékben vizsgálják, a mintatartóban elhelyezett próbadarab részleges takarásával. Vannak kombinált vizsgálatok is, pl. az izzadság- és fényhatás együttes fakító mértékének megállapítására (pl. egyes sport- és katonai ruházatoknál). A gépkocsi ülészetek fényállósságát pl. 65–90 °C-os térben kontrollálják, tekintettel a nyáron szabadban és napon parkoló, szellőztetlen járművekben uralkodó körülményekre (24. ábra).

A fényvel szembeni színtartósságot 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 közel egységes színezetek jellemzők. A fényvel szembeni színtartósság értékelésnél is a vizuális értékelés az elfogadott. Vitás esetekben szükséges a pontos színváltozás (színezet, telítettség, világosság) színmérési meghatározása, erre szabvány is rendelkezésre áll (pl. MSZ EN ISO 105-A05) (25., 26. ábra).

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

Állandóan azonos megvilágítási időtartamot nem lehet kikötni, ezt 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 etalonsor kikötött elváltozása eléri az általában szürkeskála szerinti rögzített fokozatot.

Korábban az MSZ 9402 sorozatban rendelkezésre állt a „Fénnyel szembeni színtartósság gyorsított sorozatvizsgálata”, ezzel a módszerrel elterjedt volt a 72 órás megvilágítási/ besugárzási idő. A módszer megbízhatósága azon alapult, hogy a szálanyagokban levő textilszínezékek a fénnel szembeni fakulása általában a megvilágítás idejének első harmadában-felében fokozottabb, majd a maximumot elérve a továbbiakban alig változik. Ezzel szemben a kékskála etalonok színezékei szinte egyenletesen fakulnak a teljes besugárzási időtartamban. Az érvénytelenített régi szabvány ellenére jelenleg is végezhető 72 órás vizsgálat, a szakvéleményben pl. az ISO 105-B02 esetében megjelölhető vizsgálati módszernél feltüntetve, hogy „72 órás megvilágítással elért tájékoztató tényadat”.

Színtartósság mesterséges fénnel szemben: xenon ívlámpás vizsgálat (MSZ EN ISO 105-B02)

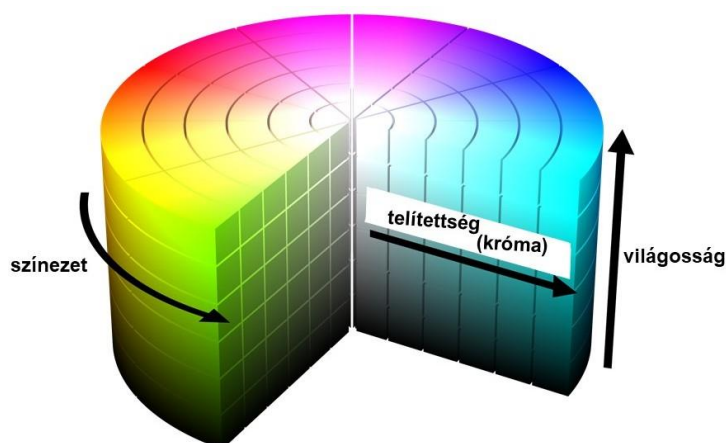
A vizsgálati körülmények feltételei:

- Fényforrás 5500–6500 K között szabályozott színhőmérsékletű xenon ívlámpa.
- A fényszűrő fényáteresztő képessége 380–750 nm között legalább 90%, 310–320 nm között 0.
- Besugárzott felületi teljesítmény: 42 W/m².
- Hőszűrő a fényforrás és a próbadarabok közé helyezve, az infravörös (IR) sugárzás mennyiségének csökkentésére.
- A próbadarab min. 45×10 mm méretű kelmesáv, vagy szorosan egymasmellé feltekercselt fonal-, vagy egységes felületűre összehúzott szálréteg.
- A vizsgálati relatív nedvességtartalma: 40%.
- A vizsgálati hőmérséklete: 32 °C.
- Mozgó üzemmód (a mintatartók forognak a tengelyük körül)-
- Alkalmazott etalonsor: 8 fokozatú európai kék-skála (27. ábra).
- Fekete standard (BST) hőmérséklet (a fekete bevonat egyenletesen elnyeli az összes hullámhosszt, becslést ad a minták maximális hőmérsékletéről a kamrában): max. 50 °C.
- A vizsgálat befejezése után is, az értékelés előtt 24 óráig sötétben, szobahőmérsékleten pihentetni kell a próbadarabokat.



A kék skálák felépítése, megvilágítási időtartam megállapítása az európai skálával

27. ábra



Példa a színezetre, a telítettségre, világosságra

28. ábra

3. Módszer

Egy adott műszaki teljesítménykövetelménynek való megfelelés ellenőrzése.

A vizsgálandó próbadarabokkal együtt csak két gyapjúetalont világítanak meg, egyrészt az előírt minimum fokozatnak megfelelőt és az ezt követő alacsonyabb fokozatút.

A megvilágítást addig kell végezni, ameddig a szürke skála szerinti 4-es és 3-as elváltozások létrejönnek az adott kék-gyapjúetalonon.

4. Módszer

A megállapodás szerinti referenciamintának (kék-skála fokozat) való megfelelés ellenőrzése.

A próbadarabbal együtt csak a referenciamintát világítják meg. Addig végzik a megvilágítást, ameddig a referenciamintán létrejön a szürke skála 4-es és/vagy 3-as fokozatú elváltozás.

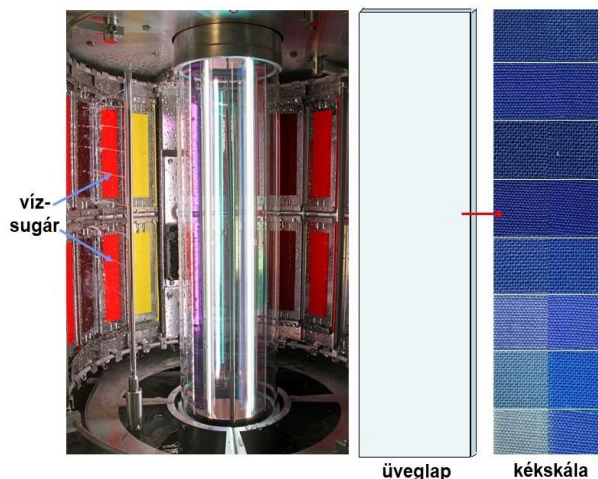
5. Módszer

A megállapodás szerinti sugárzási energiaszintnek való megfelelés ellenőrzése.

Megjegyzés: A megvilágított felületnél bekövetkező elváltozást, színeltérést komplexen kell értékelni, azaz a színezet-, a telítettség- és a világosságváltozást egyaránt figyelembe kell venni (28. ábra).

További fényállósági vizsgálatok

Mesterséges időjárással (xenon ívfénylámpás vizsgálat) szembeni vizsgálat (MSZ EN ISO 105-B04)



Mesterséges időjárással szembeni színtartósság vizsgálat

29. ábra

A vizsgálati körülmények feltételei döntően megegyeznek az ISO 105-B02-nél említettekkel, kivéve:

- Csapadék imitáció: 2 ciklus, esőztetés: 1 perc, száraz szakasz: 29 perc
- Teljes vizsgálati idő: 16 óra
- 1–8 fokozatú kék etalonsor üveggel lefedve.
- Próbadarab min. 15×30 mm kelmesáv vagy fonal kelmévé kötve vagy szöve (szálasanyagra nem alkalmas).
- Álló üzemmód (a mintatartók nem forognak a tengelyük körül).
- Vizsgálóter hőmérséklete: 40°C
- A legnagyobb fekete standard hőmérséklet max. 20 °C-kal magasabb, mint a vizsgálóter hőmérséklete (29. ábra).

Színtartósság és öregedés mesterséges fénnel szemben, (nagy hőmérsékleten, xenon ívlámpával) (MSZ EN B06)

A vizsgálati körülmények feltételei:

- Kék gyapjúetalon, 5–8. minta.

szálfajta	szilárdság felezési ideje (óra)*
pamut	940
len	1.100
kender	1.100
juta	400
gyapjú	1.120
selyem	200

* 50 %-os szilárdságcsökkenést okozó besugárzási időtartam

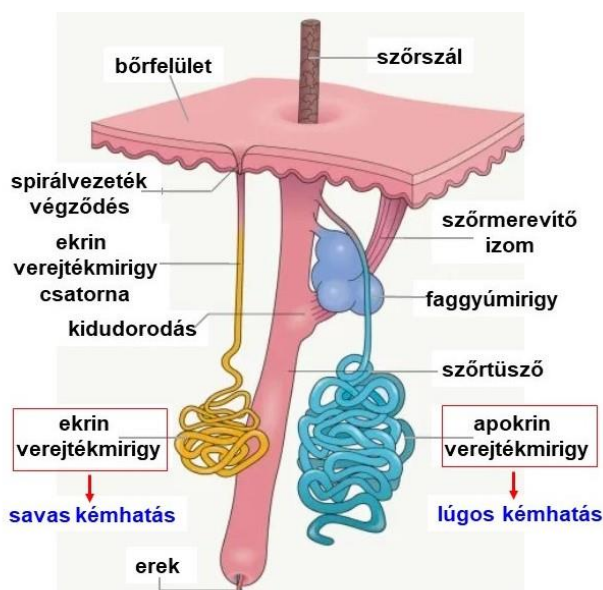
Napfény hatása néhány természetes szálanyagra

30. ábra

- Értékelés a különböző jellemzők szerint, pl.
 - felület értékelése (pl. fenyesség foka, hólyagosodás stb.),
 - árnyalatváltozás a szürke skála segítségével,
 - vizsgálva a fizikai jellemzőket, pl. szilárdsági tulajdonságok, dörzsállóság stb.

A gépkocsi ülészetek fényállóságát nagy hőmérsékleten, xenon ívlámpával ezzel a módszerrel határozzák meg. Gyakori, hogy az ülészetgyártók a DIN 75702 „Gépjárművek belső anyagainak színálló-ságának meghatározása, xenon ívlámpa teszt” szerint kérik a vizsgálatot (30. ábra).

A mesterséges verítéssel nedvesített textíliák fénnel szembeni színtartósság-vizsgálata (MSZ EN 105-B07)



A kétféle verejtékmirigy savas, ill. lúgos kémhatású izzadmányt termel

31. ábra

liák elváltoznak, ha az izzadsággal átitatott terméket napfény éri. A szabadban dolgozó személyek által hordott, az edzés és sportolás, ill. túrázás közben viselt színes ruházatok csak akkor lesznek színtartóak, ha a mesterséges verítéssel nedvesített textíliák fénnel szembeni színtartóssága kedvező eredményt mutat. Egyértelműen bizonyított, hogy a külön-külön elvégzett izzadsággal-, ill. fénnel szembeni színtartóssági vizsgálat kifogástalan eredménye nem jelent garanciát. Ezért fontos a kombinált – egyidőben végzett izzadság- és fényállóság- tesztelés, ennek jó eredménye esetén lesz ellenálló a verejtéssel nedvesedett és napfénynek kitett színes ruházat. Ennél a meghatározásnál előzőleg az izzadságállósági vizsgálatnál megismert lúgos- ill. savas kémhatású oldattal telítik és kipréselik az anyagtartóba behelyezésre kerülő vágatot. A vizsgálati mintát pl. 40 °C-os anyaghőmérsékleten éri megfelelő összetételű és idejű mesterséges fénybesugárzás (32. ábra).

• Fényforrás: 5500–6500 K között szabályozott színhőmérsékletű xenon ívlámpa.

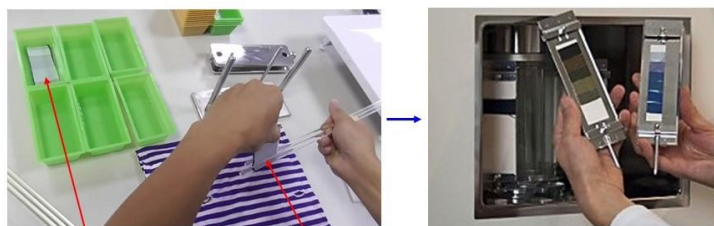
• Fényszűrő fényelnyelő és fényelnyelő-fényvisszaverő szűrők kombinációja, 7 IR (infravörös szűrő) vagy 10 db üveglap vagy 4 IR + 3 üveglap.

• Megvilágítási feltételek: 5-féle vizsgálati mód lehetséges, egyes módszereknél nem forgó üzemmódban, másoknál forgó üzemmódban történik,

• Értékelés a mesterséges öregítés után: Összehasonlítva a minta és a referencia színváltozását, vagy a minta színváltozását a szürke skálával.

A színes textilanyagok izzadsággal szembeni színtartósság-vizsgálatához az Európában használatos ISO szabvány szerint kétféle oldatot készítenek, az egyik savas, a másik lúgos kémhatású (tekintettel az ekrin- és apokrin verejtékmirigyek váladékára). A savas (ecetsavval pH=5,5-re beállítva) mesterséges verejtékek desztillált vízben feloldott 1-hisztidin-monohidroklorid-monohidrátot ($C_6H_9O_2N_3 \cdot HCl \cdot H_2O$), nátrium-kloridot (NaCl) és nátrium-dihidrogén-foszfáthidrátot ($Na_2HPO_4 \cdot H_2O$) tartalmaz. A lúgos (nátrium-hidroxiddal pH=8-ra beállítva) desztillált vízben feloldott 1-hisztidin-monohidroklorid-monohidrátból ($C_6H_9O_2N_3 \cdot HCl \cdot H_2O$), nátrium-kloridból (NaCl), dinátrium-hidrogén-foszfát-dodekahidrátból ($Na_2HPO_4 \cdot 12 H_2O$) és dinátrium-hidrogén-foszfát dihidrátból ($Na_2HPO_4 \cdot 2 H_2O$) áll. Az amerikai vizsgálati módszernek megfelelő savas (pH=4,5 tejsavval), ill. lúgos (pH=8 ammónium-karbonáttal) oldatok 1-hisztidin-monohidroklorid-monohidrátot, dinátrium-ortofoszfátot tartalmaznak (31. ábra).

Pár évtizede megfigyelték, hogy az egyébként jó izzadságállóságú színezékekkel színezett textí-



próbadarab telítése „műverejték” oldattal (külön savas, ill. lúgos)

felesleg kipróbálása

az átitatott próbadarabok xenon ívlámpás vizsgálata

MSZ EN ISO 105-E04 részben + MSZ EN ISO 105-B02

Mesterséges verítéssel nedvesített textiliák fénnel szembeni színtartóságának vizsgálati elve

32. ábra

színezék koncentráció	reaktív színezék	oldhatóság g/l	ISO 105-B02 fokozat
2%	Flavine 4GL	110	6
2%	Bril. Yellow GR	100	5-6
2%	Gold. Yellow RNL	150	5
2%	Yellow 3RF	180	5-6
2%	Yellow 3RE-150%	180	5-6
2%	Orange F-2R	80	4
2%	Bril. Orange 3R	100	4-5
2%	Scarlet F-2G	80	4-5
2%	Scarlet GGN	80	4-5
2%	Red F-2B	80	4-5
2%	Red 3BF	80	4-5
2%	Red 3BE-150%	180	4-5
2%	Red 3BE-H/C	100	4-5

A színezék-mintakönyv fényállósági információjára példa

33. ábra



A textiltermék fényállóságát befolyásoló tényezők összefoglalása

34. ábra

A színezékkiválasztás során a színezékgyártók mintakönyvei útmutatást adnak a színezék fénnel szembeni színtartóságára is, konkrét koncentráció(k) vonatkozásában (33. ábra).

Befejezésül a 34. sz. ábrán foglaltuk össze azokat a főbb befolyásoló tényezőket, amelyek a textiltermék fénnel szembeni színtartóságára hatással vannak.

Az UV abszorbensek hatása

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

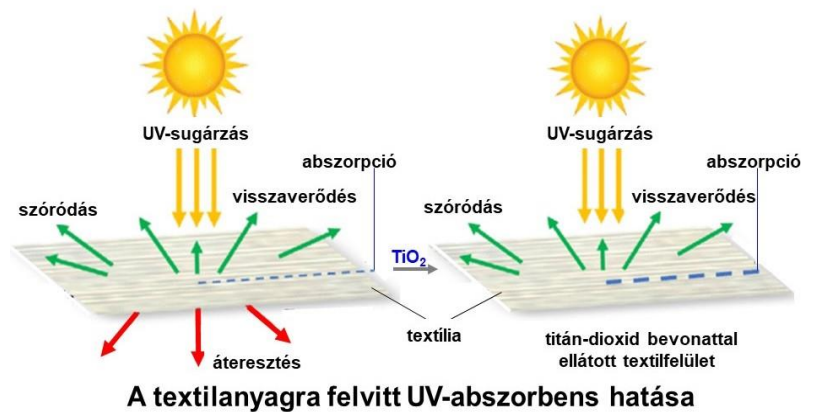
Az alkalmas UV-abszorberek elnyelik ezeket a sugarakat és átalakítják ártalmatlan hőenergiává. Ugyanakkor alkalmazásuknál hátrányos, hogy az UV-abszorberek elszíneződést is okozhatnak nagyobb koncentrációban. A textiliák szálasanyaga, felületképzési módja (pl. szövött, kötött, egyéb), szerkezetből adódó parányi nyílásai, a kialakított szín, kikészítő segédanyag és adalékai (pl. az UV-abszorberek), ill. az optikai fehérítők egyaránt befolyásolják a termékek UV-sugárzási kitettségét (35. ábra).

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

Az ibolyántúli sugárzás felgyorsítja a polimer anyagokat károsító folyamatokat. Akár lánchasadás, vagy új polimerek kialakulása következhet be a térhálosító hatás révén. A lebomlás ill. átalakulás mérsékelhető az UV-stabilizátorok alkalmazásával, amelyek eloszlatják az ultraibolya sugárzásokból nyert energiát, így védik a szálasanyagot. A rendelkezésre álló nagy fajlagos felület miatt a textilanyagok érzékenyek az UV-sugárzásra. A színezett pamutkelmék magasabb védelmi képességgel rendelkeznek, mint a fehérítettek. A szintetikus szálasanyagok közül az UV-sugárzás pl. a poliamidokat fokozottabban károsítja, mint a poliésztert.

Az említett UV-abszorberek szerves vagy szervetlen szintelen vegyületek, 290–360 nm-es UV-tartományt fokozottan elnyelnek, szétszórják. Pl. a titán-dioxid és cink-oxid elnyelő képessége az

UV tartományban (280–400 nm) hatásos. A nanoméretű (pl. 10–50 nm-es) titán-dioxid ill. cink-oxid részecskék bevitelhetők a mesterséges szálakba, valamint a textilanyagra történő tartós felvitellel. Így lehetőség nyílik textiliák felületének nanorészecskékkel történő 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 (36. ábra).



35. ábra

Felhasznált irodalom

Dr. Rusznák István és szerzőtársai: Textil-kémia II., Tankönyvkiadó, Budapest, 1988

Dr. Péter Ferenc és szerzőtársai: Színezék kézikönyv, Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1982.

Lukács Gyula: Színmérés Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1968.

Marosi József, dr. Tanczos Ildikó: Textilvegyipari kémiai technológia I., Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1984.

<https://textilelearner.net/light-fastness-of-textiles-factors-affecting/>

<https://www.fibre2fashion.com/industry-article/3070/yellowing-of-textiles>

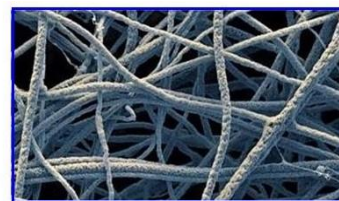
https://www.farbecht-heit.info/pdfs/symposium_okt2011/vortraege/03_Valdeperas_History_of_50_years_of_ISO_Meetings.pdf

Kutasi Csaba: Színtartóssági hiányosságok és megelőzésük, Magyar Textiltechnika 2015/4

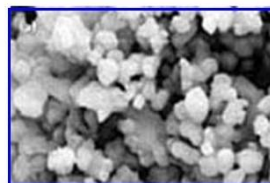
Fénnyel szembeni színtartósságvizsgáló MSZ EN ISO 105 szabványok

Xenotest készülékgyártók prospektusai

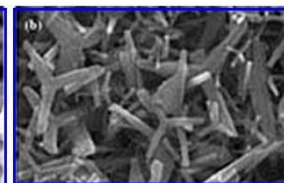
<https://www.fibre2fashion.com/industry-article/2328/uv-protection-finishes>



szálglyártáskor adagolt
titán-dioxid, ill. cink-oxid részecskék



nanoméretű titán-dioxid



nanoméretű cink-oxid

a textílfelületre utólag felvitt UV-abszorbensek

A napfény károsító hatásától védő adalékok alkalmazása különböző textilanyag gyártási fázisokban

36. ábra